

Ukrepi za izboljšanje varnosti pri delu z električnim tokom

Električna energija je relativno varna oblika energije, če jo uporabljamo odgovorno in upoštevamo vse predpisane varnostne ukrepe. Predvsem neupoštevanje le-teh tudi v Sloveniji vsako leto terja nekaj nezgod z najhujšimi posledicami.

AVTOR:

Mag. Ivan Božič, univ. dipl. inž. el.

ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d., Chengdujska cesta 25, Ljubljana

1 Uvod

Nezgode se sicer pri nas najpogosteje pojavljajo pri delih v bližini virov visoke napetosti, ob uporabi delovne opreme, pri nestrokovnih posegih na električni opremi strojev, naprav, orodij in na električnih inštalacijah. Podrobnejših analiz nezgod z električnim tokom v Sloveniji nimamo. Iz analiz in raziskav nekaterih zahodnoevropskih držav, ki imajo podobne zahteve glede električne opreme strojev in ostale delovne opreme ter primerljive predpise v zvezi z električnimi inštalacijami in podobno ureditev na področju varnosti in zdravja pri delu, je razvidno, da so nezgode na področju nizkih napetosti pogoste zlasti v naslednjih okoljih:

- v industriji, kjer se uporablja električno gnana delovna oprema v

vlažnih razmerah,

- na gradbiščih - izstopajo zlasti manjša gradbišča,
- pri uporabi prenosnega vrtalnega in brusilnega orodja v vlažnih in suhih okoljih,
- pri uporabi električno gnane delovne opreme v kmetijstvu,
- v gospodinjstvih - zlasti v kopalnicah, na prostem (na vrtu) in v kuhinjah.

Tveganja lahko omejimo z varnostnimi ukrepi, ki so podani v predpisih in standardih ter pokrivajo področja proizvodnje in distribucije električne energije, električnih inštalacij, električne opreme strojev in ostalih naprav ter obveznosti delodajalcev in delavcev v zvezi z varno uporabo električnega toka. Z zaščito inštalacij in naprav se posredno zavaruje tudi ljudi in imetje. Za

uporabnika pa je bistvena zaščita pred električnim udarom.

2 Zaščitni ukrepi pri delu z električnim tokom

Zaščita pred preobremenitvijo vodnikov

Vodniki pod napetostjo morajo biti zaščiteni z eno ali več napravami za avtomatično prekinitev napajanja v primeru preobremenitve, večje od 1,45-kratnega trajnega zdržnega toka, in v primeru kratkega stika, razen ko je prevelik tok omejen z napajalnimi karakteristikami. Naprave, ki zagotavljajo zaščito pred preobremenitvijo s prevelikim tokom, morajo biti sposobne odklopiti vsak preobremenitveni oziroma kratkostični tok, ki teče v vodnikih, preden povzroči segrevanje, škodljivo za izolacijo, spoje, sponke ali okolje. Ni nujno, da zaščita vodnikov pred preobremenitvijo ščiti opremo, ki je priključena na te vodnike, mora pa ščititi vodnike pred okvarami, ki bi jih lahko povzročili preveliki toki zaradi preobremenitve vodnikov.

Zaščita pred električnim udarom

Zaščita pred električnim udarom preprečuje dotik napetosti take vrednosti in trajanja, ki bi bila lahko nevarna za fiziološko delovanje človeškega organizma. Projektant mora izbrati vrsto in izvedbo zašči-

POVZETEK

Zaščito pred električnim udarom zagotavljamo v več stopnjah. Prvo stopnjo predstavlja osnovna zaščita. V splošnem je to določena oblika izolacije, ki preprečuje neposreden dotik z deli pod napetostjo. Ob okvarah nastopi zaščita proti posrednemu dotiku, ki prepreči nevarnost električnega udara. Ta v splošnem grozi uporabniku ob odpovedi obeh navedenih stopenj zaščite. Za take primere se lahko dodatno zavarujemo z dodatno zaščito - z uporabo zaščitnih stikal na diferenčni tok in tako preprečimo nezgode z najhujšimi posledicami. Dodatne zaščitne naprave morajo izklopiti napajanje pri tokovih napake, ki ne presežajo IAN < 30 mA, dovolj hitro, da preprečijo ali ustrezno zmanjšajo nastala tveganja. Ključne besede: električni udar, zaščita, dodatna zaščita, RCD, PRCD

