



WHITEPAPER ESD

KONSEKVENSER AV OTILLRÄCKLIGT ESD-SKYDD



All elektronik är känslig och ingen elektronik går säker från statisk elektricitet. Men vad är egentligen statisk elektricitet och varför vill man undvika det? I Gigants whitepaper "konsekvenser av otillräckligt ESD-skydd" går vi igenom vad ESD är, hur det hör ihop med statisk elektricitet och varför så många branscher upplever oförklarliga elektronikkrascher. Vi lyfter fram ämnet ESD för att sprida kunskap, samt för att ta upp de faktiska riskerna som uppstår om man har ett otillräckligt ESD-skydd.



Friktion, separation och induktion kan lätt förekomma på arbetsplatser som på ett eller annat sätt hanterar elektronik. Det är därför viktigt att vara säker i sitt ESD-skydd.

PROBLEMBESKRIVNING

När uppkommer ESD?

ESD kallas det när elektroner rör sig från ett material med högre spänningsskillnad till något med lägre spänningsskillnad. Läs mer om vad ESD är i bilaga 1. ESD står för Electro Static Discharge, elektrostatisk urladdning på svenska och uppkommer genom:

- Friktion
- Separation
- Induktion

Dessa tre principer ovan är ofta också en förklaring till varför ESD-skador inträffar. Man kan säga att det beror på tre olika händelser som går hand i hand med ovannämnda principer: elektrostatisk urladdning till en enhet (friktion), från en enhet (separation) eller genom fältinducerande urladdningar (induktion), vilket innebär att laddade föremål förs nära varandra utan att röra vid varandra. Olika material är olika känsliga och mottagliga för ESD. Människan känner först en urladdning vid ca 3000 volt medan de känsligaste komponenterna klarar idag endast 20-50 volt, se nedan

några exempel över typiska voltnivåer vid olika luftfuktigheter. Risken för ESD-skador är högre på vintern då luftfuktigheten är lägre jämfört med sommaren. Torr luft medför att spänningar lättare uppstår och utgör en ökad risk för ESD-känsliga föremål.

RISKEN FÖR ESD-SKADOR ÄR HÖGRE UNDER VINTERTID JÄMFÖRT MED SOMMARTID

Huruvida skador uppstår på ESD-känsliga objekt (ESDS) av en ESD-händelse bestäms av enhetens förmåga att avleda energin eller tåla de spänningsnivåer som är inblandade.

Målet med ESD-skydd?

Målet med ESD-skydd är att skapa en kontrollerad urladdning så att elektronerna leds bort i en varsam takt istället för i ett okontrollerat flöde. ESD-skador inträffar alltså vid själva urladdningen, inte uppladdningen. Om ESD exempelvis sker okontrollerat i ett kretskort som bara tål 30-50 V så kan det leda till omedelbara konsekvenser.

Exempel över typiska voltnivåer vid olika luftfuktigheter

Aktivitet	10–25% luftfuktighet	65–90% luftfuktighet
Gå över en matta	35 000 volt	1 500 volt
Arbeta vid ett arbetsbord	6 000 volt	100 volt



Det är viktigt att ha ESD-tåliga produkter som säkrar hela produktionskedjan: Inleverans > Montering > Test > Utleverans.

Var sker ESD?

Om man ser över en vanlig produktion som hanterar ESD-känsliga produkter, består produktionskedjan ofta av: Inleverans > Montering > Test > Utleverans. Högst risk för ESD uppkommer då vid montering och test, eftersom det ofta är där de ESD-känsliga produkterna hanteras. Eftersom statisk elektricitet finns överallt i vår omgivning; på arbetsytor, golv, stolar, kläder, arbetsbord, utrustning etc, är det extra viktigt att ha ESD-tåliga produkter som säkrar dessa områden.

Vilka berörs av ESD?

