



# Primjena FID (RCD) sklopke na brodu

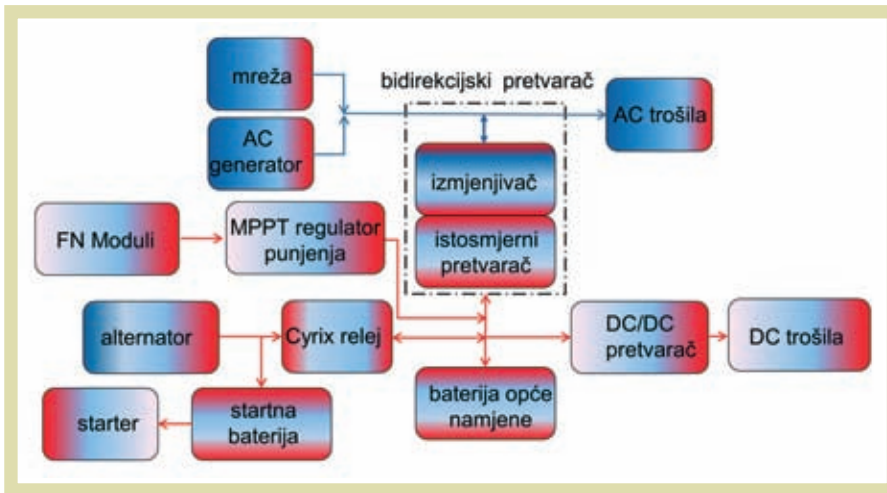
Tekst i foto: **Josip Zdenković, SCHRACK TECHNIK d.o.o.**

**P**ri osmišljavanju fotonaponskog sustava za napajanje brodskih trošila u prethodnim nastavcima smo odredili 3 tipična baterijska sloga i oko njih

dograđivali opremu, korak po korak. Proučili smo tako MPPT regulatore punjenja, uparivanje fotonaponskih modula s MPPT regulatorom i baterijom, izravne punjače baterija

iz obalne mreže, inteligentni relej za spajanje startne baterije i baterije opće namjene, autonomne izmjenjivače, bidirekcijske pretvarače. U posljednjem nastavku upoznali smo BP sklopku

**Sve dok je plovilo priključeno na obali situacija je gotovo jednaka kao i u kućnim instalacijama. Plovilo za razliku od kućne instalacije naravno nema lokalni trakasti ili štapni uzemljivač. Plovilo računa na zemlju, tj zaštitni PE vodič iz priključnice sa obale. Stoga priključni kabel ne smije biti dulji od 25m, ne smije biti više puta spajan, mora imati odgovarajući presjek i naravno biti u ispravnom stanju**



Slika 1. Blokova shema sustava

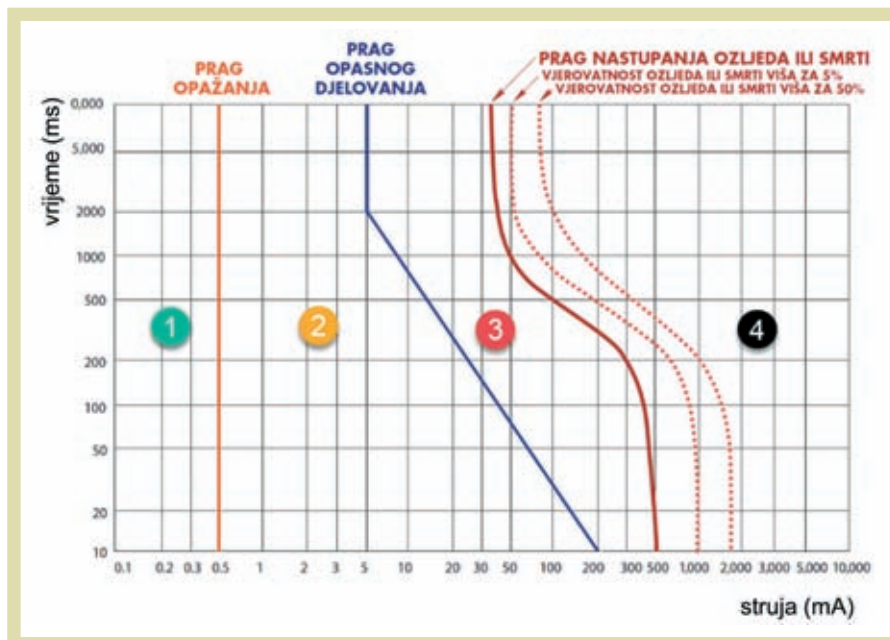
koja automatski isključuje i uključuje istosmjerna trošila ovisno o naponu baterije i na taj način učinkovito štiti bateriju od prekomjernog pražnjenja. Upoznali smo kako nastaje i zašto je nepoželjna prekomjerna razina valovitosti istosmjernog napona u instalaciji.

