

## Fiziološki uticaji električne struje na ljudsko telo i zaštita od strujnog udara



## Struja može da ubije

### Statistika u USA:

- 200.000 električnih akcidenata
- 150.000 požara usled električnih akcidenata
- 700 poginulih usled električnih akcidenata
- Treći uzročnik smrti na radnom mestu

## **Smanjivanje rizika**

- Standardi definišu šta električni uređaji moraju da zadovolje u pogledu bezbednosti
- Primena mera bezbednosti
- Edukacija

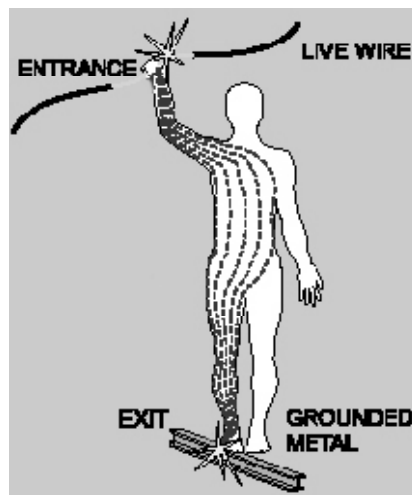
## **Kako voda utiče na provodnost?**

- Čista voda je slab provodnik, ali nečistoće (so, kiselina i dr.) mogu da je pretvore u dobar provodnik
- Suva koža ima veliku otpornost (oko 500 kOhm), ali vlažna ili znojava je provodnik (ispod 1 kOhm)

## Električni udar je kada ljudsko telo greškom postane deo strujnog kruga

- To može biti kada telo zatvori strujni krug sa:
  - obe žice u kolu
  - naponskom žicom (fazom) i zemljom
  - metalnim delom uređaja koji je usled greške pod naponom (npr. usled proboja izolacije) i zemljom

## Nastajanje električnog udara



## Efekat električnog udara na telo

Može biti od beznačajnog osećaja do trenutne smrti

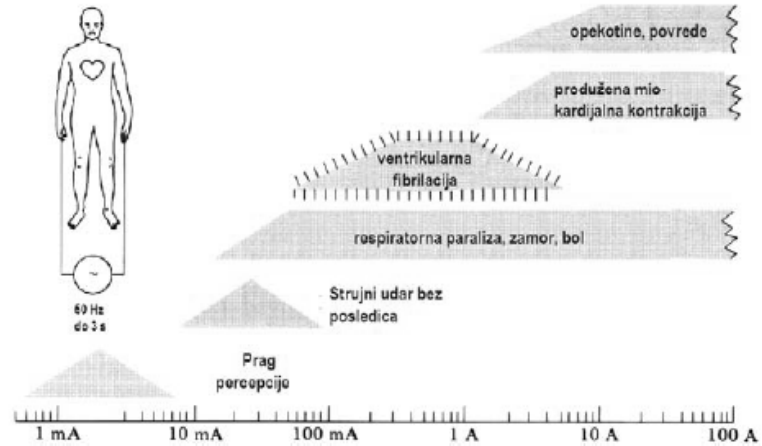
- Zavisi od:
  - količine struje koja protekne kroz telo
  - putanje struje kroz telo
  - trajanja vremena u kome je telo u strujnom kolu
  - frekvencije struje