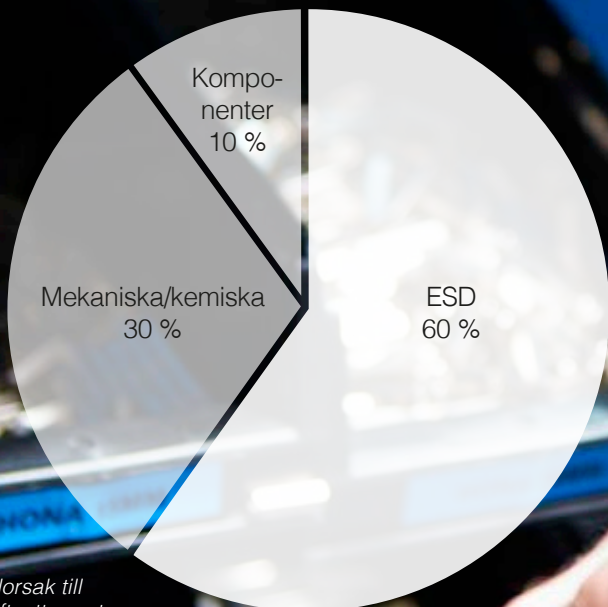
Det är lätt hänt att man bara tror att ESD påverkar elektronikindustrin, men faktum är att ESD finns överallt runtomkring oss och kan därför förekomma i alla tänkbara branscher, på ett eller annat sätt, till exempel i sjukvården, IT-branschen, plastindustrin, flygplansindustrin eller bilindustrin. Därför är det extra viktigt att se över sin industri, antingen själv eller genom att kalla till en expert, för att se om det finns risk för ESD-skador någonstans i produktionskedjan.

ESD:s utveckling?

Eftersom utvecklingen av kretskort har skett så drastiskt under de senaste decennierna har allt tunnare ledare utvecklats med mindre isolationsavstånd. Det vill säga att elektronerna, strömmen, snabbare och mer okontrollerat kan ta sig från den ena änden till den andra. Detta har medfört att kretskorten blivit alltmer känsliga, särskilt under åren 2010-2015, och att risken för ESD-skador ökat. Andra trender som tillkommit de senaste åren är nya halvledarmaterial som ger kraftig skaderisk samt ökad snabbhet hos komponenter som kräver lägre kapacitanser och kortare ledare. Alla dessa trender medför en kraftig skaderisk.

ESD-standarder

Det finns två huvudstandarder som har sitt ursprung i "The International ESD Community", ANSI/ESD S20.20 och IEC 61340-5-1. Dessa standarder borde tas hänsyn till av alla företag som tillverkar eller hanterar ESD-känsliga produkter.



Felorsak till driftsatta system.



PROBLEMBEVISNING

Konsekvenser: Permanenta och latent

Det finns två typer av skador som orsakas av ESD:

- **Permanenta**
- **Latenta**

Antingen upphör funktionen på komponenten direkt vid en urladdning, permanent fel, eller så uppstår ett latent fel. Permanenta fel kan exempelvis ha orsakats av metallsmälta i kretskortet. Latenta fel är däremot kontroversiella och svåra att identifiera. Dessa fel innebär att komponenten skadas utan att funktionen upphör direkt. Resultatet blir att komponenten tidvis fungerar, så kallat intermittent fel, tills den en dag inte längre fungerar som den ska. Man kan se det som att livslängden på produkten förkortas.

