

**Elektromekaniska Lindarverkstädernas
Riksförbund Sverige**

REKOMMENDERADE ARBETSMETODER

**FÖR REPARATION AV ROTERANDE
ELEKTRISKA APPARATER**



***Tillförlitliga lösningar
Idag och i morgon!***

Elektromekaniska Lindarverkstädernas Riksförbund Sverige.

www.elr.se • info@elr.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

KAPITEL 1: ALLMÄNT

- 1.1 AVSIKT
- 1.2 OMFATTNING
- 1.3 IDENTIFIERING
 - 1.3.1 Servicecenters märkning
 - 1.3.2 Journalföring
 - 1.3.3 Typskylt
- 1.4 RENGÖRING
- 1.5 ANSLUTNINGSLEDNINGAR
- 1.6 ANSLUTNINGSPUNKTER
- 1.7 ANSLUTNINGSLÅDOR
- 1.8 KYLSYSTEM
- 1.9 UTVÄNDIG YTBEHANDLING
- 2.0 EMBALLERING OCH TRANSPORT

Kapitel 2: MEKANISK REPARATION

- 2.1 AXLAR
 - 2.1.1 Axeltappar
 - 2.1.1.1 Diametertoleranser
 - 2.1.1.2 Tillåten böjning
 - 2.1.1.3 Toleranser för kilspårets bredd
- 2.2 LAGER
 - 2.2.1 Kul- eller rullager
 - 2.2.2 Hylslager
 - 2.2.2.1 Ändtryck på hylslager
 - 2.2.2.2 Oljeringar
 - 2.2.2.3 Tätningar
- 2.3 SMÖRJNING
 - 2.3.1 Fett
 - 2.3.1 Olja
- 2.4 STATORHUS OCH LAGERHUS
 - 2.4.1 Allmänt
 - 2.4.2 Monteringsytornas toleranser, excentriskhet och rakhet
- 2.5 LAMELLER
- 2.6 BALANSERING
- 2.7 SLÄPRINGAR
- 2.8 KOMMUTATORER
 - 2.8.1 Maskinbearbetning
 - 2.8.2 Spårfräsning
- 2.9 BORSTHÅLLARE
- 2.10 BORSTAR
- 2.11 BORSTARNAS LÄGEN PÅ LIKSPÄNNINGSMASKINER
- 2.12 LUFTGAPSMÄTNING PÅ LIKSPÄNNINGSMASKINER
- 2.13 TILLBEHÖR

TABELLER

- 2-1 Toleranser för axeltappens diameter – Maskiner med NEMA ramstorlek
- 2-2 Toleranser för axeltappens diameter – Maskiner med IEC ramstorlek
- 2-3 Tillåten orakhet för axeltappen – Maskiner med NEMA ramstorlek
- 2-4 Tillåten orakhet för axeltappen – Maskiner med IEC ramstorlek
- 2-5 Toleranser för axeltappens kilspårbredd – Maskiner med NEMA ramstorlek
- 2-6 Toleranser för axeltappens kilspårbredd – Maskiner med IEC ramstorlek
- 2-7 Diametral frigång för labyrinttätningar
- 2-8 Toleranser för monteringsytor, excentricitet och ytornas orakhet – NEMA typ C fotmonterade motorer och typ D flänsmonterade motorer
- 2-9 Toleranser för monteringsytor, excentricitet och ytornas orakhet – NEMA typ F flänsmonterade motorer
- 2-10 Toleranser för monteringsfalsens diameter – IEC flänsmonterade maskiner
- 2-11 Toleranser för monteringsytor, excentricitet och ytornas orakhet – IEC flänsmonterade motorer
- 2-12 Frigång borste till borsthållare
- 2-13 Passningstoleranser för radiella rullager
- 2-14 Passningstoleranser för cylindriska rullager
- 2-15 Passningstoleranser för cylindriska glidlager

KAPITEL 3: OMLINDNING

- 3.1 INSPEKTION
 - 3.1.1- Lindningar
 - 3.1.2- Kärnans lameller
 - 3.1.3- Termiska skydd eller sensorer
- 3.2 SPECIFIKATION FÖR OMLINDNING
- 3.3 URRIVNING
- 3.4 ISOLERINGSSYSTEM
- 3.5 LEDARE
- 3.6 STATOR, ROTOR OCH ARMATURSPOLAR
 - 3.6.1- Slumpvis lindade spolar
 - 3.6.2- Formlindade spolar
- 3.7 FÄLTSPOLAR
 - 3.7.1- Stationära spolar
 - 3.7.2- Roterande spolar
- 3.8 MAGNETISERINGS- OCH BURLINDNINGAR
- 3.9 TERMISKA SKYDD OCH SENSORER

- 3.10 FORMNING OCH BANDNING AV STATORLINDNINGAR
- 3.11 SPOLARNAS ANSLUTNINGAR
 - 3.11.1 Anslutningarnas utförande
 - 3.11.2 Isolering av anslutningarna
- 3.12 KILAR
- 3.13 BANDNING AV ROTORER OCH ARMATURER
- 3.14 IMPREGNERING AV LINDNINGAR

KAPITEL 4: PROVNING

- 4.1 SÄKERHET
- 4.2 ISOLATIONS PROV
 - 4.2.1 Inspektion
 - 4.2.2 Motståndsprov på isoleringen
 - 4.2.3 Polarisationsindexprov
 - 4.2.4 Prov av isoleringens effektfaktor
 - 4.2.5 Stegspänningsprov
 - 4.2.6 Isoleringsprov mellan intilliggande lindningsvarv
 - 4.2.7 Jämförande överspänningsprov
 - 4.2.8 Isoleringsprov av kärnlamellerna
 - 4.2.9 Isolationsprov av lager
- 4.3 REKOMMENDERADE LINDNINGSPROV
 - 4.3.1 Stator- och rotorlindningar
 - 4.3.2 Burlindningar
 - 4.3.3 Magnetiseringslindningar
 - 4.3.4 Shunt-, serie-, kompensations-, och synkrona rotorlindningar
 - 4.3.5 Lindningar förbindelse
- 4.4 HÖGPOTENTIALPROV
 - 4.4.1 Lindningar
 - 4.4.1.1 Nya lindningar
 - 4.4.1.2 Renoverade lindningar
 - 4.4.1.3 Icke renoverade lindningar
 - 4.4.2 Tillbehör
 - 4.4.2.1 Nya tillbehör
 - 4.4.2.2 Tillbehör för maskiner med renoverade lindningar
 - 4.4.2.3 Tillbehör för maskiner med icke renoverade lindningar
- 4.5 TOMGÅNGSPROV
 - 4.5.1 Varvtal
 - 4.5.2 Ström
 - 4.5.3 Kylsystem
 - 4.5.4 Bullernivå
 - 4.5.5 Lagertemperatur
 - 4.5.6 Vibrationsprov

- 4.6 PRESTANDAPROV
- 4.7 KALIBRERING AV INSTRUMENT

TABELLER

- 4-1 Högspänningsprov med växelspanning – Nya lindningar
- 4-2 Högspänningsprov med likspänning – Nya lindningar
- 4-3 Högspänningsprov med växelspanning – Nya tillbehör
- 4-4 Högspänningsprov med likspänning – Nya tillbehör
- 4-5 Ofiltrerat vibrationsprov – Elastiskt monterade maskiner

BILAGA: SÄKERHET UNDER ELEKTRISKA PROVER

- A.1 PERSONSÄKERHET
 - A.1.1 - Utbildning
 - A.1.2 - Beklädnad
 - A.1.3 - Övervakning
 - A.1.4 - Första hjälpen
- A.2 PROVUTRYMME
 - A.2.1 - Inhägnad
 - A.2.2 - Grindar
 - A.2.3 - Skyltar
 - A.2.4 - Belysning
 - A.2.5 - Skyddsutrustning
 - A.2.6 - Fritt utrymme
- A.3 ENHET UNDER PROVNING
 - A.3.1 - Lämplighet för provning
 - A.3.2 - Uteslutande uppmärksamhet
 - A.3.3 - Skyddsjordning
 - A.3.4 - Fastspänning
- A.4 KONTROLLPANELER
 - A.4.1 - Utförande
 - A.4.2 - Spänningar
 - A.4.3 - Varningslampor
 - A.4.4 - Frånskiljning
 - A.4.5 - Nödbrytare
 - A.4.6 - Ledningar
 - A.4.7 - Högpotential jordfelsprov

LITTERATURFÖRTECKNING

STANDARDISERINGSORGANISATIONER OCH ÖVRIGA KÄLLOR

Kapitel 1 Allmänt

1.1 AVSIKT

Avsikten med detta dokument är att upprätta riktlinjer för samtliga steg av omlindning och återmontering av elektriska apparater.

1.2 OMFATTNING

Dokumentet beskriver journalföring, prover, utvärderingar och allmänna riktlinjer för reparation av elektriska motorer och generatorer. Det är inte avsett att ersätta kundens eller tillverkarens speciella anvisningar eller specifikationer.

Undantaget från omfattning av detta dokument är specifika krav, certifiering och kontroll som erfordras för explosionssäkra, dammskyddade och andra förtecknade maskiner vilka är godkända för riskfyllda miljöer liksom speciella eller ytterligare krav för hermetiska tillslutna motorer, vätgaskylda motorer, dränkbara motorer, framdrivningsmotorer, eller Klass 1E motorer för användning inom atomindustrin.

