

Problematika odstránenia elektrostatického náboja v priemyselných a zdravotníckych priestoroch

doc. Ing. Marián BRÚSIL, ZTS Elektronika SKS s.r.o., Nová Dubnica

Ing. Peter KRÁLIK, ZTS Elektronika SKS s.r.o., Nová Dubnica

Ing. Michal SAHUL, ZTS Elektronika SKS s.r.o., Nová Dubnica

ÚVOD

Problematika tvorby elektrostatického náboja je vo všeobecnosti viazaná na používanie materiálov s rôznymi odporovými vlastnosťami, hromadením elektrostatického náboja na povrchoch alebo v objeme dielektrických materiálov. Na obmedzenie jeho tvorby, prípadne na jeho odstránenie je potrebné mať zariadenú elektricky vodivú cestu na potenciál zeme. Daná problematika sa týka prostredí, akými sú priemysel (používanie citlivých súčiastok na ESD), zdravotníckych priestorov a v neposlednom rade výbušných prostredí.



Problematicu elektrostatiky a ochrany citlivých súčiastok a komponentov v elektrotechnike rieši súbor noriem radu STN EN 61340. Je to súbor noriem, ktorý udáva v časti 5-1 „Ochrana elektronických súčiastok pred elektrostatickými javmi“ nevyhnutné požiadavky na návrh, zostavenie, realizáciu a údržbu programu na ovládanie elektrostatického výboja (ESD) pri týchto činnostiach: výroba, prevádzka, montáž, inštalácia, balenie, označenie, údržba, skúšanie, kontrola, doprava alebo iná manipulácia elektrickými alebo elektronickými súčiastkami, zostavami a zariadeniami citlivými na poškodenie elektrostatickým výbojom väčším alebo rovným 100 V na modeli ľudského tela (HBM). Táto norma obsahuje požiadavky na program ovládania ESD nevyhnutným na nastavenie pracovného režimu so zariadeniami citlivými na ESD (ESDS), ktoré sú založené na historických skúsenostiach vojenských i komerčných organizácií. Nevzťahuje sa na elektrické výbušné zariadenia, horľavé tekutiny, plyny a prášky. Časť 5-2 je užívateľský návod, ktorý slúži na doplnenie časti 5-1. Ďalšie časti súboru 61340 pojednávajú o jednotlivých metódach meraní a skúšobných metódach.

V prostrediach s nebezpečenstvom požiaru horľavých prachov alebo v prostrediach s nebezpečenstvom výbuchu, kde je potrebné počítať s nebezpečnými účinkami elektrostatických nábojov alebo narušením výrobnotechnického procesu sa požiadavky ochrany pred nebezpečnými účinkami statickej elektriny udávajú v norme STN 33 2030. S touto normou ďalej súvisia normy STN 33 2032, STN 33 2033, STN 34 1382. Norma STN 33 2031 pojednáva o overovaní a prevádzke technologických zariadení a lietadiel s ohľadom na nebezpečné účinky statickej elektriny.

V zdravotníckych priestoroch sú požiadavky na ochranu proti nebezpečným účinkom statickej elektriny uvedené v dnes už zrušenej norme STN 33 2140 (zrušená 9.1.2015). Túto normu nahradila však norma STN 33 2000-7-710, ktorá spadá pod osobitné inštalácie alebo priestory a jej názov je zdravotnícke priestory. V nej okrem iného nájdeme odkazy na normy týkajúce sa iných prostredí. (napr. STN EN 61340-4-5: 2005, STN 33 2030: 1984).

OZNAČENIA A NÁZVY SÚVISIACICH PREDPISOV

STN EN 61340-5-1: 2008 Elektrostatika. Časť 5-1: Ochrana elektronických súčiastok pred elektrostatickými javmi. Všeobecné požiadavky.

TNI CLC/TR 61340-5-2: 2011 Elektrostatika. Časť 5-2: Ochrana elektronických súčiastok pred elektrostatickými javmi. Návod na používanie.