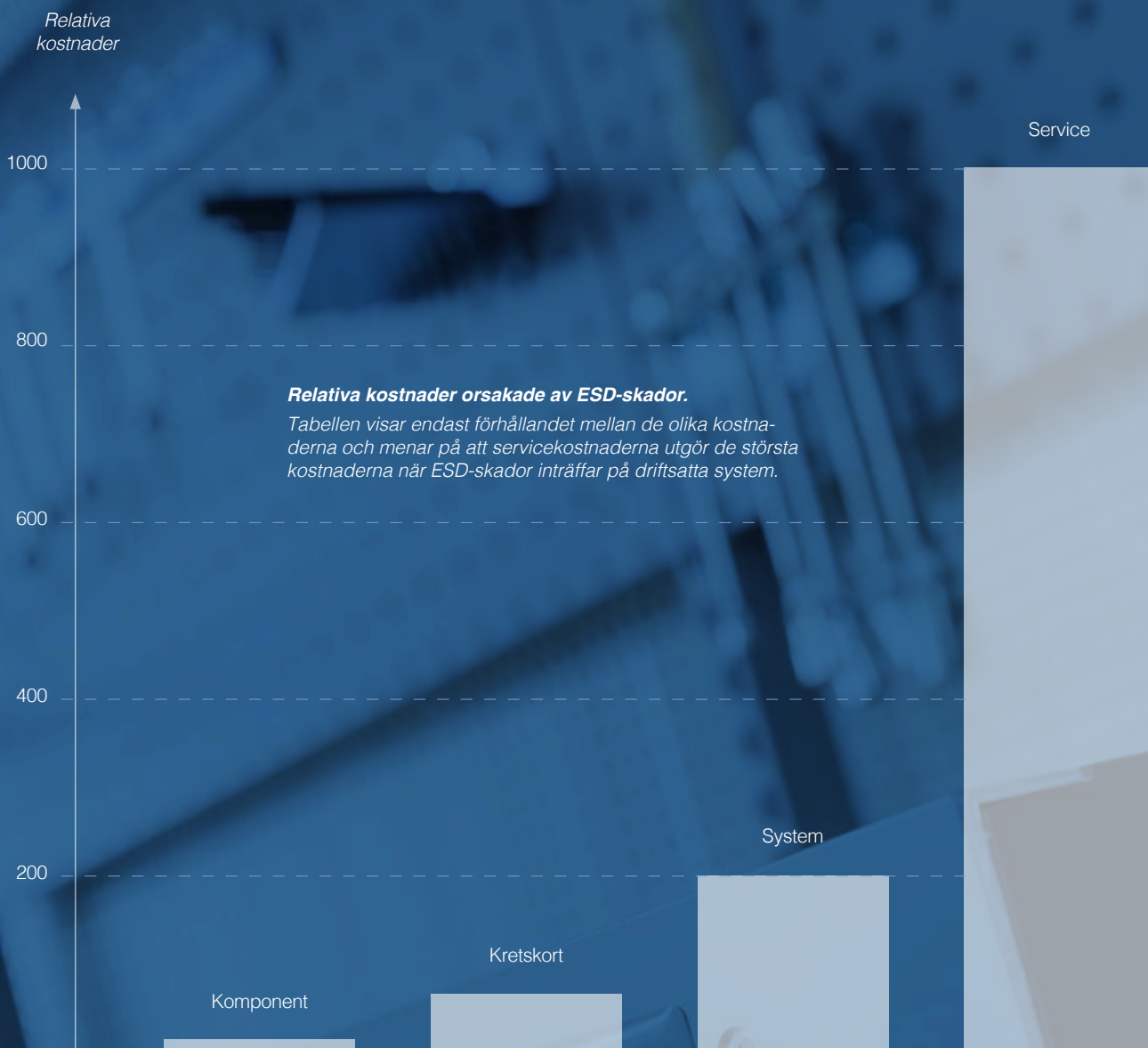
En del kan uppleva ESD som en oförklarlig krasch, eftersom man ofta varken kan se eller känna ESD.

AV ALLA FELORSAKER TILL DRIFTSATTA SYSTEM BEROR 60 % AV ESD

Men det räcker att skjuta av en halv ledare eller att man bara gör en halv kortslutning mot en intelligande ledare. Det kanske bara är en av miljarder transistorer som skjuts bort och det är just den som används när exempelvis en krockkudde ska utlösas i en bil. Av alla felorsaker till driftsatta system beror 60% av ESD och resten på grund av komponentfel eller mekaniska samt kemiska fel. Med driftsatta system menas apparatur där det ingår kretskort.