1.3 IDENTIFIERING

1.3.1 Servicecenters märkning

Motorer som mottas för reparation skall märkas för framtida referens med det reparerande företagets medlemsnummer i ELR och ELR's logotyp och arbetsordernummer som anbringas i anslutningslådan. Detta arbetsordernummer skall anges på fakturan för reparationen.

1.3.2 Journalföring

En journal skall föras för samtliga motorer som mottas för reparation. Journalerna skall upprättas vid mottagandet och sparas i minst 3 år. Journalen skall omfatta uppgifterna på typskylten, elektriska provdata (om möjligt både före och efter reparationen), mekaniska mätningar (både före och efter reparationen), data om originallindningen, data om den nya lindningen, samt detaljer om utbytta delar. Journalen skall på begäran delges kunden. Huvudorsaken till haveriet skall om möjligt bestämmas och noteras i apparatens reparationsjournal. Eventuella avvikelser från dessa arbetsmetoder, skall efter kontakt med kund, också journalföras.

1.3.3 Typskylt

En elektrisk maskin skall vara försedd med en permanent typskylt med angivelse av grundläggande uppgifter för maskinens driftsättning. Den ursprungliga typskylten är att föredra. Om maskinen byggs om skall den ursprungliga typskylten sitta kvar på enheten

och en ny typskylt monteras bredvid den ursprungliga med ordet "ombyggd" tillsammans med nya data och datum för ombyggnaden. Den ursprungliga typskylten kan monteras omvänd (baksidan utåt) för att undvika missförstånd, men den skall sitta kvar på statorhuset.

1.4 RENGÖRING

Samtliga lindningar och delar skall rengöras. Smuts, partiklar, fett, olja och rengöringsmedel skall avlägsnas. Lindningar och delar skall därefter torkas.

1.5 ANSLUTNINGSLEDNINGAR

Samtliga apparater skall vara försedda med anslutningsledningar av erforderlig temperaturlåghet, isolering och area för den ström som apparaten skall handha. Temperaturlågheten skall tillåta drift och sådan ugnshärdning som kan krävas samt medge värmeöverföring till anslutningspunkterna. Samtliga ledare skall vara märkta eller färgmärkta på lämpligt sätt där så erfordras för angivande av korrekt anslutning. Märkning av ledarna skall överensstämja med tillverkarens märkningar, t.ex. IEC standard 60034-8, beroende på tillämplighet. Ledare och märkning skall vara utförda så de motstår driftsmiljön och ha sådan längd att de lätt kan inkopplas till kraftförsörjning vid inkopplingspunkten eller anslutningsskenorna. Genomföringar på hermetiskt tillslutna apparater skall tätas på lämpligt sätt och så att de motstår miljöförhållandena på driftsplatsen.

1.6 ANSLUTNINGSPUNKTER

Rekommenderad metod för montering av ledaranslutningarna är genom helpressning av ringkabelskons hylsa. Kabelskons storlek skall vara av lämplig för ledarna och följa tillverkarens av kabelskornas rekommendationer. Skadade eller saknade kabelskor skall repareras eller utbytas.

1.7 ANSLUTNINGSLÅDOR

Anslutningslådor skall rymma anslutningarna och möjliggöra bekväm och säker inkoppling. Saknade anslutningslådor skall ersättas, och skadade anslutningslådor skall repareras eller bytas. Anslutningar till jord skall kontrolleras och göras lättanvända. Packningar och tätningar skall bytas där så erfordras.

1.8 KYLSYSTEM

Fläktar och kylkanaler skall vara rena och driftvärdiga. Täckplåtar och luftavledare skall sitta på därför avsedda platser. Skadade eller saknade delar av kylsystemet skall repareras eller bytas.

1.9 UTVÄNDIG YTBEHANDLING

Apparaterna bör rengöras och vid behov målas utvändigt. Axeltappar skall korrosionsskyddas.

1.10 EMBALLERING OCH TRANSPORT

Efter avsluta reparation och provning skall maskinen emballeras på ett för den använda transportmetoden lämpligt sätt. Emballering och transport skall ske enligt överenskommelse med kunden. Låsning av axeln rekommenderas beroende på maskinens typ samt transportens längd och metod. Om axeln låses skall detta klart framgå. Oljesmorda maskiner som av olika anledningar levereras utan olja, skall märkas med "olja saknas" vid leverans. Detta skall också journalföras.

KAPITEL 2

Mekanisk reparation

2.1 AXLAR

Axlar skall kontrolleras med avseende på förslitning, sprickor, repor och raket.

2.1.1 Axeltappar

Axeltappar skall vara släta, polerade och koncentriska runt axelns centerlinje. Tappens dimensioner skall kontrolleras.

2.1.1.1 Diametertoleranser

Maskiner med IEC ramstorlek: Se tabell 2-2.

2.1.1.2 Tillåten böjning

Maskiner med IEC ramstorlek: Se tabell 2-2.

2.1.1.3 Tolerans för kilspårets bredd

Maskiner med IEC ramstorlek: Se tabell 2-6. Kilspår skall vara rena och passa kilen med presspassning.

2.2 LAGER

2.2.1 Kul- eller rullager

Lagerhus och lagerytor på axlar skall mätas och jämföras med tillverkarens specifikationer (Referens: ANSI/ABMA standard 7 som riktlinje). Ytor som avviker från toleranserna skall bearbetas. Se tabell 2-13 och 2-14.

2.2.2 GLIDLAGER

Vid nytillverkning eller byte till nya glidlager skall passning till sätet och diameterpassningen utföras till tillverkarens specifikationer om dessa är tillgängliga. De nya lagrens dimensioner skall mätas.

Glidlager skall ha konstant diameter, ha god passform till lagerhuset, vara släta på insidan samt försedda med lämplig räffling för god distribution av smörjmedel. Observera: Alla glidlager har inte cylindrisk axelyta.

2.2.2.1 Ändtryck på glidlager

Lager i horisontala maskiner skall placeras så att ändtryck på lagren elimineras.

2.2.2.2 Oljeringar

Oljeringar skall ha god passform och kunna rotera fritt. Låsningar skall i förekommande fall kontrolleras och bytas om så erfordras.

2.2.2.3 Tätningar

Tätningarnas passning skall utföras i enlighet med tillverkarens av maskinen specifikation om tillgänglig. Annars skall värdena i tabell 2-7 följas. Mät tättnings slutliga dimensioner.

2.3 SMÖRJNING

2.3.1 Fett

Passager och rör för fett skal vara rena. Smörjpunkterna skall vara försedda med anslutningar. Fettet skall vara kompatibelt med tillverkarens smörjmedel. Öppna lager skall fyllas med fett vid monteringen. Vid avsaknad av tillverkarens smörjanvisningar skall fettbehållarna fyllas till cirka 1/3.

2.3.2 Olja

Oljan skall vara kompatibel med tillverkarens smörjmedel. Möjlighet att kontrollera oljenivån skall finnas, till exempel ett nivåfönster.

2.4 STATORHUS & LAGERSÄTEN

2.4.1 Allmänt

Statorhus och lagersäten skall kontrolleras med avseende på skador. Sprickor och brott skall repareras, och passning återställas till tillverkarens specifikationer.

2.4.2 Monteringsytornas toleranser, excentricitet och raket

IEC flänsmonterade maskiner: Se tabell 2-10 och 2-11.

2.5 ROTORPLÅTAR

Rotorns lamellplåtar skall passa på axeln, hylsan eller fästet på vilket lamellerna är monterade. Passningen skall återställas om den är för stor. Ytterdiametern för rotorns lameller skall vara rak och koncentrisk med lagerytorna. Statorns lamellplåtar får inte sitta löst i höljet. Loppet för rotorn skall vara rakt och koncentriskt med monteringsfalsens diameter.

2.6 BALANSERING

Dynamisk balansering skall utföras till av kunden specificerad noggrannhet. Om sådan ej finnes skall dynamisk balansering utföras i enlighet med kvalitetsnivå G2.5 (ISO 1940/1) för att passera vibrationsproven enligt avsnitt 4.5.6. Observera: Balanseringsvikter skall placeras så de inte påverkar andra komponenter.

2.7 SLÄPRINGAR

Släpringar skall svarvas till koncentriskhet med axelns lagersäten. De färdiga ringarnas yta skall vara släta. Släpringarna skall ha tillräckligt kvarvarande material för att säkerställa korrekt prestanda för borstarna. Tillverkarens gränsvärden skall beaktas.

2.8 KOMMUTATORER

2.8.1 Maskinbearbetning

Kommutatorn skall svarvas till koncentriskhet med axelns lagersäten. Den färdiga kommutatorns yta skall vara slät. Inga plana punkter, upphöjningar, gropar eller lösa delar får förekomma. Kommutatorerna skall ha tillräckligt kvarvarande material för att säkerställa korrekt prestanda för borstarna. Tillverkarens gränsvärden skall beaktas.

