ESD - ElectroStatic Discharge, Elektrostatický výboj

Obsah

- Definice a zkratky 4
- Normativní odkazy a literatura 4
- Vznik elektrostatického náboje 8
- Charakteristika materiálů z hlediska udržení elektrostatického náboje 3
- Poruchy elektronických součástek způsobené ESD 2
- Citlivost součástky na elektrostatický výboj 2
- HBM – Model lidského těla 4
- MM model – Strojový model 2
- CDM – Model nabíjené součástky 2
- Klasifikace součástek podle jejich ESD odolnosti 2
- Obecné principy ochrany před ESD 3
- Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku 16
- Značení a symboly 3
- Zásady pro vytvoření efektivního programu potlačování ESD v podniku 4
- Ověřování funkčnosti systému ochrany proti ESD 2

Definice a zkratky

- **Statická elektřina**

  je definovaná jako elektrický výboj způsobený nerovnováhou elektronů na povrchu materiálu, vytvářející měřitelné elektrické pole, které působí na objekty v jeho blízkosti.

Definice a zkratky

- **ESD (ElectroStatic Discharge).** Elektrostatický výboj je definován jako přenos náboje mezi tělesy s různými elektrickými potenciály, který byl vyvolán přímým kontaktem, nebo indukován elektrostatickým polem.

Definice a zkratky

- **ESDS (Electrostatic Discharge Sensitive Device) je součástka citlivá na elektrostatický výboj:**
- diskrétní součástka, integrovaný obvod nebo sestava, která může být poškozena elektrickými poli, nebo elektrostatickým výbojem, který se vyskytuje při běžné manipulaci, zkoušení a přenášení.

Definice a zkratky

- **EPA (ESD Protected Area)**

  je vyhrazený prostor, ve kterém lze manipulovat se součástkami ESDS s přijatelným rizikem poškození, které souvisí s elektrostatickým výbojem, nebo poli.

Normativní odkazy a literatura

- **Elektrostatika ČSN EN 61340 – X-X**

  je soubor 11 norem popisující:

  Všeobecné požadavky, Uživatelský návod, Standardní zkušební metody pro specifické aplikace,

  Metody simulace a měření elst. jevů a Standardní zkušební metody pro specifické aplikace

Normativní odkazy a literatura

- **ANSI/ESD S20/20-2007**

  ESD Association Standard for the Development of an Electrostatic Discharge Control Program for – Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment

  (excluding Electrically Initiated Explosive Devices)

Normativní odkazy a literatura

- **SAE J1645 – September 2004**

  This SAE Surface Vehicle Recommended Practice explains electrostatic charge phenomena that may occur in automotive fuel systems

Normativní odkazy a literatura

- Electrostatic Discharge Association Fundamentals of ESD from ESDA

  www.esda.org
- Seven habits of a highly effecive ESD Program from

  Electrostatic Solutions Ltd

  www.electrostatics.net

Vznik elektrostatického náboje Historie a současnost

- 1400 – záznamy o používání prostředků k ochraně skladů černého prachu v evropských a karibských námořních pevnostech
- 1860 – papírny v USA používali zemnění, ionizaci pomocí plamene a parní válečky k rozptýlení statického náboje vznikajícího při průchodu pásu papíru sušícím procesem

Vznik elektrostatického náboje Historie a současnost

- Člověk cítí výboj až od 2000 až 4000 V, ale mnohem menší napětí může poškodit citlivé elektronické součástky
- Výboj nebezpečný pro elektronické součástky není vidět ani cítit

  (nebudeme se zabývat blesky, koronou atd.)
- Nové technologie zpravidla snižují ESD odolnost elektronických sestav