U ovom nastavku ćemo u sustavu koji smo do sada uspostavili (prema slici 1) pokušati objasniti primjenu, već u toliko navrata spominjanih, RCD sklopki, a uvažavajući specifičnosti primjene u plovilu. O zaštitnim prekidačima i RCD sklopkama smo već govorili prije 20-tak nastavka, ali u dijelu koji se odnosio na priključne ormariće za plovila.

### Djelovanje struje na čovjeka

Za djelovanje elektriciteta na čovjeka najvažnija je jakost struje koja protječe kroz ljudsko tijelo. Pri razmatranju djelovanja električne struje na ljudski organizam razlikujemo slijedeće granične struje:

- prag opažanja (područje 1, slika 2.)
- otpuštajuća struja kao najveća struja pri kojoj se čovjek može snagom svojih mišića odvojiti od dijelova pod naponom (područje 2, slika 2.),
- nefibrilacijska struja kao struja koja još ne izaziva smrtnost (to je struja većeg iznosa od otpuštajuće struje, izaziva grčenje mišića,



Slika 2. Djelovanje struje na čovjeka u ovisnosti o jakosti i trajanju struje

**SCHRACK STORE**

Tisuće artikala na raspolaganju spremnih za preuzimanje

**INTERNET TRGOVINA**

Mobilnost sa Live Phone aplikacijom

www.schrack.hr

Get Ready. Get Schrack.

no može se smatrati još uvijek neopasnom za čovjeka) (područje 3, slika 2.),

- fibrilacijska struja kao ona struja koja izaziva smrtnost (njezina je vrijednost relativna za svakog čovjeka) (područje 4, slika 2.).

Vrlo veliki utjecaj na posljedice koje će nastati djelovanjem električne struje ima osim jakosti i trajanje njenog protjecanja.

Za normalne uvjete okoliša i uporabe trajno dopušteni napon izravnog dodira čovjeka s dijelovima pod naponom je manji od 50 V za izmjeničnu struju, a manji od 120 V

za istosmjernu struju. Za teže uvjete rada i okoliša (trajni dodir čovjeka s potencijalom zemlje i znatno smanjenje otpora tijela čovjeka zbog vlažnosti kože) granični napon dodira iznosi 25 V za izmjeničnu struju, a 60 V za istosmjernu struju.

Ako je čovjek ipak izložen izmjeničnom naponu većem od 50V uz frekvenciju napona od 50 Hz, onda se u smislu zaštite čovjeka, za određeni iznos napona mora osigurati da on ne traje dulje od određenog vremena. Trajanje struje uz izmjenični napon od 230V, 50 Hz tako primjerice ne smije biti dulje

od 170ms, a u izrazito lošim, vlažnim uvjetima ne smije biti dulje od 50ms!

Zaštita od izravnog dodira s dijelovima opreme koji su pod naponom izvodi se ugradnjom opreme u zatvorene ormare i korištenjem kvalitetno izoliranih kabela. No uslijed kvara na izolaciji vodiča, vodič pod naponom se ipak može spojiti na kućište trošila, metalnu opremu ili ostale metalne mase, a koje u redovnom radu nisu pod naponom. Tada govorimo o neizravnom tj indirektnom dodiru i stoga i o odgovarajućoj zaštiti od indirektnog dodira. Napon koji se pojavljuje između istodobno dostupnih dijelova za vrijeme kvara zove se napon dodira, odnosno dodirni napon. Očekivani napon dodira može poprimiti vrijednost izvora u slučaju ako je do spoja vodiča na kućište trošila došlo upravo na priključnoj stezaljci trošila, a drugi istodobno dostupni pristupačni vodljiv dio ima izravan spoj sa zemljom kako je prikazano na slici 3.

Jedan od načina zaštite od indirektnog dodira izvodi se automatskim isključivanjem napajanja.

Da bi ova zaštita ispunila svoju zadaću, svaki kvar na izolaciji opreme mora prouzročiti dovoljno jaku struju kvara koja će izazvati prekidanje napajanja u vremenu koje je dovoljno kratko za očuvanje sigurnosti ljudi!