STN EN 61340-2-1: 2003 Elektrostatika. Časť 2-1: Spôsoby merania. Schopnosť materiálov a výrobkov odvádzať elektrostatický náboj.

STN EN 61340-2-3: 2001 Elektrostatika. Skúšobné metódy na stanovenie rezistancie a rezistivity tuhých rovinných materiálov používaných na zabránenie akumulácie elektrostatického náboja.

STN EN 61340-4-1: 2004 Elektrostatika. Časť 4-1: Normalizované skúšobné metódy na špeciálne používanie. Elektrický odpor podlahových krytín a inštalovaných podláh.

STN EN 61340-4-3: 2002 Elektrostatika. Časť 4-3: Normalizované skúšobné metódy na špeciálne používanie. Obuv.

STN EN 61340-5-3: 2011 Elektrostatika. Časť 5-3: Ochrana elektronických súčiastok pred elektrostatickými javmi. Vlastnosti a požiadavky na klasifikáciu obalov určených na súčiastky citlivé na elektrostatický náboj.

STN EN 61340-4-5: 2005 Elektrostatika. Časť 4-5: Normalizované skúšobné metódy na špeciálne používanie. Metódy na charakteristiku elektrostatickej ochrany obuvi a podlahy v kombinácii s osobou.

STN 33 2140 Elektrický rozvod v miestnostiach pre lekárske účely.

STN 33 2000-7-710: 2013 Elektrické inštalácie nízkeho napätia. Časť 7-710: Požiadavky na osobitné inštalácie alebo priestory. Zdravotnícke priestory.

STN 33 2030: 1984 Elektrotechnické predpisy. Ochrana pred nebezpečnými účinkami statickej elektriny

STN 33 2032: 1986 Zabezpečenie pred výbojom statickej elektriny. Všeobecné požiadavky

STN 33 2033: 1990 Označovanie materiálov a výrobkov s overenými elektrostatickými vlastnosťami

STN 34 1382: 1988 Skúšanie elektrostatických vlastností

TERMÍNY A DEFINÍCIE

Statická elektrina – súhrn javov spojených so vznikom nahromadením a relaxáciou voľného elektrického náboja na povrchu alebo v objeme dielektrických materiálov alebo na izolovaných vodičoch;

ESD – Elektrostatický výboj (Electro static discharge) - prenos náboja medzi telesami s rôznym elektrostatickým potenciálom, ktorý bol vyvolaný priamym kontaktom, alebo elektrostatickým poľom. Poškodenie elektrostatickým výbojom sa môže vyskytnúť keď:

- nabitá osoba alebo objekt príde do styku s ESDS,
- ESDS príde do priameho styku s dobre vodivým povrchom vystaveným elektrostatickému poľu,
- nabité ESDS príde do styku s iným vodivým povrchom, ktorý má iný elektrický potenciál. Tento povrch môže, ale nemusí byť uzemnený;

ESDS – Elektrostatické citlivé súčiastky (Electrostatic discharge sensitive devices) - Elektrostatické citlivé súčiastky citlivé na elektrostatický výboj sú najmä polovodičové súčiastky (MOSFET, CMOS), a môžu byť poškodené elektrostatickým výbojom generovaným človekom (HBM), súčiastky (CDM), alebo strojom (HMM) ;



Obrázok 1 Značenie pre diely alebo súčiastky citlivé na ESD

EPA –vyhradený priestor ESD EPA (Electrostatic protected area) – priestor, v ktorom je možné manipulovať so súčiastkami ESDS s prijateľným rizikom poškodenia, ktoré súvisí s elektrostatickým výbojom alebo poľami;