## Veza između jačine struje i posledica

**Kada stuja teče od ruke do noge u toku jedne sekunde**

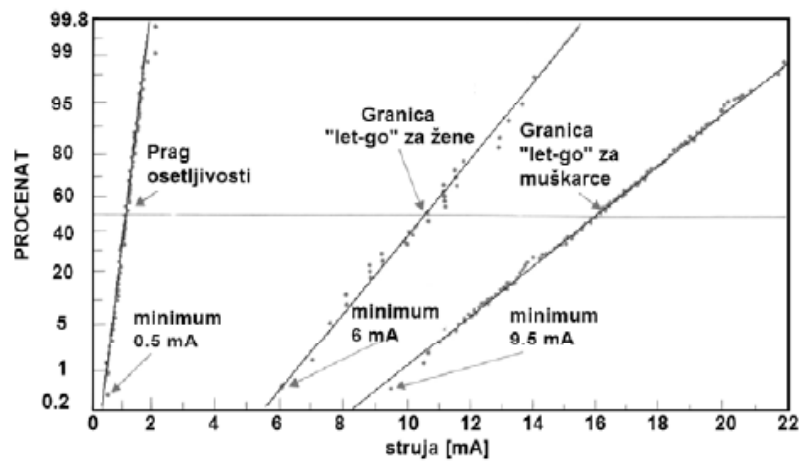
- ispod 1 mA ne oseća se
- 1 mA slab osećaj
- 5 mA blagi šok
- 30 mA bolni šok, gubitak kontrole mišića
- 50-150 mA jak bol, prestanak disanja, jake kontrakcije mišića, moguća smrt
- 1000-4300 mA prestanak ritmičkog rada srca, kontrakcije mišića, oštećenje nerava, verovatna smrt
- 10000 mA prestanak rada srca, opekotine, najverovatnija smrt
- Naponi preko 50 V ac se smatraju opasnim.

## Fiziološki odgovor na električni šok

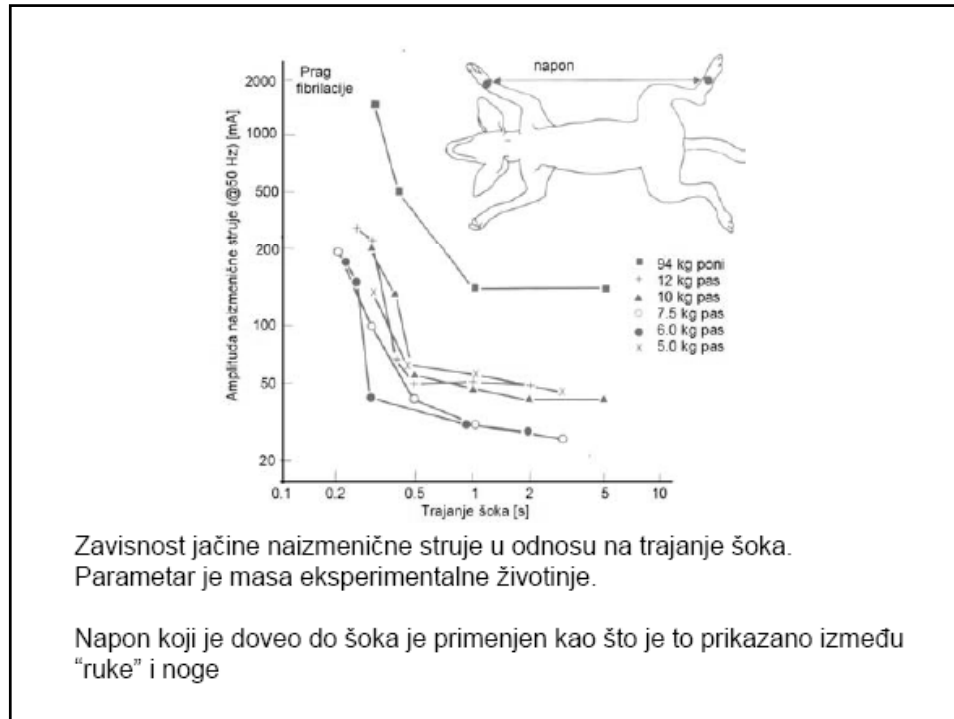


Prag i procenjene vrednosti su za osobu od 70 kg koja je izložena kontaktu (u trajanju 3 sekunde) između ruku i bakarnih žica