Konsekvenser: Personligt obehag

Personligt obehag kan uppstå genom att personalen upplever gnistbildningar i sitt dagliga arbete. Detta skapar onödiga risker som sätter den personliga hälsan på spel, eftersom gnistbildningarna kan vara stora som små.



Konsekvenser: Kostnader

ESD påverkar produktionsavkastning, tillverkningskostnader, produktkvalitet, produkttillförlitlighet och lönsamhet. Kostnaden för de skadade enheterna varierar från bara några kronor för en enkel diod till tiotusentals kronor för komplexa integrerade kretsar. När tillhörande kostnader för reparation, omarbetingar och overheadkostnader tillkommer så finns det klart möjligheter till nödvändiga förbättringar.

Många frågar om den "riktiga kostnaden" och vad man egentligen tjänar på att investera i ESD-skydd. Alla som har arbetat med kvalitetsfrågor eller hållbarhetsfrågor i ett stort företag vet att det kan vara svårt att utveckla och presentera en trovärdig information i form av felkostnader. De viktigaste effekterna av att investera i ESD-skydd har ändå

visat sig resultera i färre kassationer, tillförlitligare produktionsprocess, bättre kundintryck och mindre reparationskostnader. Se tabell ovan som visar relativa kostnader vid olika nivåer. Tabellen visar en generell bild av vad varje fel i snitt kostar. Ett fel som uppstått i kretskort kan innebära olika konsekvenser beroende på vilken produkt kretskorten är installerade i. Det kan, som tidigare nämnts, leda till att en krockkudde utlöses när den inte ska det, maskinstopp eller signalfel i tåg. De minsta kostnaderna beräknas vara reparation av komponenter, kretskort eller system (maskiner) medan de största kostnaderna är servicekostnader. Många gånger företag stöter på sådana här fel så tvingas de skicka tillbaka sina produkter till leverantörer för att få sina produkter ersatta. I servicekostnader ingår därför logistik- frakt och administrationskostnader.



LÖSNINGEN

GRUNDLÄGGANDE PRINCIPER

Designa för att skydda

Genom att exempelvis använda mindre känsliga komponenter för ESD. Räkna alltid med att alla komponenter och kort är känsliga för ESD och handskas endast med ESD-känsliga produkter om du är ordentligt jordad. Lagra och transportera alltid ESD-känsligt material i skärmande emballage och lådor.

Definiera kontrollnivå

För att få en uppfattning om känslighetsnivåer kan man göra olika simuleringstest: Human Body Model, (HBM), Charged-Device Model (CDM) och Machine Model (MM). HBM är en simulering som mäter överföring av laddning mellan människo-

kroppen och ESDS (ESD-känsliga produkter), CDM är en simulering som mäter överföring av laddning mellan olika produkter och MM är en simulering som mäter överföring av laddning mellan människo-kroppen och konduktiva material.

Identifiera och definiera EPA-områden

EPA är ett ESD-skyddat område "en definierad plats med de nödvändiga material, verktyg och utrustning som kan styra statisk elektricitet till en nivå som minimerar skador på ESD-känsliga objekt". Se till att det finns EPA överallt där det hanteras ESD-känsliga komponenter. All utrustning som används och är närbart från arbetsytan i EPA-området bör vara avledande.



Minska elektrostatisk laddning

Eliminera så många statiska laddningsgenererande processer eller material som möjligt, speciellt höga laddningsisolatorer såsom plaster och syntetiska föremål. ESD-faran ökar också genom torr luft och vissa aktiviteter som att rulla en stol eller genom att ta i vissa föremål. Koppla ESD-känsliga produkter till jord för att minska laddningsbildning och ansamling. Personal kan exempelvis vara jordade via handledsband som i sin tur är kopplad till jord.

Avleda och neutralisera

Avleda eller neutralisera de elektrostatiska laddningar som förekommer. Hög och jämn luftfuktighet på över 60% RH, korrekt jordning och användning av ledande eller dissipativa material spelar

stor roll. Om man har produkter som fungerar som isolatorer och som är svåra att avleda eller inte tål den höga luftfuktigheten så kan man använda en joniseringsapparat som alstrar joner och neutraliserar objektet.