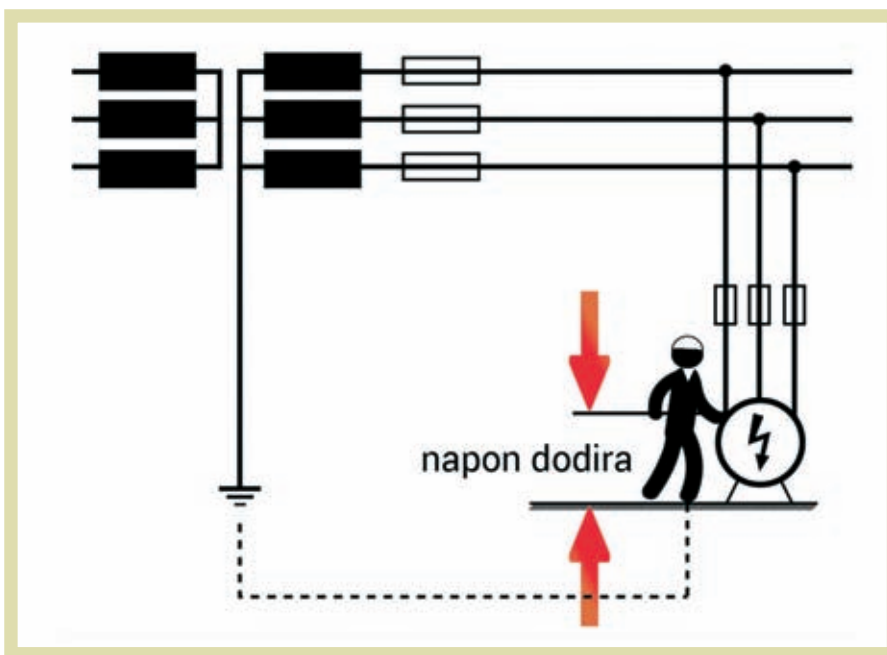
To još jednom ponovljeno znači:

- mora postojati zatvoreni strujni krug-petlja, koji omogućava protjecanje struje kvara (pri čemu strujni krug kojim protječe struja kvara ovisi o sustavu uzemljenja mreže i trošila, TN,TT, IT,

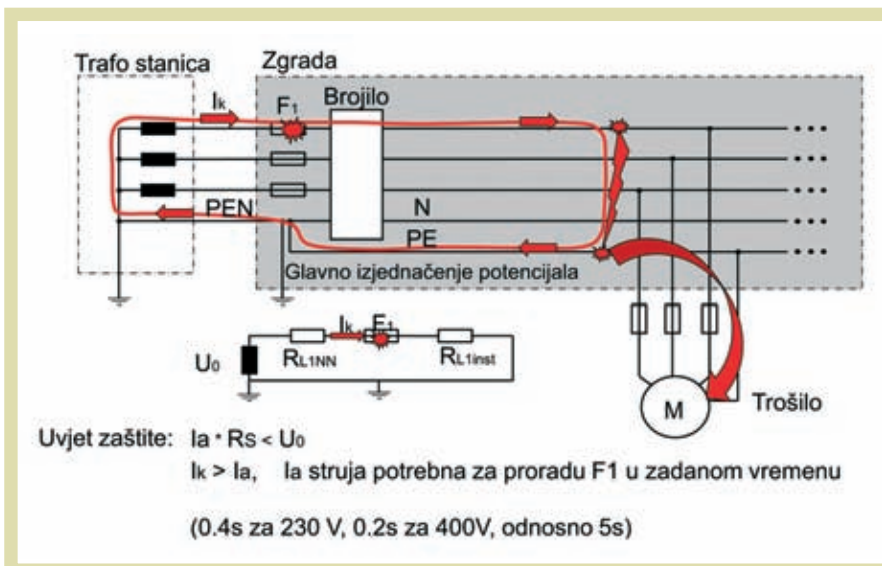
- prekidanje struje kvara se mora dogoditi primjenom prikladnih zaštitnih uređaja u tako kratkim vremenima da ne dođe do ozljeđivanja osobe koja je bila izložena naponu dodira.

### Uređaji nadstrujne zaštite

Uređaji za osiguranje zaštite od indirektnog dodira automatskim isključivanjem napajanja nazivaju se i uređaji nadstrujne zaštite. Tipični primjer uređaja nadstrujne zaštite je topivi osigurač. Njegova primjena prikazana je na primjeru kuće koja je priključena na trafostanicu, slika 4. Na slici 4. je zamišljeno da je do dozemnog spoja došlo odmah iza kućnog brojila, no moglo je doći u bilo kojem trošilu u toj zgradi. Izvor napona