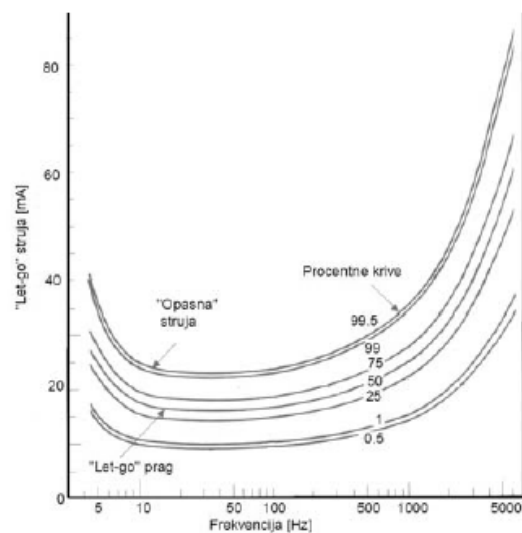
## OSETLJIVOST NA STRUJNI UDAR



Merenja su obavljena pri kontaktu bakarne žice i vlažnih ruku.



### Jačine struje na raznim učestanostima koja izaziva električni šok.

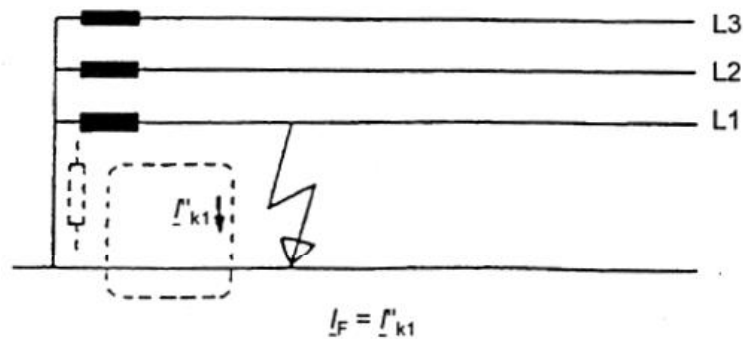


Osetljivost se povećava sa smanjenjem učestanosti !

## Pražnjenje statičkog naelektrisanja

- Najčešće bezopasan šok
- Može da uzrokuje oštećenje opreme (integrirana kola)
- Može da bude veoma opasno u postrojenjima za izradu PVC folija i vlakana, gde usled trenja dolazi do generisanja velike elektrostatičke energije

## Šema električne mreže



## Evropska konvencija za boje provodnika

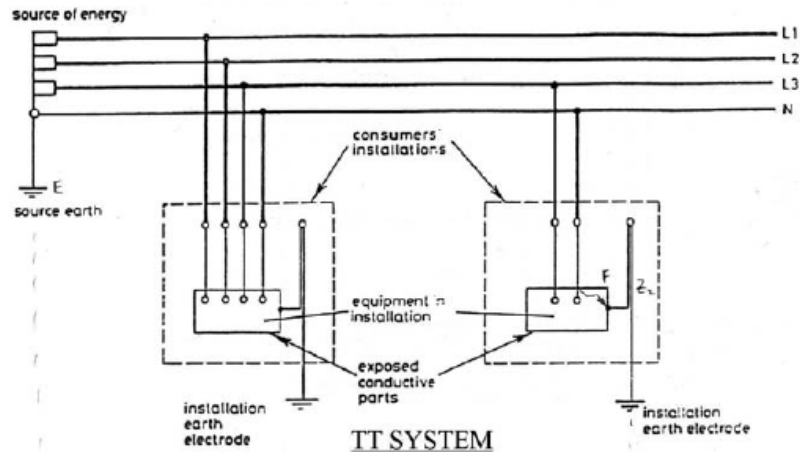
- Za mrežno napajanje:
  - Uzemljenje - zeleno-žuta
  - Faza – crna, braon
  - Nula - plava
- Za jednosmerne izvore:
  - Vrući kraj – crvena
  - Masa (nula) - crna
- Za univerzalne instrumente:
  - Signalna sonda – crvena
  - Masa (nula) - crna