Vznik elektrostatického náboje Triboelektrické nabíjení

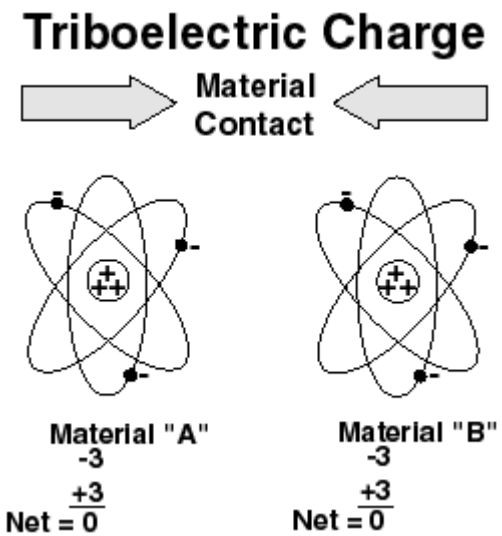
- **Triboelektrické nabíjení**

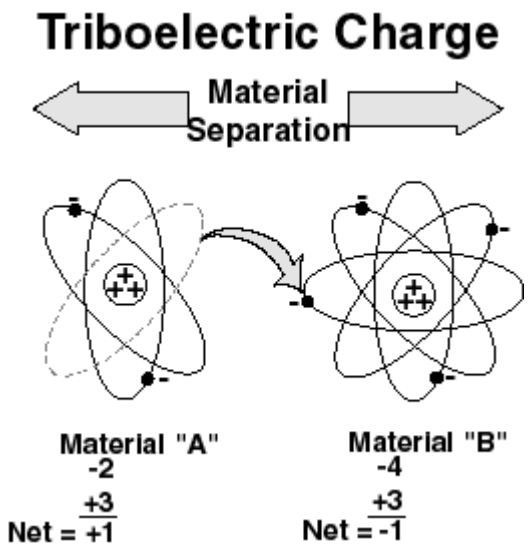
  jev, při kterém je náboj generován kontaktem a oddělením dvou povrchů, které mohou být tuhé, kapalné nebo částice přenášené plynem.

  např.: kráčející osoba po podlaze, elektrická součástka vkládaná, nebo vyjímaná z obalu, součástka pohybující se v zásobníku osazovacího stroje apod.

Vznik elektrostatického náboje Triboelektrické nabíjení

Znázornění vzniku elektrostatického náboje (2001, ESD Association, Rome, NY





Vznik elektrostatického náboje Triboelektrické nabíjení

- Vztah jednotlivých veličin :

  Q = C x U

  Q…… náboj [C]
  C…… kapacita tělesa/objektu [F]
  U…… potenciál [V]

Častěji, než náboj se uvádí hodnota elektrického potenciálu ve voltech

Při konstantním náboji se potenciál zvyšuje při snižování kapacity, zvednutím PE sáčku se zvedne jeho napětí několikanásobně.

Potenciál a kapacita jsou pro izolovaná vodivá tělesa důležitými parametry a musí být specifikovány pro jejich porovnatelnost s ohledem na citlivost ESDS součástek
($E = O,5\ CU^2$)

ČSN EN 61340-5-2, příloha EE

Vznik elektrostatického náboje Triboelektrické nabíjení

- **Velikost náboje** závisí zejména na:
- velikosti plochy kontaktu materiálů
- rychlosti oddělení
- relativní vlhkosti okolního vzduchu – s větší relativní vlhkostí se podstatně snižuje velikost generovaného náboje
- druhem materiálů podle velikosti a polarity náboje vytvořeného při jejich kontaktu a oddělení - viz triboelektrická serie
  - materiály dál od sebe v tabulce generují větší náboj, než ty sousedící

Vznik elektrostatického náboje Triboelektrické nabíjení

- Příklad triboelektrické řady

Table 3
Typical Triboelectric Series

+ **Positive**	Rabbit fur, human body Glass Mica Human Hair Nylon Wool Fur Lead Silk Aluminum Paper COTTON
Negative -	Steel Wood Amber Sealing Wax Nickel, copper Brass, silver Gold, platinum Sulfur Acetate rayon Polyester Celluloid Silicon Teflon

Vznik elektrostatického náboje další možnosti

- indukcí v elektrostatickém poli

  náboj zde nevzniká, ale dochází k polarizaci vodivého tělesa

- bombardování ionty - ionizace

- kontaktem s jiným nabitým tělesem

Charakteristika materiálů z hlediska udržení elektrostatického náboje

- **Izolační materiály**

  Zabraňují, nebo značně omezují tok elektronů po jejich povrchu, nebo jejich objemem tak, že dokonce jak pozitivní, tak negativní náboj se na nich současně udrží po velmi dlouhou dobu

- **povrchová rezistance je > 1 x 10^{11} Ω**

Charakteristika materiálů z hlediska udržení elektrostatického náboje

- **Elektrostaticky vodivé materiály**

  Elektrony se v nich snadno pohybují, mají nízký elektrický odpor. Náboj se na nich rovnoměrně rozloží po jejich povrchu a snadno se přenese na jiný vodič a ten, když je uzemněn. náboj odvede – neutralizuje ho.