ABSTRACT

Protection against electric shock is provided in several stages. In the first instance, basic protection, generally some form of insulation, prevents direct contact with live parts. Should the basic protection fail, fault protection ensures that an electric shock hazard cannot occur. Electric shock to humans generally occurs when both the basic protection and the fault protection fail. In this case, supplementary protection, such as a sensitive residual current-operated protective device, can prevent potentially fatal accidents. Protective equipment of this kind trips at a residual fault current IAN < 30 mA so quickly as to exclude any hazard. Keywords: electric shock, protection, additional protection, RCD, PRCD

te pred električnim udarom na osnovi informacij, ki mu jih mora posredovati dobavitelj električne energije še pred začetkom izdelave projektne dokumentacije. Za izbiro zaščite pred električnim udarom je treba upoštevati tudi vplive, kot so:

- usposobljenost oseb,
- električna upornost človeškega telesa v posameznih primerih vlažnosti kože zaradi zunanjih vplivov,
- dotik oseb s potencialom zemlje,
- izbira opreme.

V primerih, ko se lahko uporabijo različne vrste zaščite pred električnim udarom, mora biti njena izbira odvisna od:

- lokalnih pogojev,
- narave opreme, ki se napaja z električno energijo, in
- pogojev, kijih narekuje specifičnost prostorov, v katerih so električne inštalacije.

Zaščita pred električnim udarom se lahko uporabi za celotno inštalacijo, za njen del ali za posamezno opremo. Če niso izpolnjeni osnovni pogoji za zaščito, so potrebni dodatni ukrepi za

zagotovitev varnostnega nivoja popolne zaščite. Zaščita pred električnim udarom se doseže z zaščito:

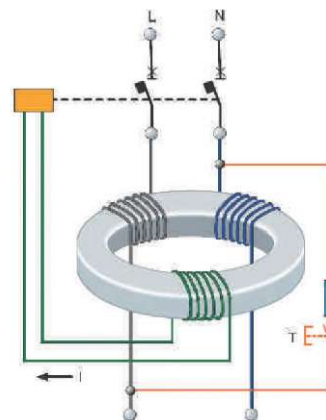
1. ob normalnih razmerah z **osnovno** zaščito oziroma zaščito proti neposrednemu dotiku (izolacija, ograditev, neprevodni prostori, mala napetost ...),
2. ob okvari - zaščita proti posrednemu dotiku (samodejni odklop napajanja, dodatna ali dvojna izolacija, električna ločitev, mala napetost ...).

Zaščitni ukrep mora predstavljati:

- primerno kombinacijo ukrepov za osnovno zaščito in neodvisni ukrep za zaščito ob okvari ali
- povečan zaščitni ukrep, ki zajema hkrati osnovno zaščito in zaščito ob okvari.

Vse pogosteje se v določenih omejitvenih sistemih srečujemo tudi z dodatno zaščito z zaščitnimi stikali na diferencialni tok (RCD - Residual Current Device) in z raznimi kombiniranimi napravami, ki vsebujejo tudi tovrstno zaščito. Za zaščito proti posrednemu dotiku oseb je treba

uporabiti stikala RCD z nazivnim tokom napake IAN < 30 mA. Stikala z višjim nazivnim tokom okvare lahko zmanjšajo nekatera druga tveganja (npr. požar), ki so povezana predvsem z napakami na izolaciji, niso pa dovolj učinkovita za varovanje oseb, saj je znano, da so pri frekvencah toka med 15 in 100 Hz lahko smrtno nevarni že tokovi nad 40 mA.