## Mere zaštite od električnog udara

- Izolacija
- Zatvaranje
- Ograđivanje
- Upotreba niskih napona
- Zaštitno uzemljenje, nulovanje
- Upotreba izolacionih transformatora



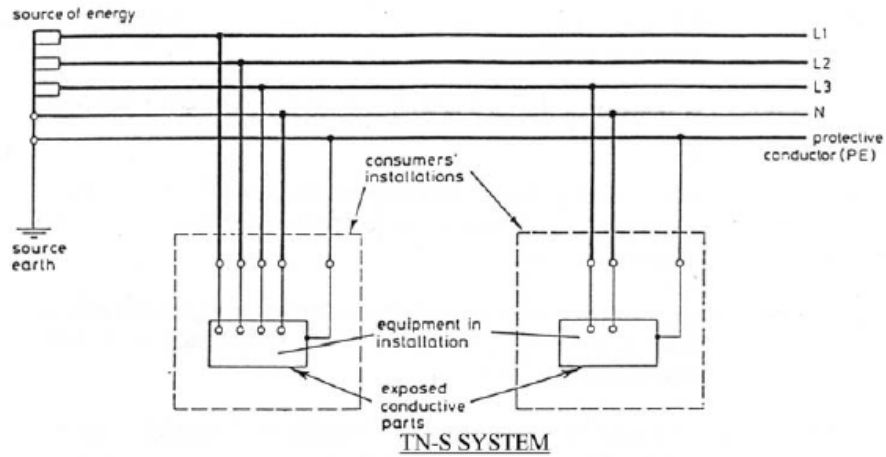
## TT sistem zaštite



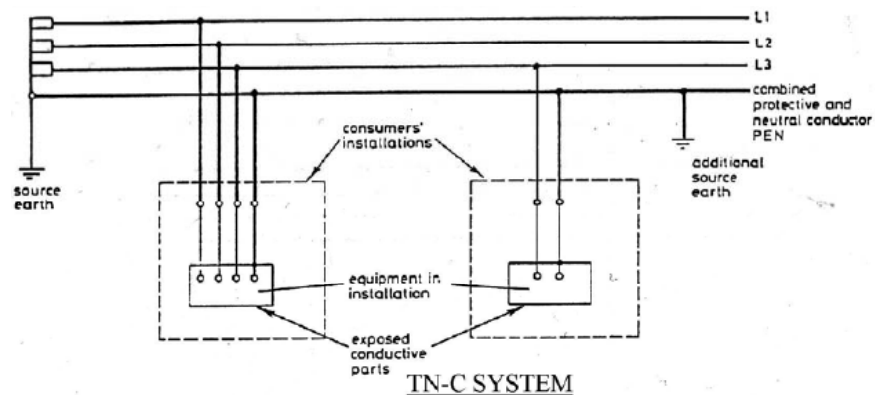
## Nulovanje

- Nulovanje je izjednačavanje potencijala nultog provodnika i uzemljenja
- Vršiti se kratkim spajanjem nultog provodnika i provodnika za uzemljenje
- Radi se u razvodnom ormaru