- **povrchová rezistance je**

  $\geq 1 \times 10^2\ \Omega$ a $< 1 \times 10^5\ \Omega$

Charakteristika materiálů z hlediska udržení elektrostatického náboje

- **Elektrostaticky ztrátové – disipativní materiály**

  Svým elektrickým odporem se nacházejí mezi izolačními a vodivými materiály, elektrony se v nich mohou pohybovat podle hodnoty jejich odporu. Přenos náboje je mnohem rychlejší než u izolantů, ale pomalejší než u vodičů

- **povrchová rezistance je**

  $\geq 1 \times 10^5\ \Omega$ a $< 1 \times 10^{11}\ \Omega$

Poruchy elektronických součástek způsobené ESD

- **Katastrofické / totální**

  dielektrický průraz - napětí napříč oxidové vrstvy přesáhne hodnotu dielektrické pevnosti, nebo

  tepelný půraz - spojovací materiál, nebo přímo přechod na čipu se roztaví, což závisí především na energii impulzu, jeho tvaru a trvání

  Tyto poruchy se zjistí při finálním testu před odesláním zařízení / součástky odběrateli

Poruchy elektronických součástek způsobené ESD

- **Latentní / potenciální**

  částečná degradace součástky, která však neovlivňuje funkci v době expedice, ale snižuje se požadovaná odolnost proti ESD a dále životnost a dlouhodobá spolehlivost

  Tyto poruchy jsou nákladné na opravy a mohou způsobit další vady zařízení, jehož jsou součástí.

Citlivost součástky na elektrostatický výboj

Porucha součástky nastane, když je součástka:

- nedostatečně odolná proti ESD výboji a nebo
- když není schopná výboj rozptýlit

Definice :

Prahová napěťová citlivost součástky ESDS:

maximální napětí, při kterém součástka ESDS není nijak poškozena elektrostatickým výbojem

Prahová napěťová citlivost sestavy ESDS:

nejcitlivější součástka ESDS v sestavě

Citlivost součástky na elektrostatický výboj – modely HBM, MM, CDM

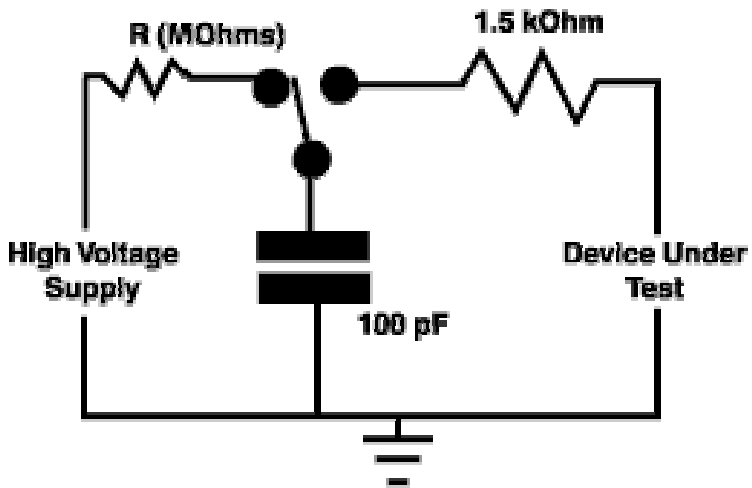
- Jsou **normalizované 3 základní modely**, které podle zkušeností pokrývají 95% všech reálných poruch vlivem ESD.

  - umožňují **klasifikovat citlivost** součástek , která je základním vstupní veličinou pro vytvoření systému ochrany před ESD při vývoji a výrobě elektronických sestav
  - **porovnávat** jednotlivé součástky mezi sebou
  - **vyvinout a ověřit** vhodnou ochranu přímo na čipu
  - normalizované testovací postupy zaručují **spolehlivost a opakovatelnost výsledků**

HBM – Human Body Model
Model lidského těla

- Představuje nejčastější případ přímého přenosu elektrostatického náboje z lidského těla do vývodů ESDS součástky

  Principiální schéma



HBM – Human Body Model
Model lidského těla

- **Normalizovaný proudový impulz** o různých úrovních se v automatických testovacích zařízeních postupně zavádí do jednotlivých vývodů (proti napájení, nebo zemi) a zjišťuje se nejvyšší napětí při kterém nedojde k poruše součástky (curve tracer)

  Časové průběhy elektrostatického výboje pro model lidského těla (HBM) je v **ČSN EN 61340-3-1**, která dále stanoví následující parametry :

  - rozsah výběru
  - počet impulsů
  - interval mezi impulsy
  - úrovně namáhání napětím
  - zkušební teplota a vlhkost
  - meze hodnotícího parametru, který představuje nesplnění zkoušky odolnosti proti ESD

  Porucha součástky po provedené zkoušce je definované jako jakékoliv nesplnění příslušných parametrů specifikace.