2.8.2 Spårfräsning

Isoleringsmaterialet mellan kommutatorsegmenten skall beroende på tillämpningen fräsas ner eller lämnas i plan med ytan. Vid urfräsning skall materialet avlägsnas längs hela längden till ändplattan eller dammspåret och till ett djup ungefärligen motsvarande spårets bredd. De urfrästa områdena skall vara fria från främmande föremål och uppskjutande isoleringsmaterial. Fasning kan erfordras för kommutatorer med ojämna kanter till följd av kopparens härdning.

2.9 BORSTHÅLLARE

Borsthållarna skall vara rena och fria från partiklar, fett eller smuts. Rörliga borsthållare skall kunna röras fritt. Borstarnas passning i hållarna skall kontrolleras med avseende på för stor frigång, och slitna hållare skall bytas. Frigången skall vara i enlighet med tabell 2-12. Förekommande isolering skall vara fri från sprickor och förkolning. Vid slutmontering av maskinen skall tillverkarens specifikationer följas. Om sådana saknas skall borsthållarna justeras för en frigång från kommutatorn eller släpringarna av 1,5 mm (0,060") till 3 mm (0,125") beroende på enhetens storlek.

På kommutatormaskiner skall kontrolleras att borsthållarna riktar in borstarna mot kommutatorns segment och på jämna avstånd i radiell riktning.

Fjädertryck skall mätas och justeras till maskinens eller borsttillverkarens rekommendationer för den speciella tillämpningen och borsttypen. Borsthållarna och byglingarna skall högpotentialprovas mot maskinens statorhus med en provspänning motsvarande den för lindningskretsen specificerade (se avsnitt 4.4).

2.10 BORSTAR

Borstens anslutningsledningar skall sitta fast i borsten, och anslutningen till hållaren skall vara ren och fri från främmande föremål. Borstens yta skall vara formad till kommutatorns eller släpringens kurvatur så att full kontakt erhålles. Borstens passning i hållaren skall kontrolleras (se tabell 2-12) liksom graden av förslitning. Nedslitna borstar skall bytas. Borstar i samma maskinkrets skall ha likformig hårdhet och typ om annat inte specificeras av maskinens tillverkare. I likspänningsmaskiner skall borstarna vara av sådan storlek och hårdhetsgrad att god funktion erhålls vid normal drift.

2.11 BORSTARNAS LÄGEN PÅ LIKSPÄNNINGSMASKINER

Vid slutmontering skall borsthållarna placeras så att borstarna hålls i neutralt läge och med borstarnas lägen klart utmärkta. Erkända metoder för avgörande av detta läge varierar, och en entydig procedur saknas. Observera: I en monterad likspänningsmaskin skall varje borste ha samtidig kontakt med två kommutatorsegment. Borsten kortsluter därvid den till segmenten anslutna lindningen. Borstarna anses vara i neutralt läge när borsten kortsluter lindningarna halvvägs mellan huvudpolerna.

2.12 LUFTGAPSMÄTNING PÅ LIKSPÄNNINGSMASKINER

På likspänningsmaskiner skall den radiella längden för samtliga luftgap överensstämja med tillverkarens specifikationer.

2.13 TILLBEHÖR

Kondensatorer skall provas med avseende på den angivna kapacitansen. Skadade kondensatorer skall bytas. Kortslutande enheter, centrifugalmekanismer, brytare och startreläer skall verifieras med avseende på elektrisk och mekanisk funktion vid korrekt varvtal och spänning. Skadade delar skall bytas.

Skadade inkopplingslister skall bytas.
Uppvärmningsanordningar skall provas med avseende på angiven ström eller effekt och skall isolationstestas. Skadade delar skall bytas.

Sensorer eller skydd för lagertemperatur skall vara identiska eller ekvivalenta med originalenheterna med avseende på elektriska och termiska karakteristika.

**Tabell 2-2. TOLERANSER FÖR AXELTAPPARNAS DIAMETER
MASKINER MED IEC RAMSTORLEK**

DIMENSIONER I MILLIMETER				
Toleransens benämning	Nominell axeldiameter		Tolerans	
	Över	Upp till		
j6*	6	10	+0,007	-0,002
j6*	10	18	+0,008	-0,003
j6*	18	30	+0,009	-0,004
k6	30	50	+0,018	+0,002
m6	50	80	+0,030	+0,011
m6	80	120	+0,035	+0,013
m6	120	180	+0,040	+0,015
m6	180	250	+0,046	+0,017
m6	250	315	+0,052	+0,020
m6	315	400	+0,057	+0,021
m6	400	500	+0,036	+0,023
m6	500	630	+0,070	+0,026

*I vissa länder används toleransen k6 i stället för j6.
Referens: IEC standard 60072-1, C.1.4.

**Tabell 2-4. TILLÅTEN ORAKHET FÖR AXELTAPPARNAS
Maskiner med IEC ramstorlek**

DIMENSIONER I MILLIMETER		
Nominell axeldiameter		Orakhet*
Över	Upp till	
6	10	0,030
10	18	0,035
18	30	0,040
30	50	0,050
50	80	0,060
80	120	0,070
120	180	0,080
180	250	0,090
250	315	0,100
315	400	0,110
400	500	0,125
500	630	0,140

Denna tabell avser oelastiskt monterade maskiner och flänsmatade maskiner.

*Största tillåtna ändring av avläsningen vid mätning på axelförlängningens halva längd.

Referens: IEC standard 60072-1, C.1.6.

**Tabell 2-6. TOLERANSER FÖR AXELTAPPARNAS KILSPÅRBREDD
MASKINER MED IEC RAMSTORLEK**

DIMENSIONER I MILLIMETER			
Nominell kilspårsbredd		Tolerans	
Över	Upp till		
2 upp till	3	-0,004	-0,029
3	6	0	-0,030
6	10	0	-0,036
10	18	0	-0,043
18	30	0	-0,052
30	50	0	-0,062
50	80	0	-0,074
80	100	0	-0,087

*Normala kilar. Tolerans N9.

Referens: IEC standard 60072-1, C.1.5.

Tabell 2-7. DIAMETRAL FRIGÅNG FÖR LABYRINTTÄTNINGAR

DIMENSIONER I MILLIMETER					
Axeldiameter 3000 till 3600 rpm		Diametral frigång (+0,050/-0,000)	Axeldiameter 1800 rpm och lägre		Diametral frigång (+0,050/-0,000)
Från	Upp till		Från	Upp till	
76	89	0,230	76	89	0,305
89	102	0,255	89	102	0,355
102	114	0,305	102	114	0,405
114	127	0,355	114	127	0,455
127	140	0,380	127	140	0,510
140	152	0,430	140	152	0,560
152	165	0,455	152	165	0,610
165	178	0,510	165	178	0,660
178	191	0,535	178	191	0,710

Angivna hastigheter är synkrona hastigheter motsvarande den tillämpliga nätfrekvensen och antalet lindningspoler. Ovanstående tabell avser horisontalt monterade maskiner med labyrinttätningar av brons/mässing vid avsaknad av rekommendationer från tillverkaren. Vid material med ojämn yta såsom gjutjärn kan större frigång erfordras. Vertikalt monterade maskiner kan erfordra mindre frigång. Frigången för labyrinttätningarna skall alltid vara större än frigångarna för lagren. Som tumregel rekommenderas en frigång för labyrintlagren av 0,050 – 0,010 mm större än för hylslagren.

*Axeldiameter är diametern vid tätningen, och "upp till" betyder "upp till men exklusive".

**Den diametrala frigången är frigången för det angivna området axeldiametrar.

**Tabell 2-10. TOLERANSER FÖR MONTERINGSFLÄSENS DIAMETER
IEC FLÄNSMONTERADE MASKINER**

DIMENSIONER I MILLIMETER				
Toleransens benämning	Nominell flänsdiameter		Tolerans	
	Över	Upp till		
j6	30	50	+0,011	-0,005
j6	50	80	+0,012	-0,007
j6	80	120	+0,013	-0,009
j6	120	180	+0,014	-0,011
j6	180	250	+0,016	-0,013
h6	250	315	0	-0,032
h6	315	400	0	-0,036
h6	400	500	0	-0,040
h6	500	630	0	-0,044
h6	630	800	0	-0,050
h6	800	1000	0	-0,056
h6	1000	1250	0	-0,066
h6	1250	1600	0	-0,078
h6	1600	2000	0	-0,092
h6	2000	2200	0	-0,110

Observera: Denna tabell avser maskiner med monteringsflänsar typerna FF, FT och FI.
Referens: IEC standard 6007-1, C.1.7.

**Tabell 2-11. TOLERANSER FÖR MONTERINGSYTOR,
EXCENTRICITET OCH YTORNAS ORAKHET
IEC FLÄNSMONTERADE MOTORER**

DIMENSIONER I MILLIMETER		
Monteringsflänsens nominella diameter		Excentricitet och ytans raket*
Över	Upp till	
40 till	100	0,080
100	230	0,100
230	450	0,125
450	800	0,160
800	1250	0,200
1250	2000	0,250
2000	2240	0,315

Observera: Denna tabell avser maskiner med monteringsflänsar typerna FF, FT och FI.
*Största tillåtna ändring för mätningen.
Referens: IEC standard 6007-1, C.1.7.