## TN-S sistem zaštite



## TN-C sistem zaštite



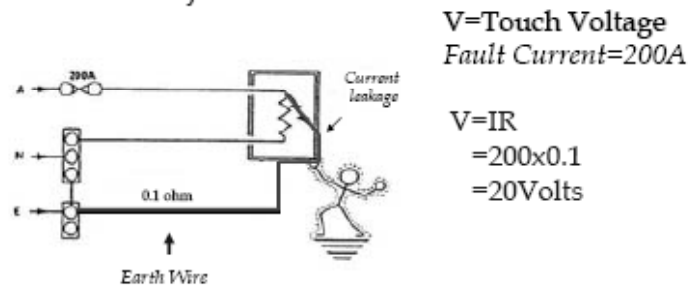
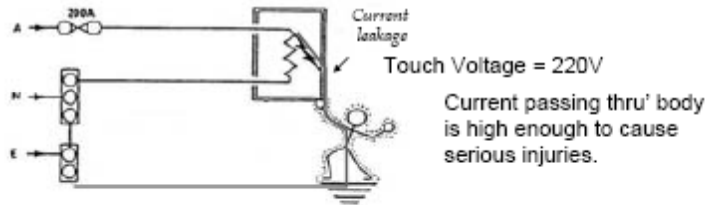
## Uzemljenje

- Uzemljenje je tačka od koje je otpornost putanje do zemlje mala (idealno 0 Ohm)
- Uzemljivač je metalna šipka ili ploča ukopana u zemlju
- Povezivanjem na uzemljenje štiti se od porasta napona u datoj tački
- Uzemljenje je sekundarna zaštitna mera od električnog udara
- Ne garantuje zaštitu, ali smanjuje rizik

## Kako funkcioniše uzemljenje

- Metalni oklop uređaja je povezan na uzemljenje
- Ukoliko oklop dođe u dodir sa fazom, zatvara se strujni krug preko uzemljenja i aktiviraju se drugi zaštitni uređaj (osigurač, zaštitne sklopke itd.)

## Šema funkcionisanja uzemljenja



## Zaštitni uređaji

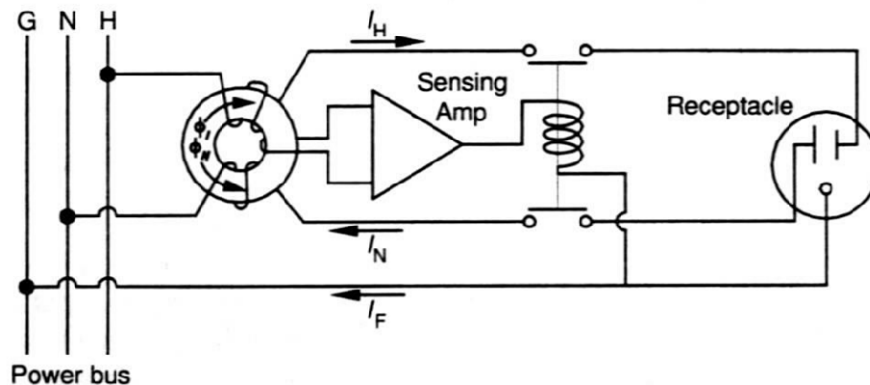
### Prekidaju strujni krug pri određenim uslovima

- Toplivi osigurač – štiti od prevelike struje
- Automatski osigurač – štiti od prevelike struje (termomagnetni okidač)
- Diferencijalna sklopka (Fidova sklopka) – ne štiti od prevelike struje

## Fidova sklopka

- Zove se još diferencijalni osigurač ili GFCI (Groundfault circuit interrupter) ili RCCB (Residual current circuit breaker).
- Ukoliko je sve ispravno sklopka je uključena i napon je prisutan na uređaju
- Detektuje razliku u struji faze i nule tj. razliku struje koja ide prema uređaju i koja se od njega vraća
- Ako te struje nisu iste znači da postoji curenje prema zemlji
- Pri određenoj razlici tih struja prekida strujni krug

## Šematski prikaz primene Fidove sklopke



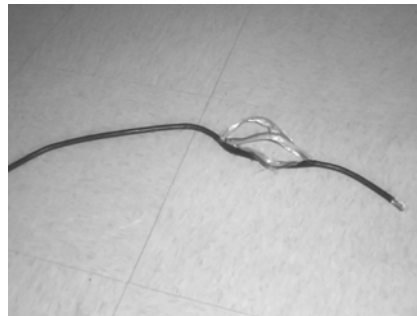
## Karakteristike Fidove sklopke

- Detektuje razliku struja od 5 – 50 mA
- Vreme reakcije oko 25 msec
- Štiti od kontakta sa fazom
- Štiti od kontakta sa metalnim oklopom koji je na potencijalu faze ulsed greške
- **Ne štiti ako se dodirne nula i faza istovremeno!!!**