HBM – Human Body Model
Model lidského těla

- Základní třídění polovodičových součástek podle HBM ESD odolnosti je v IEC 60749-26

Třída	Napěťový rozsah
0	$U < 250$ V
1A	250 V $\leq U < 500$ V
1B	500 V $\leq U < 1\,000$ V
1C	$1\,000$ V $\leq U < 2\,000$ V
2	$2\,000$ V $\leq U < 4\,000$ V
3A	$4\,000$ V $\leq U < 8\,000$ V
3B	$8\,000$ V $\leq U$

HBM – Human Body Model
Model lidského těla

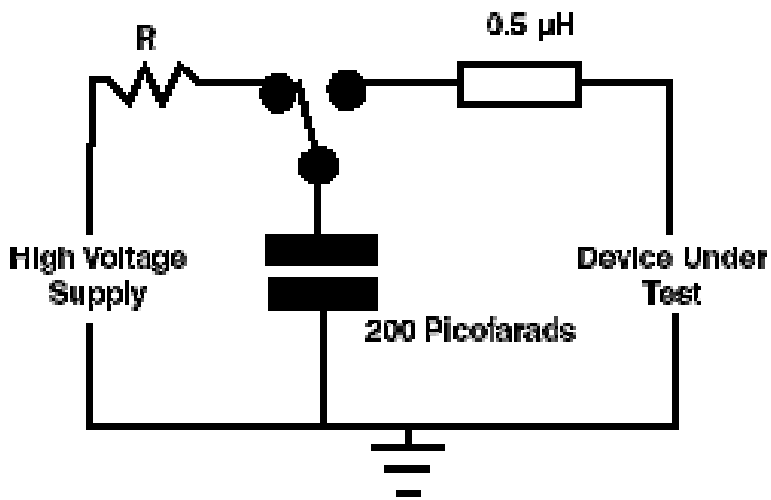
- Typy součástek a jejich HBM odolnost –ČSN EN 61340-5-2 příloha C

Typ polovodiče	Typická napěťová citlivost podle modelu lidského těla V		
Velmi citlivé speciální díly (vyžadují doplňková opatření, které jsou mimo předmět IEC 61340-5-1)	10	až	100
Výkonové MOSFET	100	až	300*
MOS VLSI navržené před 1990	400	až	1 000
Moderní VLSI (návrhový cíl alespoň 2 000)	1 000	až	3 000
HC a podobné rody (*families*)	1 500	až	3 000
CMOS B řady	2 000	až	5 000
CMOS A řady	1 000	až	2 500
Lineární MOS	800	až	4 000
Malá geometrie, zastaralé bipolární	600	až	6 000
Malá geometrie, moderní bipolární	2 000	až	8 000
Výkonové bipolární	7 000	až	25 000
Vrstvový rezistor	1 000	až	5 000
* Podle tabulky se jeví výkonové MOSFET velmi zranitelné, avšak větší kapacity větších součástek v této oblasti pomáhají tyto díly udržet jako méně citlivé k poškození.			

MM model – Machine Model
Strojový model

- Představuje **výboj z nabitého vodivého zařízení**, nebo testovacích přípravků (in-circuit testery).

  Principiální schéma



MM model – Machine Model
Strojový model

Zkušební proud představuje **oscilující tlumené kmity** jejichž parametry jsou uvedeny v ČSN EN 61340-3-2.

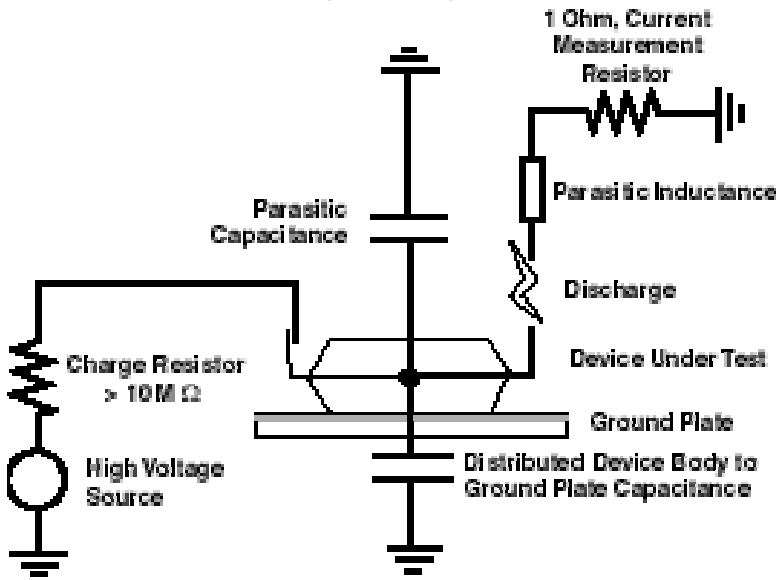
Základní třídění polovodičových součástek podle MM ESD odolnosti je v IEC 60749-27

Třída	Napěťový rozsah
M1	$U < 100$ V
M2	100 V $\leq U < 200$ V
M3	200 V $\leq U < 400$ V
M4	400 V $\leq U$

CDM – Charged Device Model testing
Model nabíjené součástky

Model představuje **přenos náboje z nabité součástky**, který může být i více destruktivní než podmínky HBM modelu, protože výboj je sice velice krátký (ns), ale proudová špička dosahuje desítek ampérů