Tabell 2-12. Frigång borste till borsthållare

DIMENSIONER I MILLIMETER		
Borstarnas nominella dimensioner Bredd och tjocklek	Frigång	
	Max	Min
1,6 2 2,5	0,144	0,044
3,2	0,158	0,050
4 5	0,178	0,050
6,3 8 10	0,193	0,055
12,5 16	0,232	0,072
20 25	0,254	0,080
32 40 50	0,300	0,100
64 80	0,330	0,110

Referens: IEC standard 60136, Tabell 1.

För undvikande av osäkerhet angående dimensioner i millimeter eller tum förekommer märkning enligt följande: metriska dimensioner □; dimensioner i tum △.

OBSERVERA: Byte av en borste tillverkad med dimensioner i tum till en borste tillverkad med dimensioner i millimeter (eller vice versa) kan förorsaka problem till följd av felaktig passning i borsthållaren.

2-13 Passningstoleranser för radiella rullningslager

Enligt ISO 286-2:1988

Se t.ex. Karlebo Handbok, alternativt SKF's Huvudkatalog

2-14 Passningstoleranser för cylindriska rullningslager

Enligt ISO 286-2:1988

Se t.ex. Karlebo Handbok, alternativt SKF's Huvudkatalog

2-15 Passningstoleranser för cylindriska glidlager

Enligt IEC 3547

Se t.ex. www.lagermetall.se

Kapitel 3 Omlindning

3.1 INSPEKTION

3.1.1 Lindningar

Lindningarnas kondition och reparationens omfattning skall avgöras genom inspektion och om så erfordras genom prover (*se kapitel 4*). Stavar och ringar för magnetiserings- och burlindningar skall kontrolleras med avseende på skador. Provning kan erfordras (*se avsnitt 4.3.2*). *Lindningsdata skall granskas med avseende på rimlighet.*

3.1.2 Statorns lameller

Kärnorna skall kontrolleras med avseende på kortslutning eller brännmärken. Provning kan erfordras (*se avsnitt 4.2.8*).

3.1.3 Termiska skydd eller sensorer

Termostater, motståndssensorer för temperatur (RTD) och termistorer skall kontrolleras med avseende på elektriska och fysiska defekter.

3.2 SPECIFIKATION FÖR OMLINDNING

*Lindningen skall ha samma eller bättre elektriska egenskaper än originalet.
Maskiner med äldre spänningsstandard anpassas till nuvarande spänningsstandard.*

3.3 URRIVNING

Defekta lindningar skall avlägsnas från statorn på ett sätt som inte skadar lamellerna eller andra komponenter. Ugnstemperaturen skall kontrolleras så att lamellernas isolering inte skadas och deformation inte sker. Statorspår skall vara rena och utan skarpa kanter och partiklar. Uppvärmning med spiral eller gasol är inte tillåtet.

3.4 ISOLERINGSSYSTEM

All isolering, material och metoder för omlindning skall vara likvärdiga med eller bättre än de av maskintillverkaren använda. Isoleringssystemets samtliga komponenter skall vara sinsemellan kompatibla med avseende på elektrisk, mekanisk och termisk karakteristik. Isoleringssystemet skall motstå det i avsnitt 4.4 beskrivna högpotentialprovet liksom maskinens normala drift.

3.5 LEDARE

Ledarnas strömbärande förmåga, isolering och mekaniska egenskaper skall vara lämpade för den miljö i vilken maskinen kommer att

användas. Temperaturspecifikationen för ledarnas isolering skall vara lika med eller högre än den för isoleringssystemet. Om materialet i ledarna byts skall detta vara ekvivalent eller bättre i alla avseenden beträffande prestanda och tillämpning.

3.6 STATOR, ROTOR OCH ARMATURLINDNINGAR

Spolarnas anslutningsledningar skall inte vara längre än originalets.

3.6.1 PLOCKLINDADE SPOLAR

Spolar skall lindas och monteras i statorns spår med minsta möjliga antal korsade ledare och med kortast möjliga spolände. Försiktighet skall iakttagas för att undvika skada på isolering eller ledare. Spolarna skall kilas fast utmed hela längden. Isolering mellan faserna skall i tillämpliga fall installeras.

3.6.2 FORMLINDADE SPOLAR

Lindningen, spolar och formning av lindningarnas öglor skall utföras så att ledarens isolering inte skadas. Spollagren skall vara likformigt och tätt lindade för att minimera mekanisk påfrestning och luftgap. Spolarna skall införas i statorns spår utan att isoleringen skadas. Spolarna skall ha god passning till facken och kilas utmed hela längden. Spolarna skall där så erfordras bindas vid varandra för att minimera deformation.

3.7 FÄLTSPOLAR

Där hög styvhet och fixering av komponenterna erfordras skall ett lack eller tixotropiskt harts med hög styrka anbringas på grundisoleringen och varje spolvarv under lindningen. Vakuuminpregnering kan användas om full kontakt mellan isolering och ledare kan säkerställas.

3.7.1 Stationära spolar

Lackering av shunt- serie- och mellanfasspolar kan utföras för spolar som ursprungligen tillverkats med denna metod. De yttre spollagrens isolering skall kunna motstå spänningstoppar och induktiva transienter.

3.7.2 Roterande spolar

Spolar och poldelar skall kilas och bindas fast.

3.8 MAGNETISERINGS- OCH BURLINDNINGAR

Stänger för magnetiserings- och burlindningar skall ha god passform i kärnans fack. *Ändringar skall svetsas eller hårdlödvas vid stängerna beroende på materialet.* Lindningarna skall ha samma elektriska karakteristika som originalet om annat inte överenskommit med eller beställts av kunden.

Lindningen skall kunna motstå sådana termiska och mekaniska påfrestningar som uppkommer vid maskinens normala drift.

Se avsnitt 2.6 för balansering.

3.9 TERMISKA SKYDD OCH SENSORER

Termostater, motståndssensorer för temperatur, termokopplare och termistorer skall vara identiska med eller ekvivalenta med originalkomponenterna med avseende på elektriska och termiska karakteristika och placeras på samma plats i lindningen. Termiska skydd eller sensorer får avlägsnas eller uteslutas endast med kundens samtycke. *Detta skall journalföras.*

3.10 FORMNING OCH BINDNING AV STATORLINDNINGAR

Varje lindning skall formas och bindas efter behov så att erforderlig frigång till rotern, statorn, ramen, lagerhusen, luftavledare och andra komponenter erhålles. Samtliga lindningar skall kunna uppta startströmmarna. på större maskiner där startringar används skall dessa vara väl isolerade, korrekt monterade och bundna vid spolarna för att säkerställa erforderligt stöd för lindningen. Blockering mellan spolar vid slutet av formade spolar skall utföras lika med eller överträffa originalet i vad avser motstånd mot rörelse.

Begränsningar av luftflödet skall undvikas.

3.11 SPOLARNAS ANSLUTNINGAR

3.11.1 Anslutningarnas utförande

För anslutningar som utförs med klämning, mjuk- eller hårdlödning eller svetsning skall material av erforderlig ledningsförmåga och mekanisk hållfasthet mot normala driftsförhållanden användas. Vid klämning rekommenderas rundklämmande verktyg. Hylsan skall alltid ha samma eller större dimension än ledaren. Först pressas hylsan sedan lödning, fyllning av hylsan före pressning får ej förekomma. Material såsom lödpasta, flussmedel och andra ämnen skall neutraliseras efter användande. Tillsatsmaterialen skall vara

lämpliga för användning och av en typ som inte påverkar ledarna negativt. Mjuklödda förbindningar bör inte ersätta hårdlödda eller svetsade förbindningar.

Anslutningar och skarvar skall utföras så att ledningsförmågan är lika med eller bättre än ledarens i lindningen.

3.11.2 Isolering av anslutningarna

Anslutningar skall isoleras så att de motstår maskinens märktemperatur och märkspänning, och utföras så att de motstår de mekaniska påfrestningarna under normal drift. Anslutningar och ledare skall bindas eller på annat sätt fastsätta så att rörelser förhindras.

Isoleringen skall anbringas på sätt som medger lacken att tränga in.

3.12 Kilar

Bandningar skall fästas, bindas eller snöras fast så att de motstår centrifugalkrafterna, strömrusningar och vibrationer under maskinens normala drift inklusive övervarv (i tillämpliga fall).

Band av limfylld glasfiber kan anbringas direkt på lindningen och skall då anbringas med av tillverkaren rekommenderad spänning och härdningsmetod. Bandningen skall vara av tillräcklig tjocklek och bredd för att hålla spolarna på plats.

Vid användning av trådbandning skall denna anbringas på bandisolering och utföras i likhet med originalet med avseende på placering, material (magnetiskt eller icke magnetisk material), tvärsnittsarea och antal varv. Tråden skall anbringas med sådan spänning att spolarna hålls på plats utan att de deformeras.

Anmärkning: Användande av glasfiberbandning i stället för trådbandning kan ändra magnetfältet i spolen och därigenom påverka kommutering och termisk effektivitet. Liknande effekter kan uppkomma vid användande av trådbindning i stället för glasfiberbindning.

3.14 IMPREGNERING AV LINDNINGAR

Lindningar på omlindade maskiner skall behandlas med lack och därefter härdade med användande av material och metoder med sådan termisk motståndskraft att de motstår normal drift av maskinen. Behandlingen skall vara kompatibel med hela isoleringssystemet och lämpad för den miljö i vilken maskinen skall användas.