Skydda produkterna

Införskaffa ESD-produkter som är ESD-tåliga. Skydda produkterna genom att koppla de till jord eller genom att lagra och transportera de ESD-känsliga produkterna i skärmande och ledande lådor eller förpackningar som har ett ESD-skydd. De skärmande materialen har ett metallskikt i sig som förhindrar laddningar och elektriska fält att tränga igenom.

LÖSNINGEN

6 STEG TILL ETT LYCKAT ARBETE

Nedan visas sex punkter för en lyckad ESD-plan. För att kunna genomföra aktiviteterna i de grundläggande principerna är alla dessa sex punkter nödvändiga. De handlar om att skapa rutiner i aktiviteterna och lyckas bibehålla kunskap med stöd av ledningen.

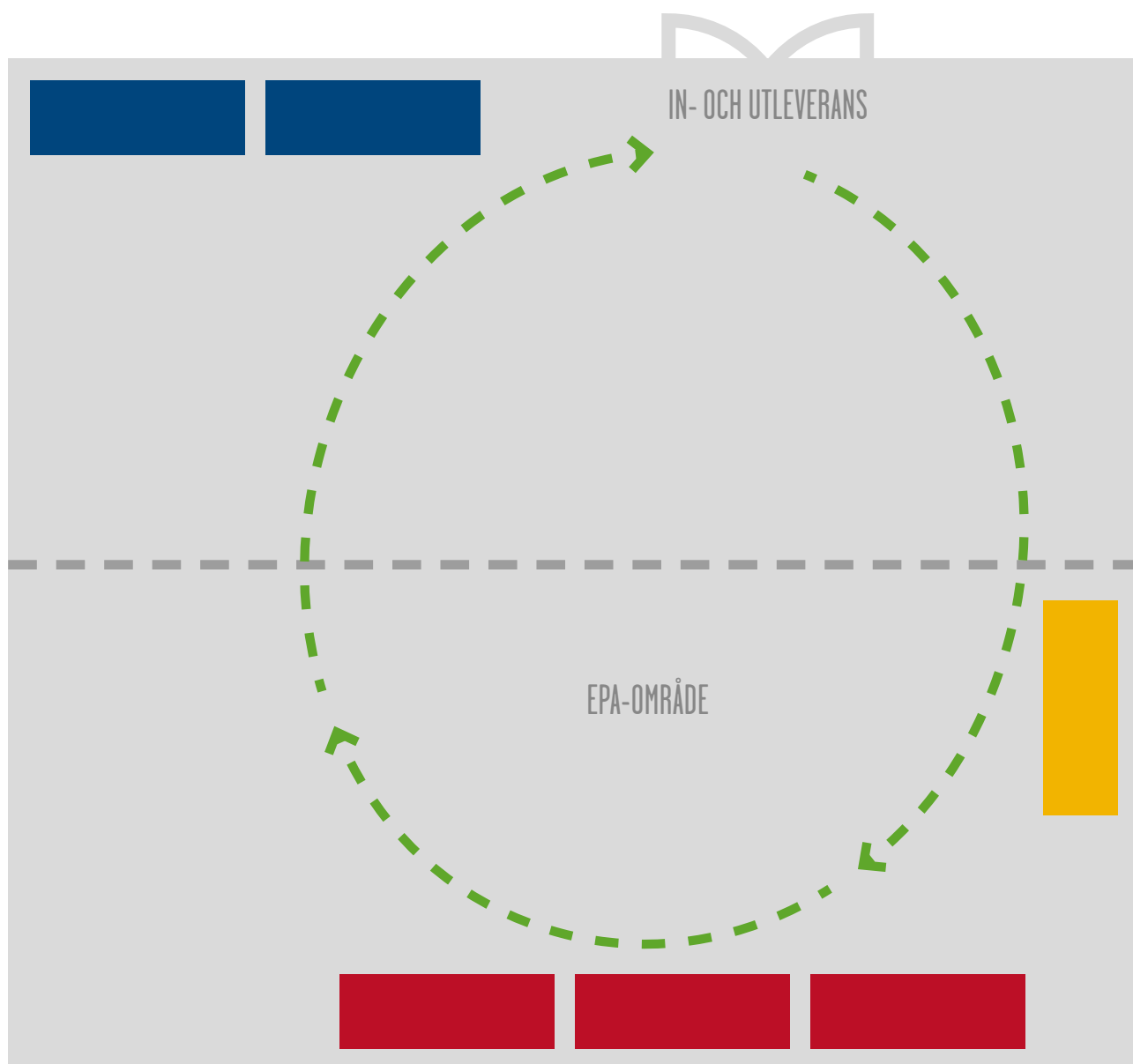


1. ESD-team

Skapa ett ESD-team och en ESD-samordnare som ansvarar för utveckling, budgetering och administration av ESD-programmet. Ett lagarbete gäller särskilt ESD eftersom problemen och lösningarna i de flesta företag korsar olika funktioner, avdelningar, divisioner och leverantörer.

2. Process

Kartlägg produktionen och prioritera de områden som behöver skyddas. Ett ESD-skyddat område, EPA, kan förekomma längs hela produktionskedjan: Inleverans > Montering > Test > Utleverans, men ofta inom montering och test. EPA kan som tidigare nämnts förekomma längs hela produktionskedjan, särskilt inom montering och test. Därför är det viktigt att särskilt säkra dessa områden med tillräckligt ESD-skydd. Nedan följer ett exempel på hur ett välplanerat ESD-flöde kan se ut.



Mellanlager
för utleverans



Förvaring



Arbetsbord



Antistatdraperi
för avskärmning



Flödet

3. Kontrollplan

En kontrollplan innebär att man gör funktionskontroll av ESD-skyddsprodukter regelbundet enligt dokumenterade rutiner, för att se om ESD-skyddsprodukter som finns i produktionen har försämrats eller bibehåller sin funktion. I standarden IEC/TR 61340-5-2 kan