Principiální schéma CDM, (CDS)



CDM – Charged Device Model testing
Model nabíjené součástky

- Další potřebné informace jsou uvedeny v ČSN EN 61340-3-3 a klasifikace je uvedená v IEC 60749

Třída	Napěťový rozsah
C1	$U < 125$ V
C2	125 V $\leq U < 250$ V
C3	250 V $\leq U < 500$ V
C4	500 V $\leq U < 1\,000$ V
C5	$1\,000$ V $\leq U < 1\,500$ V
C6	$1\,500$ V $\leq U < 2\,000$ V
C7	2000 V $\leq U$

Klasifikace součástek podle jejich ESD odolnosti

- Pro úplnou klasifikaci odolnosti ESDS součástky potřebuji znát všechny 3 úrovně odolnosti podle modelů HBM, MM, CDM,
- Jsou to základními vstupní údaje pro vytvoření funkčního systému ochrany před ESD podle toho, jestli je součástka vkládaná ručně, strojně, nebo je třeba zavést speciální prostředí.

Klasifikace součástek podle jejich ESD odolnosti

- Tento **klasifikační systém** je třeba považovat pouze za **vodítko**, ne jako absolutní podmínku.
- Umožňuje **porovnat** jednotlivé součástky mezi sebou a jsou **výchozím bodem** pro vytvoření konkrétního **programu na potlačení ESD.**

Obecné principy ochrany před ESD

Murphy's law : No matter what we do, static charge will try to find a way to discharge

- 6 základních principů:

1. **Navrhovat zařízení s ohledem na jejich odolnost vůči ESD**:

   - používat méně citlivé součástky, nebo chránit součástky na vstupu, na deskách, v zařízeních

2. **Definovat si potřebnou úroveň ochrany u mého výrobku a prostoru, kde ho vyrábím** :

   - zjistit si jaká je odolnost používaných součástek a stav výrobních zařízení a prostor

Obecné principy ochrany před ESD

3. **Zjistit a definovat vyhrazené prostory EPA**

   - zde lze manipulovat s elektronickými součástkami, protože všechny vodivé a rozptylující materiály včetně personálu jsou propojeny na společný zemní potenciál

4. **Vyloučit, nebo snížit vytváření a akumulaci elektrostatického náboje**

   - odstranit všechny materiály, které mohou při manipulaci generovat, nebo akumulovat statický náboj (krabice, plastické obaly, lahve, kelímky atd.)

   - udržovat zařízení na stejných elektrostatických potenciálech, nejlépe potenciálu země

   - uzemnit osoby přes náramky, propojit pracovní povrchy a podlahy se zemí

Obecné principy ochrany před ESD

5. **Rozptýlit, nebo neutralizovat ty náboje, které přesto vzniknou**

   - základem je dobré uzemnění obsluhy a pracovního prostoru (vodivé materály)

   - u izolantů je nutno použít ionizace, kdy kladné a záporné ionty neutralizují nabitý povrch izolantu

6. **Ochránit součástky v zařízení**

   - uzemnit součástky a zařízení a tím zabránit jejich poškození při náhodném vznik elektrostatického výboje

   - použít speciální obaly, které odstíní součástky od náboje a redukují náboj způsobený pohybem součástek v balení (sáček, krabice, kontejner)

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku

Vstupní údaje :

1. Definovaná citlivost součástek a sestav
2. Jaké oblasti výrobního procesu potřebují ochranu před ESD a jaký stupeň ochrany je pro ně potřebný.

Typické oblasti se zvláštním režimem (EPA) :

Příjem zboží, vstupní kontrola, skladování, montáž, testování, výzkum a vývoj, balení, opravy v poli / u uživatele, laboratoře, čisté prostory

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku

- Všechny normy, které doporučují konkrétní hodnoty např. ochranných odporů, uvažují s nejnižší odolností elektronických součástek 100 V dle HBM modelu. Mají-li součástky nižší prahovou citlivost, je třeba doporučenou ochranu ověřit a případně nahradit vlastním systémem

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku-zemnění

- Je nejúčinnější ochranou před ESD a spočívá v přivedení všech ESD ochranných prostředků a personálu na stejný potenciál blížící se nule.
- Nevodivé materiály a konstrukce v EPA nemohou ztratit svůj náboj uzemněním,

  je nutné je ošetřit jiným způsobem

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku-zemnění

- Provádí se obvykle ve 2 stupních:

1. propojí se všechny části pracovní oblasti – pracovní plocha, podlaha, zařízení, obsluha atp. na společný uzemňovací svorku (EBP) prostoru EPA (EPA ground bonding point)
2. tato uzemňovací svorka se propojí se zemnící svorkou zařízení, nebo se zemněním síťového přívodu nízkého napětí, na kterou jsou všechny pomocné zemniče zpravidla již připojeny (vodovodní potrubí, vodivé konstrukce budovy, regály apod.)