Slika 1: Princip delovanja stikal RCD: Če je razlika tokov faznega (L) in nevtralnega (N) vodnika večja od nazivne vrednosti toka okvare, pride do odklopa napajanja. S preizkusno tipko (T) to lahko preverimo. (Vir: www.abb.com)

Inštitut za delo pri Pravni fakulteti Univerze v Ljubljani, Društvo za delovno pravo in socialno varnost in Planet GV

v sodelovanju z Inštitutom za primejajno pravo pri Pravni fakulteti v Ljubljani - Centrom za delovno pravo in Inštitutom za delovna razmerja in socialno varnost Pravne fakultete v Mariboru
vabijo na kongres

VIII. Dnevi delovnega prava in socialne varnosti

28.-29. maj 2009, Portorož, Kongresni center St. Bernardin

V družbi uglednih strokovnjakov bomo razpravljali o

IZZIVIH SLOVENSKEGA DELOVNEGA IN SOCIALNEGA PRAVA V AKTUALNIH GOSPODARSKIH RAZMERAH

PLENARNE TEME: Dostojen in učinkovit delovni čas, Prestrukturiranje podjetij in varstvo delavcev, Zagotavljanje varstva pravic v delovnih sporih, Uslužbenska in plačna razmerja. OMIZJE: Aktualna vprašanja in novosti v zdravstvu

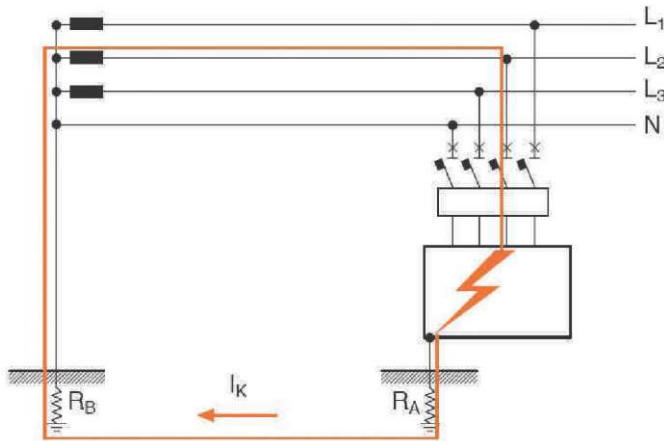
Poznavanje delovnega prava postaja tudi vedno večja konkurenčna prednost organizacij in jamstvo varstva pravic zaposlenih, zato se nam čim prej pridružite na kongresu!

Inštitut za delo pri PF Univerze v Ljubljani
Poljanski nasip 2, Ljubljana
Telefon: 01/42 03164, faks: 01/42 03165
E-pošta: inst.delo@pf.uni-lj.si, www.zrfr.fntf>; www./nsflfluf-defo*/

Planet GV, d.o.o.
Einspielerjeva ulica 6, Ljubljana
Prijave: 01/30 94 446, faks: 01/30 94 445
Splošne informacije: 01/30 94 444, wtm.planetgvsi

MedBIM pakmtteE

— H R M — T J U L



Slika 2: Primer zaštite s samodejnim odklopom napajanja: V TT-sistemu ozemljitvena zanka sestavljena iz faznega vodnika, v katerem je nastala okvara, zaščitnega vodnika, ki povezuje izpostavljeni prevodni del z ozemljilom, ozemljila izpostavljenega prevodnega dela inštalacije in ozemljila nevtralne točke napajanja. Ob pojavu napetosti na prevodnem ohišju naprave pride do odklopa napajanja. (Vir: www.abb.com)

Najbolj pogosti vrsti zaščitnih ukrepov proti posrednemu dotiku pri uporabi električnih naprav sta zaščita s samodejnim odklopom napajanja pri uporabi naprav razreda I in zaščita z uporabo naprav razreda II.