UPA – Nechránený priestor (Electrostatic unprotected area) – priestor nechránený mimo zóny ESD EPA;

uzemňovacia svorka (EBP) priestoru ESD EPA - určená svorka, ku ktorej môže byť v priestore EPA prístroj pripojený;

potenciál zeme priestoru ESD EPA - spoločný potenciál vytvorený v pracovnej oblasti, ktorý zaisťuje, aby potenciál súčiastok bol rovnaký ako potenciál všetkého, s čím môže súčiastka prísť do kontaktu;

uzemňovací rozvod priestoru ESD EPA - spoločný prostriedok, ku ktorému sú vo vyhradenom priestore elektricky pripojené prvky;

materiály pre balenie - materiály, do ktorých sú balené súčiastky ESDS pre transport alebo skladovanie vrátane vrecúšok, balíčkov, prepraviek, obalov, zásobníkov, pružných výplní, penových materiálov;

vnútorný obal - materiál, ktorý je v kontakte so súčiastkami ESDS;

blízky obal - materiál, ktorý nie je v kontakte so súčiastkami ESDS, ale ktorý obsahuje jednu alebo viacero súčiastok;

sekundárny obal – materiál použitý predovšetkým pre zvýšenie fyzickej ochrany zvonka blízkeho obalu;

tienenie proti elektrostatickému výboju - bariéra alebo kryt, ktorý obmedzuje prechod prúdu a zoslabuje energiu, ktorá je dôsledkom elektrostatického výboja tak, že maximálna energia z modelu ľudského tela s 1000V sa vybíja s energiou menšou alebo rovnou 50nJ;

elektrostaticky vodivý materiál - materiál, ktorého povrchová rezistencia je $< 1 \times 10^5 \Omega$;

elektrostaticky stratový materiál - materiál, ktorého povrchová rezistencia je $\geq 1 \times 10^5 \Omega$ a $< 1 \times 10^{11} \Omega$;

izolačný materiál - materiál, ktorého povrchová rezistencia je $\geq 1 \times 10^{11} \Omega$;

rezistencia k zemi (resistance to ground) - elektrická rezistencia meraná medzi zemou alebo uzemniteľným bodom a jednou elektródou umiestnenou na používanom povrchu (use-surface) ;

rezistencia medzi dvoma bodmi (point-to-point resistance) - elektrická rezistencia meraná medzi dvoma elektródami umiestnenými na používanom povrchu;

vertikálna rezistencia (vertical resistance) - elektrická rezistencia meraná medzi spodnou časťou (back) skúšaného materiálu a jednou elektródou umiestnenou na používanom povrchu;

objemový odpor (volume resistance) – pomer jednosmerného napätia aplikovaného medzi dvoma elektródami na povrchu vzorky a prúdu medzi týmito elektródami;

povrchový odpor (surface resistance): pomer jednosmerného napätia aplikovaného medzi dvoma elektródami umiestnenými na dvoch opačných povrchoch vzorky a prúdu medzi týmito elektródami;

spoločný uzemňovací bod (angl. common ground point) - uzemnené zariadenie alebo miesto, kde sú pospájané vodiče dvoch alebo viac položiek programu ovládania ESD;

funkčná zem (angl. functional ground) - svorka na pripojenie súčastí k uzemneniu z iných ako bezpečnostných dôvodov;

ochranná zem (angl. protective earth) - svorka na pripojenie súčastí k uzemneniu z bezpečnostných dôvodov;

organizácia – podnik, spoločnosť alebo osoba, ktorá manipuluje s ESDS;

Koordinátor ESD - osoba zodpovedná za zavedenie požiadaviek normy STN EN 61340-5-1, vrátane zriadenia, zdokumentovania, udržiavania a overenia zhody programu, musí ho určiť organizácia;

Poznámka: Pri meraniach sa môžeme stretnúť s rôznym označením jednotlivých termínov a parametrov meraní. Je preto potrebné priradiť ich priamo k jednotlivým normám, nakoľko každá zo spomínaných oblastí používa svoj systém značenia.

ELEKTROSTATICKÉ NÁBOJE NA ĽUĎOCH

K nabitíu ľudského tela môže dôjsť v zásade týmito spôsobmi:

- dotykom nabitého objektu,
- indukciou z nabitého objektu,
- prisadnutím iontov zo vzduchu,
- pohybom odevov po tele, stykom obuvi s podlahovou krytinou,
- trením s látkami ľahko elektrizovateľnými.