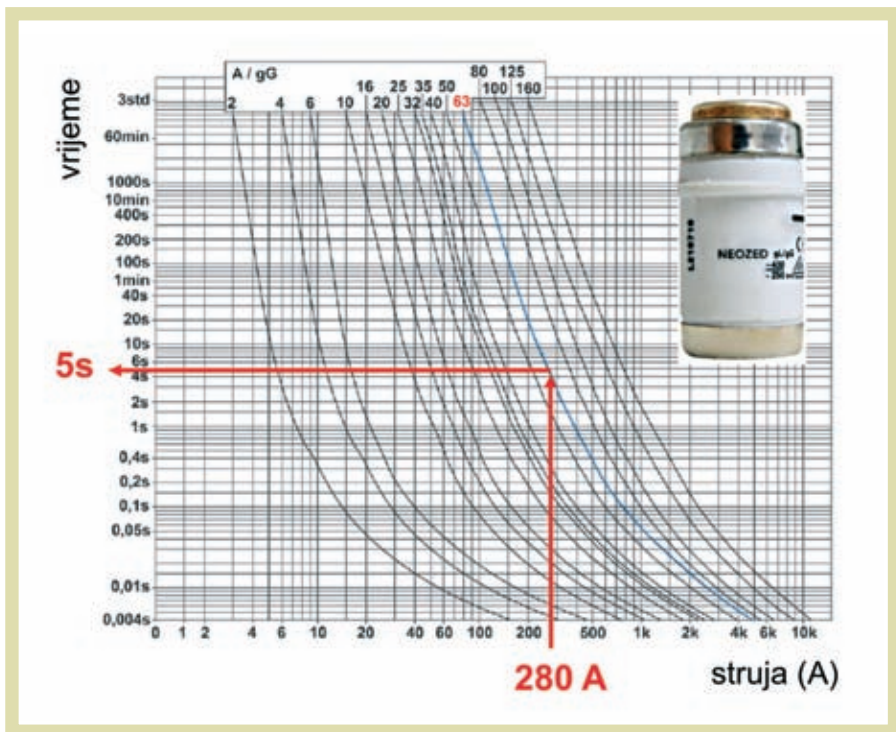


Slika 3. Neočekivani susret sa strujom: dodir metalnog kućišta neispravnog uređaja



Uvjet zaštite:  $I_a \cdot R_s < U_0$   
 $I_k > I_a$ ,  $I_a$  struja potrebna za proradu F1 u zadanom vremenu  
 (0.4s za 230 V, 0.2s za 400V, odnosno 5s)

Slika 4. Zaštita od neizravnog dodira u TN sustavu



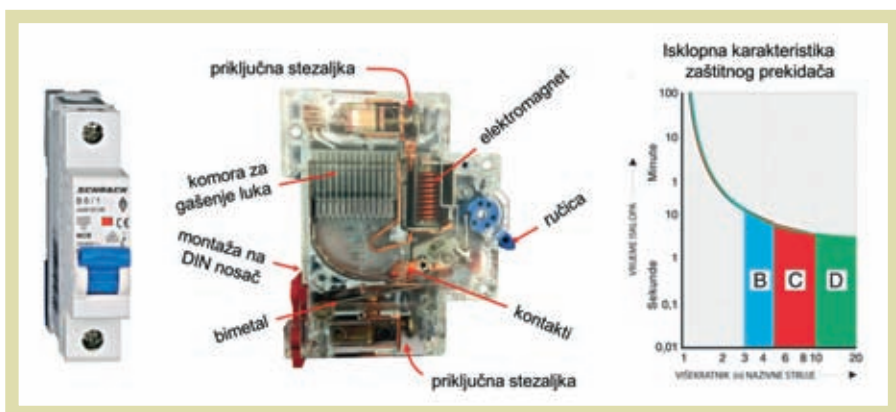
Slika 5. Provjera potrebne struje kratkog spoja za željeno vrijeme automatskog isključenja

Uo mora kroz otpor petlje  $R_s$  kojom se zatvara struja kratkog spoja moći protjerati struju  $I_k$  veću od struje  $I_a$ , pri čemu je  $I_a$  struja pri kojoj osigurač rastavlja krug u zahtijevanom vremenu. Norme propisuju vrijeme prorade uređaja nadstrujne zaštite (npr: utičnice do 63A 0,4s za 230V, 50 Hz, 0,2s za 400V, 50 Hz, stabilna neprenosiva oprema 5s). Na slici 5 je pokazan primjer prorade jednog topivog osigurača 63A.