Zaščita s samodejnim odklopom napajanja (pri napravah razreda I)

Zaščita pred električnim udarom s samodejnim odklopom napajanja v sistemih električnih inštalacij mora pri okvari izolacije preprečiti nastanek napetosti dotika s tako vrednostjo in trajanjem, ki bi bila lahko nevarna za fiziološko delovanje oseb. Zaradi učinkovitosti zaščite pred električnim udarom s samodejnim odklopom napajanja mora biti izvedena koordinacija med vrstami sistemov inštalacij, karakteristikami zaščitnega vodnika in zaščitne naprave. Vsaka okvara izolacije električne opreme mora povzročiti okvarni tok, ki

zagotovi tako hiter avtomatični odklop, da ni ogroženo zdravje ali življenje ljudi.

Mogoče nevarne razmere pri uporabi naprav razreda I

Pri uporabi zaštite s samodejnim odklopom napajanja so na inštalacijah ali na električni opremi naprav razreda I mogoče naslednje napake, ki pomenijo veliko nevarnost električnega udara:

- zaščitni vodnikje prekinjen,
- zaščitni vodnikje pod napetostjo,
- odklopna naprava je v okvari,
- neustrezna upornost okvarne zanke ima za posledico prepočasi odklop napajanja,
- z orodjem pride uporabnik v stik z nevarno napetostjo tujega tokokroga (zlasti pri vrtanju, rezanju, striženju ...).

Zaščita z uporabo naprav razreda II

Za preprečevanje nevarne napetosti dotika na izpostavljenih

delih električnih naprav v primeru okvare osnovne izolacije se lahko kot zaščitni ukrep uporabijo naprave razreda II z dvojno izolacijo ali temu ustrezno izolacijo. V Sloveniji je na podlagi Pravilnika o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (Ur. list RS, št. 29/92) na prostem poleg naprav razreda III (napajanje z varno ali zaščitno malo napetostjo) dovoljena le še uporaba prenosnega orodja razreda II.

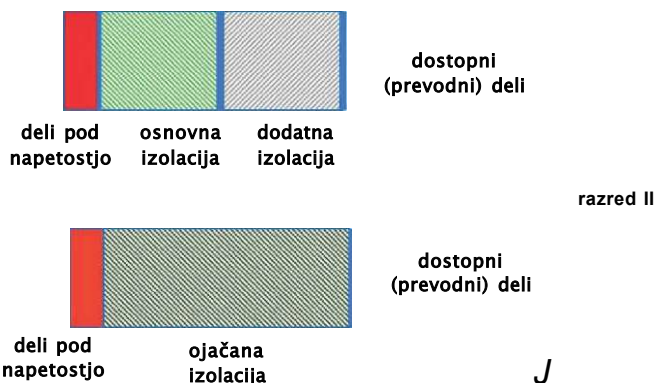
Mogoče nevarne razmere pri uporabi naprav razreda II

Pri uporabi naprav razreda II so mogoče naslednje napake in razmere, ki pomenijo veliko nevarnost električnega udara:

- izolacija (osnovna in dodatna oziroma ojačana) je poškodovana,
- izolacija je premoščena s prevodnim materialom (vlaga, umazanija ...),
- med delom pride uporabnik v stik z nevarno napetostjo tujega tokokroga (vrtanje, rezanje ...),
- poškodba priključnega vodnika in/ali vtikalnega pribora.

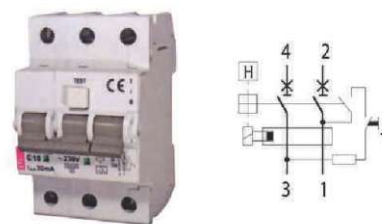
3 Dodatni varnostni ukrepi pri delu z električnim tokom

Na varnost električnih inštalacij in naprav vplivajo tako pravilno načrtovanje, izbira in montaža kakor tudi ustrezna uporaba in vzdrževanje. Pri načrtovanju novih inštalacij morajo projektanti upoštevati veljavne predpise in standarde ter



Slika 3: Naprave razreda II - pred dotikom delov pod napetostjo nas varuje dvojna ali ojačana izolacija. Dvojni kvadrat na napisni ploščici naprave označuje, da gre za napravo razreda II.