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku-zemnění

- **Uzemnění osob**

  Lidé jsou prvotními generátory statického náboje při chůzi a pohybech při výrobě manipulaci a opravách výrobků s ESDS.

  Podmínka správné funkce je **trvalé a kvalitní spojení se zemí** – doporučuje se denní testování, nebo trvalé monitorování.

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku-zemnění

Hlavní ochranou pro osoby, zajišťují bezpečné převedení, nebo rozptýlení statického náboje do země jsou **náramky.**

Tvoří je : manžeta kolem zápěstí

zemnící kablík, standardně s odporem

1 MΩ , 0.25 W, 250V

- **Rezistance** nasazeného náramku k zemi EPA nebo k uzemnitelnému bodu

$7{,}5 \times 10^5\ \Omega \leq Rg \leq 3{,}5 \times 10^7\ \Omega$

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku-zemnění

- **Podlahy, podlahové krytiny a obuv.**

  Používají se tam, kde se pracovníci musí pohybovat a nemohou nosit náramky. Systém zabraňuje triboelektrickému nabíjení a minimalizuje akumulaci náboje na pohybujících se vozíkách, židlích apod., které však musí být s nimi vodivě spojeny

  Obuv je buď speciální ESD obuv s předepsanou hodnotou odporu, nebo se používají ESD pásky pro špičky i paty, nebo ESD návleky – hodnoty odporů dle ČSN EN 61340.

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku-zemnění

- **Oděvy**

  Jedná se o vesty, trička, pláště, pokrývky hlavy, návleky na prsty, rukavice a slouží k rozptýlení statického náboje a zabraňuje jeho akumulaci zvláště ve velmi suchém prostředí a čistých prostorech - hodnoty odporů dle ČSN EN 61340

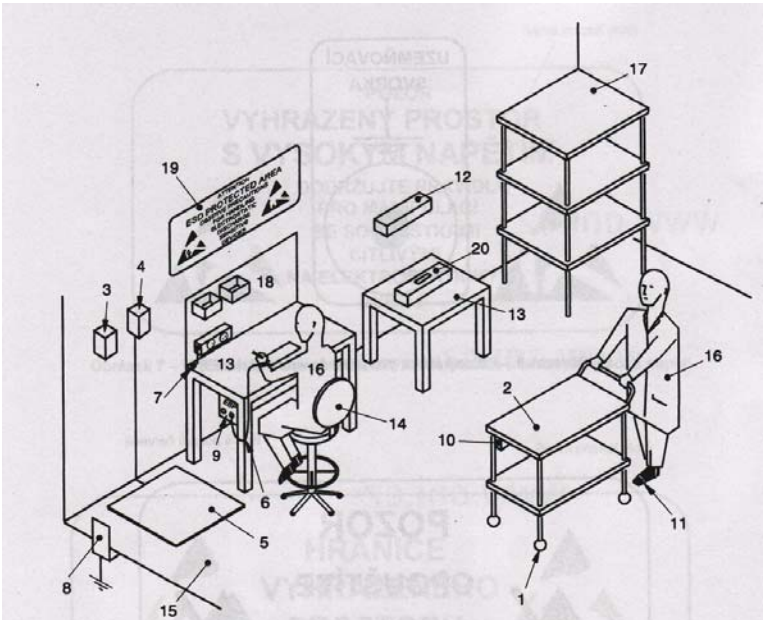
Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku-zemnění

- **Pracoviště EPA**

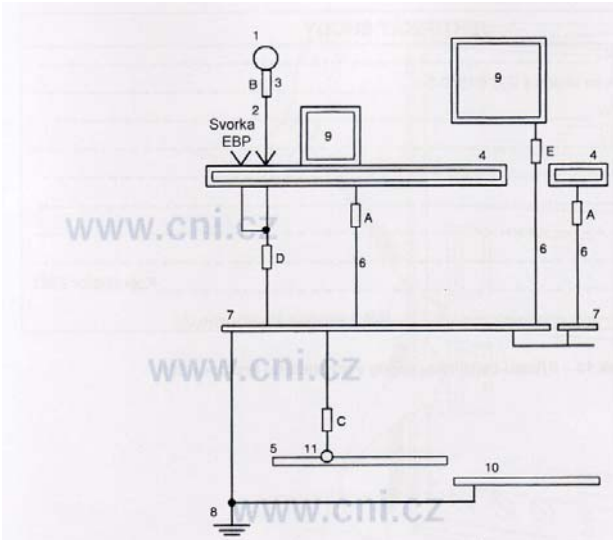
  Typickým příkladem je **pracovní stanice pro jednotlivce,** která může být umístěna podle potřeby v montáži, ve skladu na opravárenském stanovišti, pro opravy v terénu (přenosné provedení) nebo v čistých prostorech.