man läsa vilka kontrollintervall som rekommenderas för olika produkter. För att ge konkreta exempel på kravgränser för olika produkter presenteras vanligt förekommande kontrollintervall hos Nordiska elektronikproducerande företag i nedan tabell.

Exempel på kravgränser och kontrollintervall

Produkt	Vanligt förekommande kontrollintervall	Mätinstrument	Nedre gränsvärde	Övre gränsvärde
Förpackningsmaterial	Stickprovskontroll	Fältmätare	-	10 000 V/m
Bänkar**	Var 3:e månad	Resistansmätare	-	1 GΩ
Handledsbånd	Varje dag	Resistansmätning med "skoprovare" eller liknande mätutrustning	-	Visar godkänt respektive underkänt värde (max 35 MΩ)
Stolar**	Var 3:e månad	Resistansmätare	-	1 GΩ
Hyllor**	Var 3:e månad	Resistansmätare	-	1 GΩ
Vagnar**	Var 3:e månad	Resistansmätare	-	1 GΩ

** För dessa ESD-skyddsutrustningar rekommenderas rengöring som en första åtgärd vid underkända mätvärden. Det är viktigt att låta provobjekten torka innan nya mätningar utförs. Därför rekommenderas att vänta minst 4 timmar innan nästa mätning utförs.

Mätinstrument

Det är viktigt att ta hjälp av någon som har rätt mätutrustning och kunskap, för att få korrekta värden. Det är naturligtvis upp till varje företag att se till att kund- eller företagskraven uppfylls vad gäller ESD.

Dokumentation

Funktionskontrollen som görs av de anställda ska registreras och följas upp i företaget. Exempel på protokoll vid funktionskontroll av exempelvis förpackningsmaterial och handledsbånd kan se ut såhär:

Exempel på protokoll över förpackningsmaterialens och handledsbåndens funktion

ESD funktionskontroll av förpackningsmaterial och handledsbånd								
Vid godkänt resultat, skriv signatur i aktuell ruta								
Anst.nr	Namn	År/vecka		År/vecka		År/vecka		Anteckning
		Bord	Stol	Bord	Stol	Bord	Stol	

Dokumentera även de faktiska och potentiella ESD-förlusterna i form av defekta komponenter.