Z hľadiska elektrizovateľnosti rozdeľujeme pevné látky podľa hodnôt povrchového odporu R_o na:

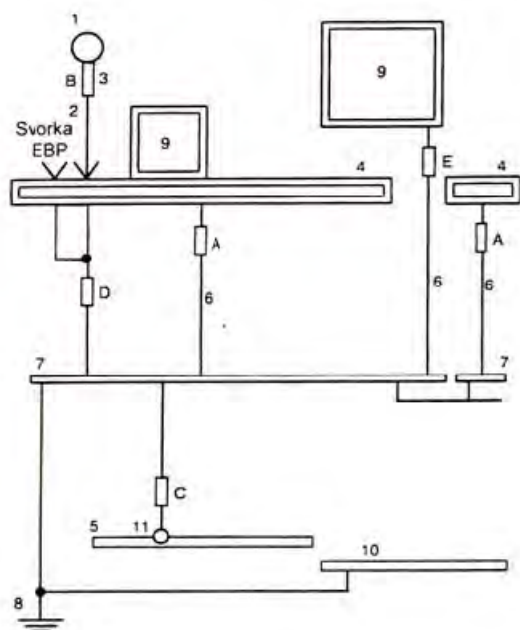
- antistatické $R_o \leq 10^9 \Omega$
- obmedzene elektrizovateľné $10^9 \Omega < R_o < 10^{11} \Omega$
- elektrizovateľné $R_o \geq 10^{11} \Omega$

U antistatických látok sa nie je potrebné obávať nebezpečného nabitia. Je možné ich použitie vo všetkých stupňoch nebezpečenstva v prípadoch, kde sa nevyžaduje elektrostatické uzemnenie. Elektrizovateľné látky sa ľahko elektrizujú a dochádza na nich k hromadeniu elektrických nábojov. Nesmú byť preto bez zvláštnych opatrení používané v priestoroch s nebezpečenstvom výbuchu.

SYSTÉMY UZEMNENIA A POSPÁJANIA

Na zabránenie škodlivého ESD je nutné odstrániť rozdiel potenciálov medzi položkami ESDS a inými vodičmi, aby ESDS mohlo prísť do styku, tak s automatickým manipulačným zariadením, upínačmi a prenosnými zariadením, ako aj s personálom. Všetky vodivé položky i položky pohlcujúce náboj sa musia pripojiť k uzemneniu, alebo i inému bodu (pospájaniu) na odstránenie rozdielu potenciálov. Dosiahnuť to možno tromi rôznymi spôsobmi:

- uzemnením na ochrannú zem,
- uzemnením pomocou funkčnej zeme,
- pospájaním.

Zapojenie jednotlivých komponentov v priestore ESD – EPA

legenda

1. Systém pripojenia náramku
2. Kábel náramku
3. Diskrétny rezistor
4. Pracovný povrch
5. Pripojená rohož na podlahe
6. Uzemňovací kábel priestoru EPA
7. Uzemňovací rozvod priestoru EPA
8. Uzemnenie EPA
9. Vodivé alebo stratové predmety
10. Podlaha chrániaca súčiastky ESD
11. Uzemniteľný bod rohože

UZEMNENIE OSÔB

Všetky osoby, ktoré manipulujú ESDS sa musia v súlade s nasledujúcimi požiadavkami uzemniť alebo pospájať. Keď pracovník sedí na pracovisku chránenom proti ESD, musí byť pripojený k uzemneniu náramkom na zápästí. Pri činnostiach v stoji môže byť pracovník na pracovisku uzemnený náramkom na zápästí alebo cez podlahový systém a obuv. Keď sa použije uzemnenie cez podlahový systém a obuv, musí sa splniť jedna z týchto dvoch podmienok:

- celková rezistencia sústavy (od osoby cez obuv a podlahu po uzemňovacie zariadenie) musí byť menšia ako $3,5 \times 10^7 \Omega$,
- maximálne napätie generované telom musí byť menšia ako 100 V a celková rezistencia sústavy musí byť menšia ako $1 \times 10^9 \Omega$.