Slika 4: Naprava KZS-3M z vezno shemo proizvajalca ETI. KZS (KZS-2M, KZS-3M, KZS-4M) so zaščitna stikala na diferenčni tok z nadtokovno zaščito in tako združujejo lastnosti inštalacijskega odklopnika in zaščitnega stikala na diferenčni tok. Njihovo delovanje je neodvisno od napajalne napetosti. Uporaba predvsem v tokokrogih s povečanimi zahtevami glede napetosti dotika, tokokrogih prenosnih porabnikov, vrtcih, šolah, bolnicah itd. (Vir: www.eti.si)



pogoje za priključitev porabnika na omrežje. Za pravilno električno opremo strojev in naprav so odgovorni proizvajalci. Najbolj problematične so razne širitve in spremembe inštalacij, ki pogosto niso predhodno načrtovane niti ne ustrezno dokumentirane in jih nemalokrat izvajajo strokovno ne dovolj usposobljeni izvajalci. Odgovornost za pravilno vzdrževanje in uporabo je pri izvajalcih gospodarske ali poklicne dejavnosti na strani delodajalcev. K temu jih zavezujejo tako predpisi s področja varnosti in zdravja pri delu kot tudi posebni predpisi s področja inštalacij in delovne opreme, ki določajo ali zahtevajo določitev rokov za redne preglede in preizkuse inštalacij in opreme. Pogosto tudi precej ohlapnih zahtev ne izvajajo redno in ne dovolj strokovno. Še slabše so razmere v gospodinjstvih, kjer pregledov in preizkusov praktično ni, prihaja pa tudi do nestrokovnih posegov, sprememb in neustrezne uporabe. Problematične so zlasti razmere na zelo starih, neustrezno vzdrževanih inštalacijah. Statistike tujih držav kažejo, da leži večina vzrokov nezgod z električnim udarom v nizkonapetostnem področju v napakah na električnih inštalacijah in napravah. Najpogostejše napake so:

- poškodovane vtičnice in ostali vtično-spojni elementi,
- poškodbe dovodov in priključnih spojnih mest,
- napaka na izolaciji električne opreme strojev in naprav.

Kako bi lahko preprečili nevarne situacije in nezgode Na splošno velja električna oprema za razmeroma varno, če so upošte-

vani ustrezni predpisi in standardi. Osnovni varnostni ukrepi so bili uvodoma že predstavljeni. Tveganja nastajajo predvsem zaradi neustreznih inštalacij ali neustrezne uporabe ter ob neustreznem vzdrževanju inštalacij in naprav. Kjer je primerno, je treba poskrbeti zlasti za ustrezno povezavo z zaščitnim vodnikom. Uporabnik mora pred vsako uporabo preveriti stanje naprav in priključnih kablov ter spojnih elementov. Poskrbeti je treba za redne preglede in preizkuse električnih inštalacij in naprav.

Dodatni ukrepi na fiksnih napravah

Predvsem starejše inštalacije v gospodinjstvih, ki že desetletja niso bila pregledana in preizkušena, bi bilo treba preveriti in ustrezno obnoviti, posodobiti in opremiti z dodatnimi varnostnimi napravami. To velja zlasti za bolj izpostavljene prostore, kot so kopalnice in kuhinje. V pripravi so novi predpisi za električne inštalacije, v katerih bi morali posebno pozornost posvetiti tudi izboljšanju varnosti obstoječih inštalacij. Povečanje varnosti je mogoče doseči z vgraditvijo ustreznih zaščitnih stikal na diferenčni tok (RCD oziroma FI stikal). Uporabljajo se za zaščito pred posrednim dotikom delov pod napetostjo in za preprečitev trajne napetosti na ozemljenih kovinskih delih, ki bi nastala zaradi napake na električni inštalaciji. Zaščitna stikala na diferenčni tok se lahko uporabljajo v sistemih omrežja, kjer sta zaščitni in ničelni vodnik ločena. Obstajajo tudi številne zaščitne naprave, ki ponujajo zaščito RCD v kombinaciji z dodatno zaščitno funkcijo (slika 4).