ESD-etikett

På varje ESD-godkänd produkt bör en självhäftan-

de ESD-etikett, svart text på gul bakgrund, placeras. Den ska vara skyddad, men väl synlig på utrustningen. Etiketten bör även tala om när utrustningen godkänts och av vem.



4. Ledningsstöd

För att lyckas med ESD-arbetet krävs det att ESD-programmet får stöd från ledningen, på högsta möjliga nivå. Det krävs engagemang och förståelse för kvalitet, produktprestanda, tillförlitlighet och kostnadsbesparingar. Alla företag bör därför förbereda en kort företagspolicyförklaring om ESD-kontroll.

5. ESD utbildnings- och träningsplan

Skydda produkter från effekterna av ESD-skador börjar genom att förstå begreppen kring elektrostatiska laddningar och urladdningar. Ett effektivt ESD-program kräver ett produktivt träningsprogram där all inblandad personal förstår de centrala begreppen. Utveckla och genomför en utbildningsplan. Omskola personalen i ESD-kontroll. Utbildningen bör innehålla ett test eller annan metod för att kontrollera förståelse.

6. Verifiering

Steg 6 går ut på att granska, revidera, analysera, få feedback och förbättra. Revision är viktigt för att säkerställa att ESD-kontrollprogrammet är lyckat. ESD-samordnaren bör kontinuerligt identifiera avkastningen på investeringen av programmet, för att motivera besparingarna. Designa därför en verifieringsplan som ESD-samordnaren kan jobba efter.

Gigant ger stöd

Gigants största styrka gällande ESD-projekt är att vi hjälper våra kunder att se helheten kring ESD. Vi besöker våra kunders produktionslokaler för att se hur långt de kommit med sitt ESD-arbete. För oss är viktigt att inte missa någon lucka i produktionskedjan Inleverans > Montering > Test > Utleverans, för att säkerställa säkrade EPA-områden. Vi anser även att utbildning är den viktigaste delen och därför erbjuder vi grundutbildning för de som behöver komma igång med sitt ESD-arbete. Vi har även ett brett sortiment av ESD-produkter.



GIGANT

Vill du också investera i ett säkrare ESD-arbete? Prata med Gigant.

SAMMANFATTNING

Konsekvenserna av otillräckligt ESD-skydd varierar beroende på hur mottaglig och känslig ESD-komponenterna är för urladdning. Det kan innebära latent eller permanenta fel, personligt obehag och höga servicekostnader. För att undvika detta krävs att man har ett genomtänkt flöde i sin produktion och ESD-skyddade områden (EPA) på ett samlat område i produktionen. Det krävs även att man följer de grundläggande principerna samt de 6 stegen för ett lyckat ESD-arbete. För de företag som behöver stöd i sitt ESD-arbete finns det möjlighet att ta hjälp av experter, framförallt för att bli utrustad med rätt arbetsplatsutrustning och utbildning.

Referenser

<https://www.ESD-a.org/about-ESD-/ESD-fundamentals/>
(Part 1-6)

<http://incompliancemag.com/article/the-great-cost-of-ESD-damage/>

<http://www.ESD-nordic.com/fakta-om-ESD->

<http://www.sweclockers.com/artikel/18813-ESD-eller-elektrostatiska-urladdningar-ingen-myt-i-datorvarlden>

<http://www.esdnordic.com/>
(Funktionskontroll av ESD-skyddsutrustning och Why Static Charge Builds Up on People)

VAD ÄR ESD?