Kapitel 4 Provning

4.1 SÄKERHET

Se bilagan för säkerhetsanvisningar.

4.2 ISOLATIONS PROV

Provning skall utföras på sätt som verifierar isoleringens lämplighet för fortsatt drift. Inspektion och motståndsprov av isoleringen skall utföras innan högpotentialprov genomförs. Även andra av de nedan redovisade proven kan tillämpas. *Samtliga provresultat journalförs.* Tendenser i resultatet är ofta en bättre indikering än de absoluta värdena (referens IEEE standard 95).

4.2.1 Inspektion

- (1) Isolering skall kontrolleras med avseende på nedbrytning eller skada såsom:
- (2) Blås- och sprickbildning, flagning eller missfärgning påvisande termisk åldring.
- (3) Föroreningar på spolarnas och anslutningarnas ytor.
- (4) Skavning eller annan mekanisk påverkan.
- (5) Spår efter elektriskt överslag.
- (6) Lösa kilar, fyllnadsmaterial, band, bandning eller startringar.
- (7) Korrosion på stöd, stag och bryggor (tecken på löshet eller rörelse).

(Referens IEEE standard 432, avsnitt 5.)

4.2.2 Motståndsprov på isoleringen

RIKTLINJER FÖR UNDER MOTSTÅNDS PROV PÅLAGDA LIKSPÄNNINGAR

Lindningens märkspänning (V) ^a	Likspänning under motståndsprov (V)
<1 000	500
1 000 – 2 500	500-1 000
2 501 – 5 000	1 000 – 2 500
5 001 – 12 000	2 500 – 5 000
>12 000	5 000 – 10 000

^aSpänningen mellan faserna för trefas växelspanningsmaskiner, fasspänningen för enfasmaskiner, och märkspänningen för likspänningmaskiner eller fältlindningar.

Referens: IEEE standard 43, Tabell 1.

Provspänning skall anbringas under en minut (Referens: IEEE standard 43, Avsnitten 5.4 och 12.2).

REKOMMENDERAT MINSTA ISOLATIONSMOTSTÅND VID 40°C (Samtliga värden i MΩ)

Minimum isolationsmotstånd	Provobjekt
$IR_{1min} = kV + 1$	Flertalet lindningar tillverkade före 1970, samtliga fältlindningar och övriga ej nämnda nedan.
$IR_{1min} = 100$	Flertalet likspänningsarmaturer och växelspanningslindningar tillverkade efter 1970 (formlindade spolar).
$IR_{1min} = 5$	Flertalet maskiner med plocklindade statorspoler och formlindade spolar med märkspänningar lägre än 1 kV.

Anmärkingar:

IR_{1min} är det rekommenderade isolationsmotståndet i megaohm vid 40°C för hela maskinlindningen.

kV är maskinens märkspänning (anslutningspunkt till anslutningspunkt) i kV RMS.

Referens: IEEE standard 43, Tabell 3.

4.2.3 Polarisationsindexprov (PI-prov)

Polarisationsindexprovet skall utföras med samma spänning som provet i avsnitt 4.2.2 under tio minuter. Rekommenderat minsta värde för polarisationsindex för lindningar i klass B och högre är 2,0 (Referens: IEEE standard 43, avsnitt 9.2 och IEEE standard 432, bilaga A2).

Om isolationsmotståndet enligt avsnitt 4.2.2 är större än 5 000 megaohm är det beräknade polarisationsindexet (PI) osäkert. I dessa fall kan PI anses vara en dålig indikering på lindningarnas kondition (Referens: IEEE 43, avsnitten 5.4 och 12.2).

4.2.4 Prov av isoleringens effektfaktor

Isoleringens effektfaktor, avledningsfaktor, och s.k. tip-up test kan utföras på stora maskiner. Tolkning av resultaten sker genom jämförelse med resultat från prov på liknande maskiner. Ingen standardtolkning av resultat har etablerats (Referens: IEEE standard 432, avsnitt 8.1).

4.2.1 Stegspänningsprov

Stegspänningsprov kan utnyttjas om de genomförs på regelbundna underhållsintervall. Ändringar i resultaten kan indikera nedbrytning av isoleringen (Referens: IEEE standard 95).

4.2.6 Isolationsprov mellan intilliggande lindningsvarv

Erkända metoder för prov av isoleringen mellan intilliggande lindningsvarv uppvisar stora avvikelser sinsemellan. Entydig standardprocedur saknas, men många standarder omnämner provet (IEEE standarderna 432, 522 och 792; NEMA standard MG 1, 12.5).

4.2.7 Jämförande överspänningsprov

Jämförande överspänningsprov utförs i de flesta fall genom anbringande av kretsens dubbla märkspänning plus 1 000 volt.

4.2.8 Isoleringsprov mellan kärnlamellerna

Defekter i lamellkärnor kan upptäckas med ett kärnprov.

4.3 REKOMMENDERADE LINDNINGSPROV

Lindningar skall provas för att säkerställa avsaknad av jordfel, kortslutningar, öppna kretsar, felaktiga anslutningar eller anslutningar med högt motstånd.

4.3.1 Stator- och rotorlindningar

Ett eller flera av följande prov kan utföras:

- (1) Motståndspröv på isoleringen.
- (2) Motståndspröv på lindningar.
- (3) Growler-prov.
- (4) Fasbalansprov.
- (5) Jämförande överspänningsprov.
- (6) Polaritetprov.
- (7) Kulrotationsprov
- (8) *Funktionstest (utan rotor)*

4.3.2 Burlindningar

Följande prov kan utföras

- (1) *Growler-prov.*

4.3.3 Magnetiseringslindningar

Ett eller flera av följande prov kan utföras:

- (1) Motståndspröv på isoleringen.
- (2) Growler-prov.
- (3) Jämförande överspänningsprov.

4.3.4 Shunt-, serie-, kompensations- och synkrona lindningar

Ett eller flera av följande prov kan utföras:

- (1) Motståndspröv på isoleringen.
- (2) Motståndspröv på lindningar.
- (3) Jämförande överspänningsprov.
- (4) Spänningsfallprov (lik- eller växelspänning), spolar i serie.

Variationerna i likspänningsfallet skall inte överstiga 5 % mellan spolar i samma fältkrets.

10 % variation för växelspänningsprovet kan tillåtas om likspänningsprovet är inom gränsvärdena.

4.3.5 Lindningarnas förbindelse

Shunt- serie-, kompensations- och synkrona rotorlindningar skall provas med avseende på korrekt polaritet och förbindelse. Ledarnas märkning skall uppfylla kraven enligt avsnitt 1.5.

4.4 HÖGSPÄNNINGSTEST

Högspänningstest med specificerad spänning (se tabell 4-1 till 4-4) skall utföras på lindningar och vissa tillbehör för elektriska maskiner. Upprepad anbringning av hög spänning rekommenderas inte för undvikande av påfrestning på isoleringen. De provade maskinerna skall vara rena och torra. Inspektion och motståndspröv på isoleringen skall vara utförda före högspänningstestet. Motståndsprövet skall upprepas efter avslutat högspänningstest.

Under högspänningstest på en monterad synkronmaskin med borstlös magnetisering skall kretsarna för magnetiseringen (dioder, tyristorer mm.) kortslutas (ej jordas).

Högspänningstest skall utföras mellan samtliga lindningar eller elektriska kretsar och maskinens ram (eller kärna). Samtliga lindningar och elektriska kretsar som inte ingår i testet skall förbindas med ramen (eller kärnan).

Kondensatorer på kapacitiva maskiner skall vara anslutna till lindningen på normalt sätt för en maskin i drift (start och drift).

Elektriska maskiner kan provas med högspänningsprovutrustningar för växel- eller likspänning. En likspännings kan användas i stället för en växelspänning. Provlíkspänningen skall då vara 1,7 gånger den specificerade växelspänningen. Ett fel under testet kan förorsaka mindre skada på lindningen om likspänning används. Multiplicera växelspänningsprovvärdet med 1,7 för att erhålla det ekvivalenta likspänningsvärdet.

Högspänningstest med växelspännings skall utföras genom att kontinuerligt anbringa den specificerade spänningen med frekvens 50-60 Hz under en minut.

Högspänningstest med likspänning skall utföras genom att anbringa den specificerade spänningen i en minut sedan provspänningen uppnåtts.

Likspänningen skall ökas gradvis för att begränsa laddningsströmmen.

VARNING: Efter fullbordat högspänningstest med likspänning skall lindningen jordas till ramen (eller kärnan) tills laddningen bortletts. (Referenser: IEEE standarder 4 och 95; NEMA standard MG 1, 3.1.1.)

4.4.1 Lindningar

4.4.1.1 Nya lindningar

Högspänningstest skall utföras enligt Tabell 4-1 för växelspänning och Tabell 4-2 för likspänning. Upprepat anbringande av hög spänning rekommenderas inte för undvikande av påfrestning på isoleringen. Omedelbart efter omlindning, när utrustningen installeras eller monteras, och om högspänningstest på hela enheten erfordras, rekommenderas användning av 85 procent av den ursprungliga provspänningen. Provspänningen skall anbringas endast en gång till specificerat värde (Referens: NEMA standard MG 1, 12.3).