  Prostor musí být označen – nápisy barevné značení na zemi, včetně označení hranice, kde je vyhrazený prostor opuštěn – viz používané symboly

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku - EPA



1	Uzemnitelná kolečka	11	Ochranná obuv ESD
2	Uzemnitelný povrch	12	Ionizátor
3	Zkoušeč náramku - musí být umístěn vně prostoru EPA	13	Pracovní povrchy
4	Zkoušeč obuvi - musí být umístěn vně prostoru EPA	14	Sedadlo s uzemnitelnými nohami a opěradlem
5	Deska zkoušeče obuvi	15	Podlaha
6	Kabel náramku a pásek náramku (náramek)	16	Oděv
7	Zemnicí kabel prostoru EPA	17	Police s uzemněnými povrchy
8	Uzemnění EPA	18	Uzemnitelný držák
9	Uzemňovací svorka (EBP)	19	Nápis prostoru EPA (viz obrázek 6)
10	Uzemnitelný bod vozíku	20	Pájecí zařízení



1	Systém připojení náramku
2	Kabel náramku, náramek
3	Diskrétní rezistor
4	Pracovní povrch
5	Připojená rohož na podlaze
6	Uzemňovací kabel prostoru EPA
7	Uzemňovací rozvod prostoru EPA
8	Uzemnění EPA
9	Vodivé nebo ztrátové předměty
10	Podlaha chránící součástky ESD
11	Uzemnitelný bod rohože

Hodnoty rezistance A, C, D, E povrchu k uzemnění EPA a rezistance uzemňovacího kabelu B jsou definovány v tabulce 1. Mohou to být diskrétní rezistory, jak je ukázáno na obrázku, rezistance vlastního materiálu nebo jejich kombinace, s výjimkou uzemňovacího kabelu, kde je požadován diskrétní rezistor (rezistory).

www.cni.cz

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku - ionizátory

- Používají se k **neutralizaci náboje** v případech, kde nelze provést uzemnění vodivých částí a v případě neutralizace náboje na nevodivých předmětech.
- Ionizátory dodávají stejné množství kladných i záporných iontů generovaných z okolního vzduchu a

  lze je tedy **použít i v čistých prostorách**, kde nelze použít chemické spreje a některé elektrostaticky ztrátové materiály.
- Ionizační systémy by **neměly být používány jako primární prostředek potlačování náboje na vodičích, nebo lidech.**

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku - ionizátory

Poznámka :

Neutralizace je pomalý proces trvající až 20 sec, takže neochrání rychle se nabíjející předměty a jestliže není správně udržován, aby dodával stejné množství kladných i záporných iontů, může zanechat na předmětech náboj stovek voltů

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku - ionizátory

- **Typy ionizátorů**

  - **Jaderné** ionizátory (polonium 210

  ionty jsou do pracovní oblasti dodávány proudícím vzduchem

  - **AC, DC systémy** pracující s vysokým napětím, vytvářejí elektrostatické pole, obvykle jsou montovány na výstup ze systému dodávání vzduchu
- **Používání ionizátorů**
  - Ionizace místnosti
  - Stolní ionizátory s laminárním tokem
  - Ionizace pracovního povrchu, nebo přímo místa použití

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku – ochranný obal

- Kromě mechanické ochrany má obal chránit ESDS součástky od triboelektrického nabíjení, přímého výboje a odstínit je od vnějšího elektrostatického pole.

  Jedná se o plastické sáčky, kartonové krabice a přepravky.

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku – ochranný obal

Rozlišují se **3 úrovně balení vzhledem k ESDS :**

a) **vnitřní obal**: obal (nebo příslušná část obalu), který je nebo může být ve fyzickém kontaktu s ESDS
charakteristika : materiály, které se málo elektrostaticky nabíjejí s rezistivitou větší než 100 Ω a menší než 100 k Ω

b) blízký obal: obal (nebo příslušná část obalu), který je v těsné blízkosti ESDS, ale, který se nedotkne ESDS
charakteristika : stejné vlastnosti jako vnitřní obal, ale může být vodivý k zajištění stínění proti elst. polím a přímým ESD výbojům

c) sekundární obal: obal, který je držen dostatečně daleko od ESDS a který není přípustný uvnitř EPA

Obaly mohou být složené ze 3 samost. materiálů, nebo kombinov. obal

Základní způsoby ochrany před ESD ve výrobním podniku – ochranný obal

Praktické doporučení :