För att svara på frågan vad ESD är behöver vi förstå hur elektroner beter sig. All materia består av atomer som i sin tur innehåller positivt laddade protoner, neutrala neutroner och negativt laddade elektroner. Dock är det bara elektronerna som kan vandra iväg i de, från början, oladdade atomerna. När de negativt laddade elektronerna flyr från atomerna får atomerna ett underskott på elektroner och blir positivt laddad. Då atomerna tar emot fler elektroner så får de ett överskott på elektroner och blir negativt laddad. Olika atomer har olika kemiska egenskaper och beter sig därför olika. Vissa atomer har en särskild tendens att attrahera elektroner medan andra atomer hellre vill bli av med elektroner.

Elektronerna kan vandra från atomerna på olika sätt genom friktion, separation eller induktion. När något eller några av dessa principer uppstår får elektronerna chansen att vandra iväg från det ena materialet till det andra. Då en person exempelvis går över ett golv eller arbetar vid en bänk kan både friktion och separation uppstå mellan personen och golvet. Detta innebär att personen som går över golvet får ett överskott på elektroner, vilket bygger upp laddningar på flera tusen volt. Det kan även bildas andra elektriska fält på avstånd utan direktkontakt beroende på hur stor laddning de uppladdade materialerna genererar, vilket kallas induktion.

Självklart är elektronövergången inte så enkel som vi beskriver den här, utan mer komplex. Hur mycket laddning ett material genererar beror på kontaktytan, separationshastighet, relativ fuktighet, materialets kemiska egenskaper, förmåga och tendens att vilja attrahera eller ge ifrån sig elektroner samt en mängd andra faktorer.

När elektronerna väl befinner sig i ett ledande material kan de flyta in i den ena änden och ut i den andra, detta kallar vi för en ström. Om elektronerna hamnar i ett oledande material kan de inte förflytta sig utan blir kvar där de lagts. De är då statiska, det vill säga orörliga, därav namnet statisk elektricitet.

Om det blir väldigt många elektroner på samma ställe, i det här fallet i personen som gick över golvet och byggde upp laddningar, så trängs elektronerna och vill därifrån till ett ledande material. Ofta vill de till jord, antingen via luften med hjälp av luftfuktigheten som gör att luften blir mer ledande, eller via andra material. Detta fenomen, när elektroner rör sig från ett material med högre spänningsskillnad till något med lägre spänningsskillnad kallas för ESD, Electro Static Discharge, elektrostatisk urladdning på svenska.

Det är inte farligt att gå omkring med höga laddningar, däremot finns det en risk att urladdningar skapas om man kommer i kontakt med ESD-känsliga föremål som inte tål den okontrollerade urladdningen.

Om den uppladdade personen som vi nämnde tidigare hade tryckt på en ojordad hissknapp, så hade hen säkerligen känt en urladdning om den var mer än 10 000 V. Denna gnista uppstår på grund av den elektrostatiska urladdningen på ett ledande material, i det här fallet hissknappen som var både känslig och mottaglig för ESD, och som inte kunde leda elektronerna vidare till jord.

ORDLEXIKON

Resistans

Motstånd, ett visst slag av strömbegränsande förmåga hos en elektrisk krets.

Konduktiv

Ledande.

Dissipativ

Som konduktiv, men avledningsförmågan till jord är lägre.

Isolator

Material med en ytesistans eller volymresistans med ett motstånd större än 1×10^{11} ohms.

Jon

Atom eller molekyl som har ett överskott eller underskott av elektroner.

Atom

Den minsta enheten av ett grundämne som består av positivt laddade protoner, neutrala neutroner, samt negativt laddade elektroner.

FÖRKORTNINGAR

ESD

Electro Static Discharge, elektrostatisk urladdning.

ESDS

Electro Static Discharge Sensitive Items, ESD-känsliga produkter.

EPA

Electro Protective Area, ESD-skyddat område.

HBM

Human Body Model, simulering som mäter överföring av laddning mellan människokroppen och ESD.

CDM

Computer Device Model, simulering som mäter överföring av laddning mellan olika produkter.

MM

Machine Model, simulering som mäter överföring av laddning mellan människokroppen och konduktiva material.