4.4.1.2 Renoverade lindningar

Högspänningstest på renoverade lindningar skall utföras med 65 % av provspänningen för den nya lindningen.

4.4.1.3 Icke renoverade lindningar

Maskiner med icke renoverade lindningar skall genomgå ett motståndsprov av isoleringen i stället för högspänningstest.

4.4.2 Tillbehör

4.4.2.1 Nya tillbehör

Tillbehör såsom kondensatorer, överslagsskydd, strömtransformatorer mm. som är anslutna med ledare till maskinens inkopplingsplintar skall kopplas bort under testet. Tillbehörens tilledningar skall kopplas ihop och anslutas till ramen eller kärnan. Sådana tillbehör skall ha genomgått tillämpligt högpotentialprov vid tillverkningen. Kondensatorer på kapacitiva maskiner skall vara anslutna till lindningen på normalt sätt för en maskin i drift (start och drift). Hjälpenheter och dessas kretsar, såsom värmeelement och temperaturavkännande enheter i kontakt med lindningen (termostater, termokopplare, temperatursonder med motstånd, mm.), och som är anslutna till andra kretsar än lindningens, skall anslutas till ramen eller kärnan under högspänningstestet på maskinens

lindning. Var och en av dessa komponenter skall därefter provas genom anbringande av en spänning mellan kretsen och ramen eller kärnan. Högspänningstest skall utföras enligt Tabell 4-1 för växelspänning och Tabell 4-2 för likspänning. Under test på hjälpenheternas kretsar skall samtliga andra lindningar och komponenter på maskinen kortslutas och anslutas till ramen eller kärnan. (Referens: NEMA standard MG 1, 3.1.8.)

4.4.2.2 Tillbehör för maskiner med renoverade lindningar

Högspänningstest för tillbehörsenheter på renoverade maskiner skall utföras med 65 % av provspänningen för den nya enheten.

4.4.2.3 Tillbehör för maskiner med icke renoverade lindningar

Tillbehörsenheter på maskiner med icke renoverade lindningar skall genomgå ett motståndsprov av isoleringen i stället för högspänningstest.

4.5 TOMGÅNGSPROV

4.5.1 Varvtal

Växelspänningsmotorer skall köras obelastade vid märkspänning och märkfrekvens. Varvtalet skall jämföras med det på typskylten angivna. Shuntlindade och kompondlindade likspänningsmotorer skall köras med märkspänning ansluten till armaturen och märkströmmen anbringad på shuntfältet. Varvtalet skall mätas och jämföras med det på typskylten angivna.

Seriellindade motorer skall under provet magnetiseras separat för att undvika varvtalsrusning.

Likspänningsgeneratorer skall drivas med märkvarvtalet och matas med märkström genom shuntfältet. Utspänningen skall mätas och jämföras med den på typskylten angivna.

4.5.2 Ström

Tomgångsströmmen skall jämföras med märkströmmen.

4.5.3 Kylsystem

Kylsystemets funktion skall provas och verifieras.

4.5.4 Bullernivå

Bullernivåprov kan utföras som en indikering på fel eller som en irritationskälla för personer i maskinens närhet.

4.5.5 Lagertemperatur

Omgivningstemperaturen och temperaturen på lagerhusen kan mätas tills temperaturerna stabiliserats.

4.5.6 Vibrationsprov

Vibrationsprov bör utföras i enlighet med ISO 10816 för standardmaskiner, enligt överenskommelse med kunden eller om så erfordras för kontroll av maskinens driftskaraktistik. Tabell 4-5 redovisar de ofiltrerade gränsvärdena för vibration för elastiskt monterade standardmaskiner för olika rotationshastigheter. Vibrationsnivåer vid varvtal över 1 200 rpm baseras på en topphastighet av 3,8 mm/s Vibrationsnivåer för varvtal under 1 200 rpm baseras på en topphastighet av 0,0635 mm förflyttning topp-till-topp. Multiplicera dessa gränsvärden med 0,8 för att erhålla värden för stunt monterade maskiner.

Prov under full last kan utföras enligt överenskommelse med kunden eller enligt kraven för kontroll av maskinens driftskaraktistik (Referenser IEEE standarder 112 och 115 samt NEMA standard MG 1).

4.7 KALIBRERING AV INSTRUMENT

Samtliga instrument för insamlande av provresultat **skall** kalibreras minst en gång per år. Kalibreringen **skall** ske mot normaler, spårbara till ISO 10012.

Varje instrument **skall** vara märkt och följt av ett dokument innehållande datum och laboratorium för senaste kalibrering. Om stor vikt läggs på provresultatet skall instrumentet kalibreras omedelbart före och efter provproceduren

4.6 PRESTANDAPROV

**Tabell 4-1 HÖGSPÄNNINGSPROV MED VÄXELSPÄNNING
NYA LINDNINGAR**

BESKRIVNING AV MASKINEN	SPÄNNING AC HÖGSPÄNNINGSPROV	
INDUKTIONSMASKINER FÖR VÄXELSPÄNNING OCH OMAGNETISERADE SYNKRONMASKINER	STATORLINDNING	ROTORLINDNING
Motorer på 0,5 hkr eller mindre, generatorer med 373 W uteffekt (eller ekvivalent) eller lägre, och för drift från kretsar: a) 250 V eller lägre	1 000 volt	1 000 volt + 2 gånger sekundärspänningen
b) Över 250 V	1 000 volt + 2 gånger maskinens märkspänning	
Motorer på mer än 0,5 hkr, generatorer med mer än 373 W uteffekt (eller ekvivalent), och för: a) Icke reverserande drift		1 000 volt + 2 gånger maskinens märkspänning
b) Reverserande drift		
AC SYNKRONMASKINER MED SLÄPRINGAR	STATORLINDNING	FÄLTINDNING
MOTORER	1 000 volt + 2 gånger maskinens märkspänning	Startmetod 1* 10 gånger den angivna magnetiseringsspänningen, dock inte lägre än 2 500 volt eller högre än 5 000 volt
		Startmetod 2* 2 gånger spänningsfallet över inre motståndet, dock inte lägre än 2 500 volt
GENERATORER a) Med stator- (armatur) eller fältlindningar med märkspänning 35 volt eller lägre	500 volt	
b) Med en uteffekt av lägre än 250 W och märkspänning 250 volt eller lägre	1 000 volt	
c) Med magnetiseringsspänning 500 VDC eller lägre	1 000 volt + 2 gånger generatorns märkspänning	10 gånger den angivna magnetiseringsspänningen, dock inte lägre än 1 500 volt
d) Med magnetiseringsspänning högre än 500 VDC		4 000 volt + 2 gånger den angivna magnetiserings-spänningen

* Startmetod 1: Motorn startas med fältlindningen kortsluten eller bruten via en magnetiseringsarmatur.

Startmetod 2: Motorn startas med ett motstånd i serie med fältlindningen. Spänningsfallet över inre motståndet anses vara produkten av motståndet och den ström som skulle flyta genom den med sig själv kortslutna fältlindningen vid den specificerade startspänningen.

Tabell 4-1 HÖGSPÄNNINGSPROV MED VÄXELSPÄNNING
NYA LINDNINGAR – fortsättning

BESKRIVNING AV MASKINEN	SPÄNNING AC HÖGSPÄNNINGSPROV	
BORSTLÖSA SYNKRONA VÄXELSPÄNNINGS-MASKINER OCH MAGNETISERARE	HUVUDSTATORLINDNING	HUVUDFÄLTINDNING OCH MAGNETISERINGSARMATUR
Armatur- (stator-) eller fältlindningar med märkspänning 35 volt eller lägre	500 volt	
Med utgång lägre än 250 W och 250 V eller lägre	1 000 volt	
Med magnetiseringsspänning 350 VDC eller lägre	1 000 volt + 2 gånger maskinens märkspänning	Med magnetiserarens magnetiseringsspänning understigande 350 VDC*
Med magnetiseringsspänning högre än 350 VDC		2 800 volt + 2 gånger den angivna magnetiserings-spänningen*
BORSTLÖSA MAGNETISERARE	MAGNETISERINGSSTATOR (FÄLT)	Alternativt skall den borstlösa magnetiseringsrotorn (armaturen) provas med 1 000 V + 2 gånger den icke likriktade växelspänningen, dock lägst 1 500 V.*
a) Med magnetiserarens magnetiseringsspänning lägre än 350 VDC	10 gånger den angivna magnetiseringsspänningen, dock inte lägre än 1 500 volt	
b) Med magnetiserarens magnetiseringsspänning högre än 350 VDC	2 800 volt + 2 gånger den angivna magnetiserings-spänningen*	
c) Med växelspanningsmagnetiserad stator (fält)	1 000 volt + 2 gånger statorns angivna växelspanning	

DC-MOTORER OCH GENERATORER	FÄLTINDNING	ARMATURLINDNING
Med armatur- eller fältlindningar med 35 V eller lägre	500 volt	
Motorer på 0,5 hkr eller mindre, generatorer med 250 W uteffekt eller lägre, och för drift från kretsar:	1 000 volt	
a) 240 V eller lägre	1 000 volt + 2 gånger maskinens märkspänning	
b) Högre än 240 V		
Motorer på mer än 0,5 hkr och generatorer med 250 W eller högre uteffekt		

UNIVERSALMOTORER FÖR 250 V ELLER LÄGRE	FÄLTINDNING	ARMATURLINDNING
Märkeffekt 0,5 hkr eller lägre utom motorer för portabla verktyg	500 volt	
Märkeffekt högre än 0,5 hkr och samtliga motorer för portabla verktyg	1 000 volt + 2 gånger motorns märkspänning	

* De borstlösa kretsarnas komponenter (dioder, tyristorer mm.) skall vara kortslutna (icke jordade) under provet.