- **Sáčky obsahující stínící vrstvu** je možno použít uvnitř i vně EPA
- **Černé polyethylenové sáčky** jsou použitelné k ochraně ESDS uvnitř EPA, vně jsou nedostatečné
- **Většina růžových polyethylenových sáčků** poskytuje nedostatečnou ochranu ESDS, ale jsou použitelné v EPA pro ochranu ESDS necitlivých součástek
- **Sekundární obaly** (plastické materiály, papír, lepenka) se nesmí objevit v EPA. Součástky se z nich musí vybalit do speciálních ESD přepravek

Značení a symboly

Rozlišují se následující skupiny s ohledem na použití symbolů :

a) pro materiály **citlivé na ESD** – součástky (ESDS), osazené desky a sestavy

Značka se umístí přímo na součástku, nebo obal

Značení a symboly

b) pro prostředky použitelné **k ochraně před ESD**
– balící materiály a materiály kompatibilní s prostory EPA : podložky, židle, oblečení, boty, náramky, nářadí atd.

Značení a symboly

Nápisy pro vyhrazené prostory EPA

Zásady pro vytvoření efektivního programu potlačování ESD v podniku

1. **Aplikujte týmový přístup** zahrnující všechna příslušná oddělení, jejich pracovníky i vedoucí včetně dodavatelů výrobků a služeb
   - oddělení konstrukce technologie, nákupu, výroby, servisu, školení a kvality

   Vedoucí týmu je jmenovaný ESD koordinátor, nejlépe na plný úvazek, který zodpovídá za :
   - vytvoření a řízení programu ESD
   - odpovídá managementu za funkčnost programu a dosahování cílů programu
   - je interním konzultantem pro všechny otázky kolem ESD

Zásady pro vytvoření efektivního programu potlačování ESD v podniku

2. **Proveďte analýzu vašeho podniku** z hlediska zavedení účinného ESD programu, proveďte prvotní audit se zaměřením na :

   - procesy a oblasti, kde se manipuluje s ESDS
   - specifikujte ESD citlivé součástky s udáním jejich úrovně odolnosti,kterou zjistíte u jejich dodavatelů, nebo si ji sami změříte – model HBM, MM, CDM
   - proveďte měření elektrostatického nabíjení osob, materiálů, zařízení, pracovního prostoru
   - zjistěte si ztráty způsobené ESD (QC data, zákaznické opravy) a odhadněte možné úspory po zavedení programu ESD

Zásady pro vytvoření efektivního programu potlačování ESD v podniku

3. **Vypracujte váš program**
   - na základě současného stavu podle citlivosti součástek a prostorů, kde se s nimi manipuluje s přihlédnutím k budoucím plánům na nové modely, prostory a procesy
   - vypracujte písemné směrnice, distribujte je a vyškolte personál
4. **Vypracujte zdůvodnění vašeho plánu pro schválení managementem**
   - zdůrazněte vliv na kvalitu a spolehlivost
   - snížení nákladů na opravy
   - vliv na spokojenost zákazníků

Zásady pro vytvoření efektivního programu potlačování ESD v podniku

5. **Vytvořte tréninkový plán**
   - Cílem je opakovaným školením obsluhy linek a ostatního personálu udržet přesvědčení o smyslu a důležitosti dodržování daných pravidel

6. **Vytvořte a zaveďte plán ověřování shody programu ESD a skutečnosti**
   - trvalé sledování výsledků s ohledem na cíle programu
   - audity
   - analýza problémů a nápravná opatření
   - zprávy pro management o návratnosti vložených investic
   - motivace a hodnocení pracovníků s ohledem na dodržování stanovených postupů

Ověřování funkčnosti systému ochrany proti ESD

1. **Kontroly**

- **vizuální denní kontroly** : zemnící kabely, nevhodný materiál a zařízení v EPA, stav ionizátorů, náramky a dočasná obuv
- **měsíční kontroly** – podle rozhodnutí managementu
- **šestiměsíční kontroly** – elektrostatické pole, nápisy a štítky, oděvy pro opakované použití

Ověřování funkčnosti systému ochrany proti ESD

2. **Periodické audity**

   Slouží k ověřování funkčnosti zavedeného systému s ohledem na **dosahování cílů Programu** potlačování ESD.

   Tento audit může být součástí auditu systému řízení kvality ISO 9000, protože metodika provádění auditů je stejná. Vždy se jedná o zjištění **souladu Programu s požadavky příslušných norem** a pak o **zjištění skutečného stavu s ohledem na vypracované směrnice a pokyny**

   O auditu se vypracuje **Protokol včetně klasifikace neshod a následná nápravná opatření.**

Příklad formuláře protokolu je uveden v normě ČSN EN 61340-5-1