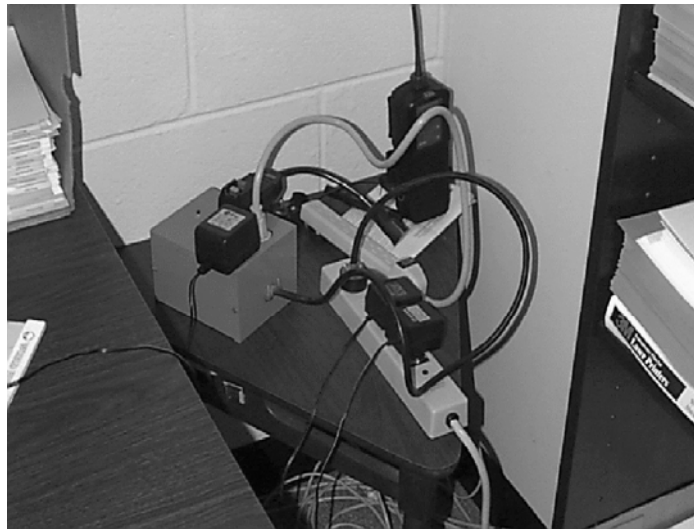
## Razdvojni transformator

- Nema uzemljenje na sekundaru
- Koristi se za:
- Napajanje kola koje nije galvanski izolovano od mreže, a snima se osciloskopom (ne treba za osciloskope sa izolovanim ulazima ili baterijski napajane osciloskope)
- Napajanje signal generatora kada se priključuje u kolo koje nije galvanski izolovano od mreže

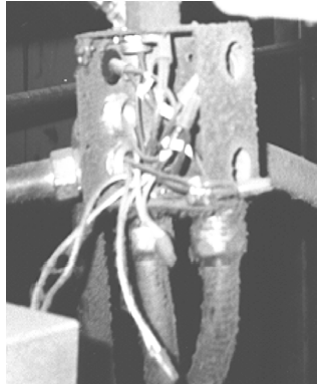
## Oštećena izolacija



## Preopterećenje



## Loše i oštećene instalacije



## Pravila sigurnog rada u laboratoriji

1. Nikada ne radi sam sa opremom pod naponom.
2. Napajanje iz mreže mora da se isključi pre nego što se oprema dodiruje ili modifikuje.
3. Merenja na kolu pod naponom se rade sa dobro izolovanim sondama.
4. Ne sme se dodirivati električna oprema kada se stoji na mokrom ili na metalnom podu.
5. Ne sme se dodirivati mokra, vlažna i neuzemljena električna oprema.
6. Operater ne sme da nosi narukvice i prstenje od metala za vreme rada sa električnom opremom.
7. Ne sme se hvatati padajući deo električnog kola pod naponom.
8. Ne smeju se dodirivati dva dela električne opreme jednovremeno.



## Pravila sigurnog rada u laboratoriji

- Ne gasiti vodom požar vezan sa elektricitetom. Koristiti suve prahove ili CO<sub>2</sub>.
- Obavezno koristiti originalne osigurače.
- Locirati i vidno obeležiti glavni prekidač za napajanje laboratorije.
- U slučaju električnog šoka, brzo odvojiti povređenog od električnog kola koristeći izolacione materijale, isključenjem struje, paziti da sebe i druge ne dovedemo u opasnost
- Pružiti prvu pomoć (reanimacija ukoliko je potrebna) i obavezno pozvati službu hitne pomoći.

## Posebna opasnost od električnog luka u VN postrojenjima