PRIESTOR EPA – ESD

Manipuláciu ESDS bez ochranného krytu alebo obalu možno vykonávať v EPA. Označenia upozorňujúce na existenciu EPA musí byť umiestnené na dobre viditeľnom mieste pre osobu vstupujúcu do EPA.



Obrázok 2 Štítok označujúci vyhradený priestor ESD-EPA



Obrázok 3 Štítok označujúci opustenie priestoru ESD-EPA

Prístup do EPA je vymedzený pre osoby, ktoré majú ukončené príslušné školenie o ESD. Neškolení jednotlivci pri pobyte v EPA musia byť sprevádzaní vyškoleným zamestnancom. Všetky nepotrebné izolanty (plasty a papier) ako sú poháre na kávu, potravinové obaly a osobné veci sa musia z pracoviska alebo z operácie, pri ktorej sa manipuluje s ESDS, odstrániť.



Obrázok 4 Značenie pre chránené materiály



Obrázok 5 Priestor ESD EPA

Overenie zhody položiek EPA			
Položka ESD riadenia	Požiadavka na výrobok	Skúšobná metóda	Medze zhody
Podlaha	$R_{gp} < 1 \times 10^9 \Omega$	IEC 61340-4-1	$R_g < 1 \times 10^9 \Omega$
Pracovné plochy, odkladacie police a vozíky	$R_{gp} < 1 \times 10^9 \Omega$ $R_{p-p} < 1 \times 10^9 \Omega$	IEC 61340-2-3	$R_g < 1 \times 10^9 \Omega$
Sedadlo pracoviska	$R_{gp} < 1 \times 10^{10} \Omega$	IEC 61340-2-3	$R_g < 1 \times 10^{10} \Omega$
Odevy	$R_{p-p} < 1 \times 10^{12} \Omega$	ANSI/ESD STM 2.1	$R_{p-p} < 1 \times 10^{12} \Omega$
Ionizácia Zníženie potenciálu z 1000V na 100V	čas < 20 s	ANSI/ESD STM 3.1	čas < 20 s
Ionizácia Posun napätia	napätie < +/-50V	ANSI/ESD STM 3.1	napätie < +/-50V

OCHRANA PROTI NEBEZPEČNÝM ÚČINKOM STATICKEJ ELEKTRINY V ZDRAVOTNÍCTVE

Nebezpečné náboje v zdravotníckych priestoroch môžu vznikáť:

- oddeľovaním a trením elektrizovateľných látok (prestieradiel, pokrývok, poťahov a pod.),
- manipuláciou s neuzemnenými prístrojmi,
- manipuláciou s prístrojmi z elektrizovateľných hmôt,
- použitím elektrických indukčných zariadení.

Prejavy takýchto nábojov môžu zapáliť výbušnú zmes, nevhodne fyziologicky pôsobiť na pacienta alebo na zdravotníckych pracovníkov, prípadne rušiť prevádzku citlivých elektrických prístrojov.

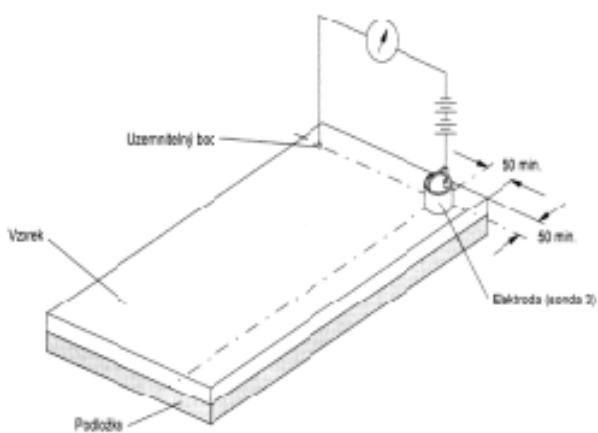
Vo všetkých zdravotníckych priestoroch, v ktorých môžu vznikáť nebezpečné náboje, musia sa vykonať nasledovné opatrenia:

Podlaha musí byť elektrostaticky vodivá podľa STN 33 2030 a ďalej sa musia vykonať tieto opatrenia:

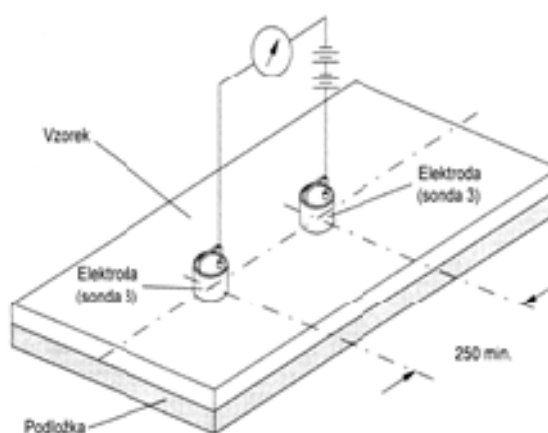
- zvodová sieť podlahy sa musí spojiť s prípojnou pospájania,
- pri použití podláh so zvodovým odporom menším ako 50 k Ω je nevyhnutné obmedzenie účinkov unikajúceho prúdu,
- zdravotnícki pracovníci musia mať elektrostaticky vodivú obuv,
- oblečenie a bielizeň zdravotníckych pracovníkov musí byť bavlnená alebo musí mať antistatickú úpravu, antistatická úprava sa musí pravidelne po každom praní obnovovať,
- na transport pacientov do miestnosti, kde môžu vznikáť nebezpečné náboje, môžu sa použiť iba vozíčky, ležadlá a pod., ktoré sú uzemniteľné,
- poťahy na operačných stoloch, vozíčkoch pre pacientov a podobne musia byť z antistatického materiálu,
- vozíčky, ležadlá a celý pojazdný nábytok a zariadenie musia mať elektrostaticky vodivé obruče (kostry vozíkov musia byť elektrostaticky uzemniteľné),
- gumové šatky, matrace a podušky alebo čalúnenie sedadiel musí byť z elektrostaticky vodivého materiálu alebo musia byť takýmto materiálom potiahnuté,
- tlakové nádoby s plynmi musia byť pri prevádzke elektrostaticky uzemnené alebo musia stáť na elektrostaticky vodivej podlahe.

METÓDY MERANIA A SKÚŠANIA ESD MATERIÁLOV

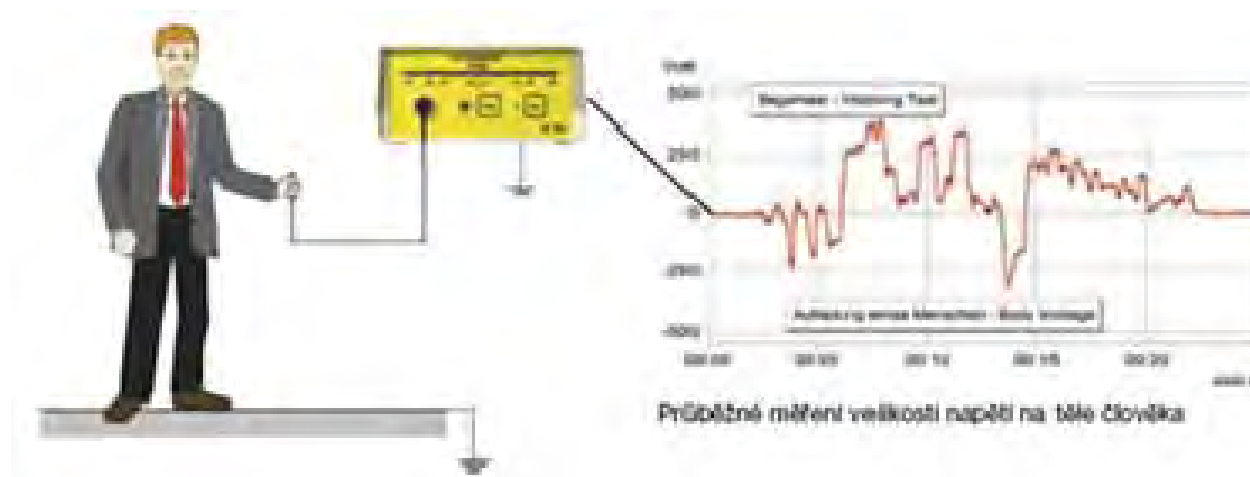
Rezistencia naprieč používaným povrchom skúšaného materiálu a cez skúšaný materiál R_s sa meria pomocou merača veľkých rezistencií alebo iným vhodným prístrojom. Meranie rezistencie medzi dvoma bodmi R_{p-p} je vhodné pre hodnotenie podlahových krytín pre odvádzanie náboja po používanom povrchu. Meranie rezistencie cez podlahovú krytinu, t.j. rezistencia k zemi R_g a R_{gp} sú vhodné pre hodnotenie ich schopnosti odvádzať náboj z používaného povrchu alebo z vodičov, ktoré sú v kontakte s používaným povrchom do zberača náboja, ktorý je pod podlahou.