Na nekaterih področjih, na primer v gradbeništvu, morajo te naprave že varovati vse končne tokokroge. V nacionalni zakonodaji bo treba tudi za druga nevarna področja bolj natančno opredeliti inštalacije in naprave, ki morajo biti opremljene s tovrstnimi dodatnimi zaščitnimi ukrepi. Razmisliti velja tudi o vgradnji dodatnih stikal RCD v obstoječih inštalacijah. Številne evropske raziskave o zanesljivosti delovanja vgrajenih stikal RCD in o doslednosti pri njihovem preverjanju in vzdrževanju kažejo, da bo treba lastnike objektov in naprav bolj ozavestiti tudi v tej smeri. V povprečju je neustreznih kar okoli 6 % stikal RCD. Tveganje je namreč pogosto večje, kadar so varnostne naprave sicer vgrajene in na katerih delovanje se uporabnik zanaša, ki pa nato v kritičnih trenutkih zaradi okvar ne delujejo in ne preprečujejo nevarnih dogodkov.

Dodatni ukrepi pri uporabi prenosnih naprav

Pri uporabi prenosnih električno-napajanih naprav so v nekaterih evropskih državah, zlasti za bolj tvegana področja, že pred leti začeli uporabljati prenosna zaščitna stikala na diferenčni tok (PRCD - Portable Residual Current Device) kot dodatno zaščito pred nevarnostjo električnega udara. Obstajajo različne vrste teh varnostnih naprav. Nekatere je moč namestiti na vtičnice kot vmesni element med fiksno inštalacijo in priključnim kablom prenosne električne naprave, pri drugih izvedbah pa so zaščitna stikala vgrajena v priključne kable naprav oziroma v podaljške. Različne so lahko tudi funkcijske



Slika 5: Nekaj izvedb prenosnih zaščitnih stikal na diferenčni tok (PRCD) proizvajalca Kopp (<http://www.kopp-ag.de>)

značilnosti in standardi, po katerih so narejene. Obstajajo tri skupine:

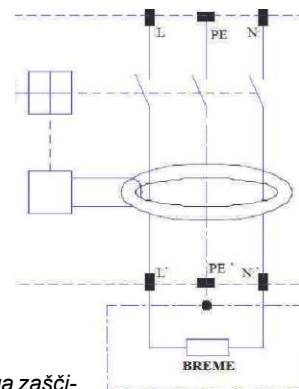
1. PRCD brez prekinitve zaščitnega vodnika; v primeru napake se prekinijo le fazni in nevtralni vodnik. Ta stikala ustrezajo standardu SIST HD 639 (povzet po IEC 61540).

2. Stikala PRCD s prekinitvijo zaščitnega vodnika; v primeru napake so prekinjeni vsi poli, vključno z zaščitnim vodnikom - skladno z DIN VDE 0661.