**Tabell 4-2 HÖGSPÄNNINGSPROV MED LIKSPÄNNING
NYA LINDNINGAR**

BESKRIVNING AV MASKINEN	LIKSPÄNNING VID HÖGSPÄNNINGSPROV	
INDUKTIONSMASKINER FÖR VÄXELSPÄNNING OCH OMAGNETISERADE SYNKRONMASKINER	STATORLINDNING	ROTORLINDNING
Motorer på 0,5 hkr eller mindre, generatorer med 373 W uteffekt (eller ekvivalent) eller lägre, och för drift från kretsar: a) 250 V eller lägre	1 700 volt	1 700 volt + 3,4 gånger sekundärspänningen
b) Över 250 V	1 700 volt + 3,4 gånger maskinens märkspänning	
Motorer på mer än 0,5 hkr, generatorer med mer än 373 W uteffekt (eller ekvivalent), och för: a) Icke reverserande drift		1 700 volt + 3,4 gånger maskinens märkspänning
b) Reverserande drift		

AC SYNKRONMASKINER MED SLÄPRINGAR	STATORLINDNING	FÄLTINDNING
MOTORER	1 700 volt + 3,4 gånger maskinens märkspänning	Startmetod 1* 17 gånger den angivna magnetiseringsspänningen, dock inte lägre än 4 250 volt eller högre än 8 500 volt
		Startmetod 2* 3,4 gånger spänningsfallet över inre motståndet, dock inte lägre än 4 250 volt
GENERATORER a) Med stator- (armatur) eller fältlindningar med märkspänning 35 volt eller lägre	850 volt	
b) Med en uteffekt av lägre än 250 W och märkspänning 250 volt eller lägre	1 700 volt	
c) Med magnetiseringsspänning 500 VDC eller lägre	1 700 volt + 3,4 gånger generatorns märkspänning	17 gånger den angivna magnetiseringsspänningen, dock inte lägre än 2 250 volt
d) Med magnetiseringsspänning högre än 500 VDC		6 800 volt + 3,4 gånger den angivna magnetiserings-spänningen

* Startmetod 1: Motorn startas med fältlindningen kortsluten eller bruten via en magnetiseringsarmatur.

Startmetod 2: Motorn startas med ett motstånd i serie med fältlindningen. Spänningsfallet över inre motståndet anses vara produkten av motståndet och den ström som skulle flyta genom den med sig själv kortslutna fältlindningen vid den specificerade startspänningen.

VARNING: Efter fullbordat högpotentialprov med likspänning skall lindningen jordas till höljet (eller kärnan) tills laddningen bortletts.

Tabell 4-2 HÖGSPÄNNINGSPROV MED LIKSPÄNNING
NYA LINDNINGAR – fortsättning

BESKRIVNING AV MASKINEN	LIKSPÄNNING VID HÖGPOTENTIALPROV	
BORSTLÖSA SYNKRONA VÄXELSPÄNNINGS-MASKINER OCH MAGNETISERARE	HUVUDSTATORLINDNING	HUVUDFÄLT LINDNING OCH MAGNETISERINGSARMATUR
Armatur- (stator-) eller fältlindningar med märkspänning 35 volt eller lägre	850 volt	
Med utgång lägre än 250 W och 250 V eller lägre	1 700 volt	
Med magnetiseringsspänning 350 VDC eller lägre	1 700 volt + 3,4 gånger maskinens märkspänning	17 gånger den angivna magnetiseringsspänningen, dock inte lägre än 2 250 volt*
Med magnetiseringsspänning högre än 350 VDC		4 750 volt + 3,4 gånger den angivna magnetiserings-spänningen*
BORSTLÖSA MAGNETISERARE	MAGNETISERINGSSTATOR (FÄLT)	Alternativt skall den borstlösa magnetiseringsrotorn (armaturen) provas med 1 700 V + 3,4 gånger den icke likriktade växelspänningen, dock lägst 2 550.*
d) Med magnetiserarens magnetiseringsspänning lägre än 350 VDC	17 gånger den angivna magnetiseringsspänningen, dock inte lägre än 2 550 volt	
e) Med magnetiserarens magnetiseringsspänning högre än 350 VDC	4 750 volt + 3,4 gånger den angivna magnetiserings-spänningen*	
f) Med växelspanningsmagnetiserad stator (fält)	1 700 volt + 3,4 gånger statorns angivna växelspanning	

DC-MOTORER OCH GENERATORER	FÄLT LINDNING	ARMATURLINDNING
Med armatur- eller fältlindningar med 35 V eller lägre	850 volt	
Motorer på 0,5 hkr eller mindre, generatorer med 250 W uteffekt eller lägre, och för drift från kretsar:	1 700 volt	
a) 240 V eller lägre	1 700 volt + 3,4 gånger maskinens märkspänning	
b) Högre än 240 V		
Motorer på mer än 0,5 hkr och generatorer med 250 W eller högre uteffekt		

UNIVERSALMOTORER FÖR 250 V ELLER LÄGRE	FÄLT LINDNING	ARMATURLINDNING
Märkeffekt 0,5 hkr eller lägre utom motorer för portabla verktyg	1 700 volt	
Märkeffekt högre än 0,5 hkr och samtliga motorer för portabla verktyg	1 700 volt + 3,4 gånger motorns märkspänning	

* De borstlösa kretsarnas komponenter (dioder, tyristorer mm.) skall vara kortslutna (icke jordade) under provet.

WARNING: Efter fullbordat högpotentialprov med likspänning skall lindningen jordas till Höljet (eller kärnan) tills laddningen bortletts.

**Tabell 4-3 HÖGSPÄNNINGSPROV MED VÄXELSPÄNNING
NYA TILLBEHÖR**

Tillbehör*	Märkspänning**	Spänning AC högspänningsprov
Termostater	600 volt	1 000 volt + 2 gånger tillbehörets märkspänning eller lika med provspänningen för högpotentialprov beroende på vilket är lägst.
Termokopplare Termistorer Temperatursensorer med motstånd (RTD)	50 volt	
Värmeelement	Samtliga	
* Tillbehör ej anslutna till nätkretsen. ** Om inte annat anges.		

**Tabell 4-4 HÖGSPÄNNINGSPROV MED LIKSPÄNNING
NYA TILLBEHÖR**

Tillbehör*	Märkspänning**	Spänning AC högspänningsprov
Termostater	600 volt	1 700 volt + 3,4 gånger tillbehörets märkspänning eller lika med provspänningen för högpotentialprov beroende på vilket är lägst.
Termokopplare Termistorer Temperatursensorer med motstånd (RTD)	50 volt	
Värmeelement	Samtliga	
* Tillbehör ej anslutna till nätkretsen. ** Om inte annat anges.		

**Tabell 4-5. OFILTRERAT VIBRATIONSPROV
ELASTISKT MONTERADE MASKINER**

RPM @ 50 Hz	Hastighet mm/s
3 000	3,8
1 500	3,8
1 000	3,3
750	2,5
600	2,0
500	1,7

Säkerhet under elektriska prover

A.1 PERSONSÄKERHET

A.1.1 Utbildning

All personal skall utbildas i säkert användande av all elektrisk utrustning inom deras respektive ansvarsområde. Utbildning skall ske med användning av till utrustningen hörande användarmanualer, praktiska övningar och/eller handledning med videoprogram. Samtliga anställda skall informeras om gällande säkerhetsbestämmelser, och har skyldighet att följa dessa.

A.1.2 Beklädnad

Beklädnad, lämpad för arbetet, skall bäras. Brandskyddat material rekommenderas. Bärande av smycken skall undvikas. Skyddsglasögon skall vid behov bäras.

A.1.3 Övervakning

Anställd personal skall inom provutrymmena arbeta under ledning en erfaren och kvalificerad person. Minst två personer bör vara närvarande vid provkörning.

A.1.4 Första hjälpen

Personalen skall erhålla utbildning i första hjälpen och HLR

A.2 Provutrymme

A.2.1 Inhägnad

Provområdet skall inhägnas med t.ex. med staket eller färgat rep, företrädesvis med orange färg. Blinkande röda eller gula varningslampor kan placeras i provområdets hörnor för att ytterligare påkalla uppmärksamhet.

A.2.2 Grindar

Metalliska staket och burar skall skyddsjordas.

A.2.3 Skyltar

Skyltar utmärkande elektrisk fara, obehörig personal äga ej tillträde, skall uppsättas.

A.2.4 Belysning

Provområdet skall vara väl belyst.

A.2.5 Skyddsutrustning

Brandsläckare och första förbandsutrustning skall vara lätt åtkomliga, och personalen skall vara utbildad i användningen. Handhavande personal skall stå på isolerat underlag.