Obrázok 6 Princíp merania rezistencie k uzemňovaciemu bodu



Obrázok 7 Princíp merania rezistencie medzi dvoma bodmi



Obrázok 4 Walking test – princíp merania

ZARIADENIA NA MERANIE

K overeniu požiadaviek elektrostatickej ochrany nám slúžia tieto meracie zariadenia:

- zariadenie na meranie rezistencie
- zariadenia na meranie schopnosti nabíjania ľudského tela cez obuv a podlahový systém
- zariadenia na meranie elektrostatického poľa a účinnosti ionizácie
- meracie sondy



Obrázok 9 Merací prístroj WT5000



Obrázok 12 WW SRM-110 (meranie R_g , R_{p-p})



Obrázok 10 WW MetrISO 2000
(meranie R_g , R_{gp} , R_{p-p} , R_s)



Obrázok 13 Meracia sonda Model 850
(meranie R_g , R_{gp} , R_{p-p} , R_s)



Obrázok 11 WW EFM 51.CPS
(meranie účinnosti ionizácie)



Obrázok 14 Meracia sonda Model 45
(meranie R_g -systémový test)



Obrázok 15 Testovanie obuvi

ZÁVER

Teória tvorby, akumulácie a účelného riadenia elektrostatického náboja v priestore je čoraz lukratívnejšou témou. V súčinnosti s neustálym napredovaním technického vývoja sa jednotlivé elektronické komponenty stávajú čoraz citlivejšími, a s nižšou prahovou odolnosťou voči elektrostatickej energii. V prípade nežiaduceho elektrostatického výboja do určitého komponentu môže vzniknúť znefunkčnenie zariadení v zdravotníctve, poškodenie citlivej súčiastky vo výrobnom procese, či montáže, nehovoriac o porušení iskrovej bezpečnosti v priestoroch s nebezpečenstvom výbuchu a pod. Elektrostatika je reálne merateľná energia, resp. jav, ktorý sa riadi rovnakými fyzikálnymi pravidlami, a to vo všetkých priestoroch bez ohľadu na účel a využitie. Preto je možný a v princípe jediný prístup k ovládaniu nežiaducich účinkov ESD, a to kontinuálnym odvádzaním vznikajúceho potenciálu na potenciál zeme. To je možné len vytvorením vodivých ciest prostredníctvom správne použitých antistatických materiálov, disipatívnych povrchov, obuvi, vodivých podláh, no hlavne pravidelným meraním vlastností jednotlivých prvkov. Prax ukazuje, že vytvorením funkčného systému ovládania tejto energie priamo smeruje k zlepšovaniu kvality výroby, služieb a v neposlednej rade bezpečnosti.