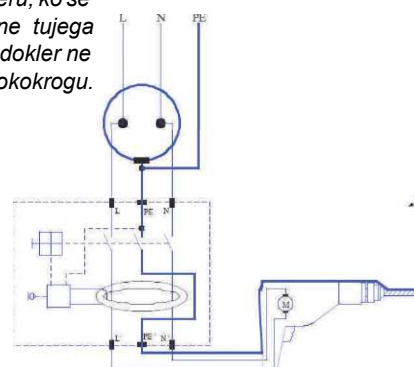
3. PRCD-S s posebno testno funkcijo - skladno z BGI 608, ki omogoča funkcijo zaščitnega vodnika in preprečuje priklop napajanja, če je zaščitni vodnik v okvari. V mnogih primerih se pregledi fiksnih električnih inštalacij ne opravljajo redno ali pa sploh ne. Napake, ki se lahko pojavijo na taki inštalaciji, niso odkrite in lahko predstavljajo veliko tveganje za uporabnike prenosnih naprav razreda I, ki jih priključijo na okvarjeno fiksno električno napeljavo. Nevame so zlasti napake, pri katerih se na zaščitnem vodniku pojavi fazna napetost. Znatno zmanjšanje tveganj in povečanje varnosti dosežemo z uporabo prenosnih zaščitnih stikal na diferenčni tok (PRCD), ki delujejo tako, da napravo v primeru nevarnosti popolnoma izolirajo od fiksne inštalacije. V teh primerih so najbolj učinkovita zaščitna stikala, ki v primeru enofaznega napajanja odklopijo vse tri pole - poleg faznega in nevtralnega tudi zaščitni vodnik.

V primerih, ko pridemo z opremo razreda I v stik s tujim tokokrogom, pa ni varno prekiniti zaščitnega vodnika. Kljub ustrezni odklopni napravi v tujem tokokrogu tedaj ne

Slika 6: Električna shema enofaznega zaščitnega stikala na diferenčni tok (PRCD), ki odklopi vse tri pole - poleg faznega in nevtralnega tudi zaščitni vodnik.



Slika 7: Električna shema delovanja enofaznega zaščitnega stikala na diferenčni tok PRCD-S v primeru, ko se uporabnik prek prevodnega ohišja dotakne tujega tokokroga. Zaščitni vodnik je povezan, vse dokler ne deluje odklopna naprava v tujem tokokrogu.



bo prišlo vedno do dovolj hitrega odklopa napajanja. Take nevarnosti pretijo zlasti pri uporabi prenosnih strojev za vrtanje, rezanje, brušenje ... Zato v nekaterih državah prekinitve zaščitnega vodnika ni dovoljena, čeprav taka zaščita v nekaterih primerih zato ni učinkovita. V zadnjem času se ponuja optimalna rešitev z uporabo zaščitnih stikal PRCD-S, ki:

- v primeru nevarnosti prekinijo tudi zaščitni vodnik,
- zagotavljajo neprekinjeno povezavo zaščitnega vodnika, če pridemo v stik s tujim tokokrogom,
- jih sploh ni mogoče vključiti, če zaznajo napako v povezavi zaščitnega vodnika.

Naprave razreda II

Pri uporabi naprav razreda II obstaja velika nevarnost električnega udara v primeru poškodbe izolacije ali njene premostitve zaradi vlage, umazanije, poškodbe priključnega kabla, vtičnega pribora ... Nevama je predvsem njihova uporaba v specifičnih okoljih - zlasti v vlažnih delovnih okoljih, gradbeništvu, kmetijstvu, pri delu na vrtu ... Povečanje varnosti je v teh primerih mogoče doseči z uporabo dvopolnih stikal PRCD. V vseh primerih je priporočljivo vgraditi oziroma namestiti zaščitna stikala čim bližje priključnemu mestu na fiksno inštalacijo, najbolje kar na vtičnico.



Slika 8: Po nekaterih statistikah se glede nezgod z električnim udarom kritična zlasti manjša gradbišča. Zaradi neugodnih razmer je tu vedno obvezna uporaba zaščitnih stikal na diferenčni tok kljub uporabi orodja razreda II. Če na razpolago ni ustreznih gradbenih razdelilnih omar, si lahko pomagamo s prenosnimi stikali PRCD. (Vir: www.kopp-ag.de)

Literatura in viri

- <http://www.kopp-ag.de/de/produkte/personenschutz.asp>
- <http://www.kan.de>
- <http://www.eti.si>
- <http://www.abb.si/>
- SIST HD 639

Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (Ur. list RS, št. 29/92).