A.2.6 Fritt utrymme

Fritt utrymme skall finnas mellan provobjektet och provområdets gränser för bekväm åtkomst

och personalens rörelser. Kablage skall tillåta operatören att stå på behörigt avstånd från provobjektet. Roterande axlar och kopplingar/skivor bör täckas av skydd.

A.3 ENHET UNDER PROVNING

A.3.1 Lämplighet för provning

Provningsspersonalen skall verifiera att enheten är mekanisk och elektriskt lämpad att genomgå den föreslagna testproceduren.

A.3.2 Uteslutande uppmärksamhet

Endast den enhet som provas får finnas i provområdet.

A.3.3 Skyddsjordning

Samtliga apparater under provning bör skyddsjordas.

A.3.4 Fastspänning

Enheter under provning skall spännas fast så att deras läge och/eller orientering inte ändras under provets utförande.

A.4 PROVBÄNKAR

A.4.1 Utförande

Snabbutlösande överströmsskydd eller säkringar skall begränsa strömmen för kraftförsörjningen till provbänkens kapacitet.

A.4.2 Spänningar

Utspänningen skall anges klart. Spänningar högre än 1000V skall manövreras enligt speciella procedurer för undvikande av oavsiktlig inkoppling.

A.4.3 Varningslampor

Kontrollpanel under spänning skall visas med varningslampa. Spänningssatta kablar till provobjektet skall visas med ytterligare en varningslampa.

A.4.4 Frånskiljning

Anordning för att frånskilja provbänken från kraftförsörjningen skall vara placerad inom synhåll från kontrollpanelen.

A.4.5 Nödbrytare

En hand- eller fotmanövrerad nödbrytare eller tryckknapp för frånskiljning av kraftförsörjningen skall finnas i provområdet. Nödbrytare bör även finnas utanför provområdets inhägnad.

A.4.6 Ledningar

Provladdar och isolerade provklämmor skall vara av erforderlig ström- och spänningsklass för den provade maskinen. *Mätinstrument och verktyg skall uppfylla Svensk standard (SS-EN 61010-1 resp. SS-EN 61557)*

A.4.7 Högspänning jordfelsprov

Strömmen vid högspänningsprovning med växel- eller likspänning skall impedansbegränsas eller avsäkras med snabbutlösande anordning för att begränsa skadan vid överslag.

Litteraturförteckning

Samtliga referenser är till nedan angivna datum.

- ANSI/ABMA Standard 7-1995: *Shaft and Housing Fits for Metric Radial Ball and Roller Bearings (Except Tapered Roller Bearings) Conforming to Basic Boundary Plans*. American Bearing Manufacturers Association, Inc. and American National Standards Institute. New York, NY, 1995.
- ANSI S2.41-1985: *Mechanical Vibration of Large Rotating Machines With Speed Ranges From 10 to 200 RPS. Measurement And Evaluation of Vibration Severity In Situ*. American National Standards Institute. New York, NY, 1985; reaffirmed 1997. (Note: Published originally by International Organization for Standardization; Geneva, Switzerland, 1985; withdrawn by ISO in 1995 but retained by ANSI.)
- ANSI/NCSL Z540-1-1994: *Calibration—Calibration Laboratories and Measuring and Test Equipment—General Requirements*. American National Standards Institute. New York, NY, 1994.
- IEC Standard Publication 60034-8: *Rotating Electrical Machines, Part 8: Terminal Markings and Direction of Rotation of Rotating Machines*. International Electrotechnical Commission. Geneva, Switzerland, 1972; second impression, 1990.
- IEC Standard Publication 60072-1: *Part 1—Frame Numbers 56 to 400 and Flange Numbers 55 to 1080*. International Electrotechnical Commission. Geneva, Switzerland; seventh edition, 2000.
- IEC Standard Publication 60136: *Dimensions of Brushes and Brush-holders for Electric Machinery*. International Electrotechnical Commission. Geneva, Switzerland; second edition, 1986.
- IEEE Standard 4-1995: *Standard Techniques for High-Voltage Testing*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, NY, 1995.
- IEEE Standard 43-2000: *IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, NY, 2000.
- IEEE Standard 95-1977: *IEEE Recommended Practice for Insulation Testing of Large AC Rotating Machinery with High Direct Voltage*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, NY, 1977; reaffirmed 1991.
- IEEE Standard 112-1996: *IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, NY, 1997.
- IEEE Standard 115-1995: *IEEE Guide: Test Procedures for Synchronous Machines*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, NY, 1996.
- IEEE Standard 432-1992: *IEEE Guide for Insulation Maintenance for Rotating Electric Machinery (5 hp to less than 10 000 hp)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, NY, 1992.
- IEEE Standard 522-1992: *IEEE Guide for Testing Turn-To-Turn Insulation on Form-Wound Stator Coils for Alternating-Current Rotating Electric Machines*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, NY, 1992.
- IEEE Standard 792-1995: *IEEE Recommended Practice for the Evaluation of the Impulse Voltage Capability of Insulation Systems for AC Electric Machinery Employing Form-Wound Stator Coils*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, NY, 1995.
- IEEE Standard 1068-1996: *IEEE Recommended Practice for the Repair and Rewinding of Motors for the Petroleum and Chemical Industry*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, NY, 1997.
- ISO 10012-1: *Quality assurance requirements for measuring equipment*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland, 1992.
- ISO 1940-1: *Mechanical Vibration - Balance Quality Requirements of Rigid Rotors*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland, 1986.
- ISO 1940-2: *Determination of Permissible Residual Unbalance*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland, 1997.
- ISO 10816-1: *Mechanical Vibration - Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-Rotating Parts - Part 1: General Requirements*. International Organization for Standardization. Geneva, Switzerland, 1995.

NEMA Standards MG 1-2003: *Motors and Generators*. National Electrical Manufacturers Association. Rosslyn, VA; 2003.

NFPA Standard 70E-2000: Standard for Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces. National Fire Protection Association, Quincy, MA; 1998.

29CFR1910.331 - .335 OSHA: *Electrical Safety-Related Work Practices*. Occupational Safety And Health Administration. Washington, DC; revised 1994.

Standardiseringsorganisationer och övriga källor

ABMA—American Bearing Manufacturers Association 2025 M St., NW, Ste. 800 Washington, DC 20036 202-367-1155 Fax: 202-367-2155 Web Site: www.abma-dc.org E-mail: abma@dc.sba.com

ANSI—American National Standards Institute 25 West 43rd St., 4th Floor New York, NY 10036 212-642-4900 Fax: 212-398-0023 Web Site: www.ansi.org E-mail: info@ansi.org

CSA—Canadian Standards Association 178 Rexdale Blvd. Rexdale, ON M9W 1R3 Canada 416-747-4044 Fax: 416-747-2475 Web Site: www.csa-international.org E-mail: certinfo@csa-international.org

IEC—International Electrotechnical Commission * 3, rue de Varembé P. O. Box 131 CH-1211 Geneva 20 Switzerland 41-22-919-02 11 Fax: 41-22-919-03-00 Web Site: www.iec.ch E-mail: custserv@iec.ch

IEEE—Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 3 Park Ave., 17th Floor New York, NY 10016-5997 212-419-7900 Fax: 212-752-4929 Web Site: www.ieee.org

IEEE Operations Center 445 Hoes Lane Piscataway, NJ 08854-1331 732-981-0060 Fax: 732-981-1721

ISO—International Organization of Standardization * 1, rue de Varembé, Case postale 56 CH-1211 Geneva 20 Switzerland 41-22-749-01-11 Fax: 41-22-733-34-30 Web Site: www.iso.org E-mail: central@iso.org

MIL-STD—United States Government Printing Office 710 North Capitol St. Washington, DC 20420 202-512-1800 Fax: 202-512-2250 Web Site: www.gpo.gov Orders Superintendent of Documents P. O. Box 371954 Pittsburgh, PA 15250 Web Site: Bookstore.gpo.gov (Do **not** put “www.” in front of this address)

NEMA—National Electrical Manufacturers Association 1300 North 17th St., Ste. 1847 Rosslyn, VA 22209 703-841-3200 Fax: 703-841-5900 Web Site: www.nema.org E-mail: webmaster@nema.org Publications 703-841-3201 Fax: 703-841-3300

* IEC och ISO standards finns att köpa hos SIS standard

NFPA—National Fire
Protection Association
1 Batterymarch Park
P. O. Box 9101
Quincy, MA 02269-9101
617-770-3000
95-800-844-6058 (Mexico-toll free)
Fax: 617-770-0700
Web Site: www.nfpa.org
Publications
800-344-3555, Option 1
617-770-3000, Option 1
Fax: 800-593-6372
Fax: 508-895-8301

NIST—National Institute of
Standards and Technology
100 Bureau Dr.
Stop 3460
Gaithersburg, MD 20899-3460
301-975-6478
Fax: 301-975-8295
Web Site: www.nist.gov
E-mail: inquiries@nist.gov

UL—Underwriters' Laboratories, Inc.
333 Pfingsten Rd.
Northbrook, IL 60062
847-272-8800
Web Site: www.ul.com
Publications
Comm 2000
1414 Brook Dr.
Downers Grove, IL 60515
888-853-3503
Fax: 888-853-3512
Web Site: www.comm-2000.com
E-mail: orders@comm-2000.com