Kao mogući uređaj nadstrujne zaštite (engl. overcurrent protective device) češće se koristi zaštitni prekidač (ili ono što majstori često zovu automatski osigurač, engl. miniatur circuit breaker). Zaštitni prekidač za

razliku od topivog osigurača nema prirodno svojstvo ograničenja struje kratkog spoja. Topivi osigurač će isključiti strujni krug i neće pri tome dozvoliti prolaz velike struje i energije kratkog spoja dalje, „kroz sebe“. Zaštitni prekidač će uspješno prekidati struje kratkog spoja samo do svoje prekidne moći (6,10,12,25, 50 kA). Zaštitni prekidač dakle mora biti izabran s prekidnom moći tako da ona bude veća od maksimalne struje kratkog spoja koja se može dogoditi na mjestu ugradnje.

Na slici 6. je presjek i strujno-vremenska karakteristika isklapanja zaštitnog prekidača. Zaštitni prekidač ima dva okidačka isklapna mehanizma



Slika 6. Zaštitni prekidač uz tipične karakteristike isklapanja



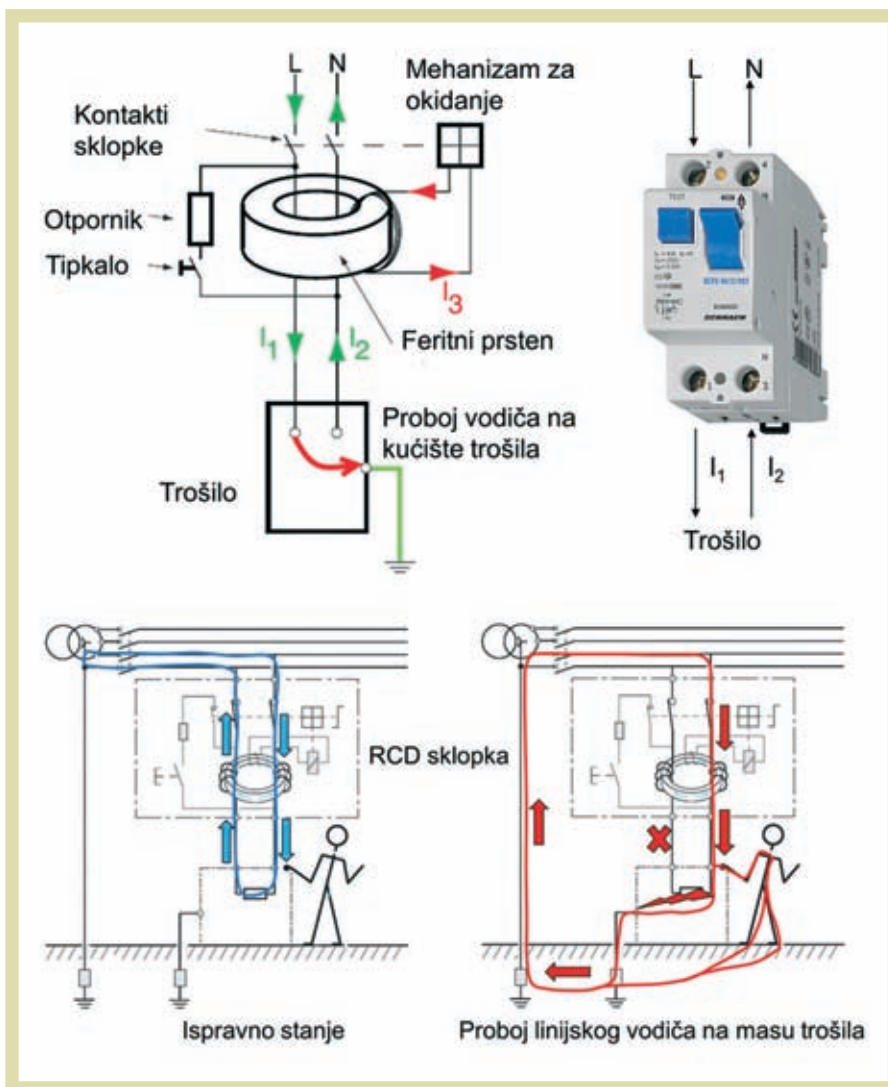
SCHRACK POSLOVNICE I  
PRODAJNO - SKLADIŠNI PROSTORI U:  
ZAGREBU - OSIJEKU - RIJECI - SPLITU.

VAŠ PARTNER U  
ELEKTROTEHNICI

**SCHRACK**  
TECHNIK

www.schrack.hr

Get Ready. Get Schrack.



Slika 7. Princip djelovanja RCD sklopke

u sebi. Uklapanje se provodi ručno preko ručice. Na prekidaču je i indikator položaja ručice, odnosno uklopljenog ili iskllopljenog stanja.

Prvi okidač isklapanja je termički okidač za nadzor dugotrajnijeg, a iznosom manjeg preopterećenja što se rabi za zaštitu priključnih kabela od topljenja izolacije zbog strujnog preopterećenja. Strujno preopterećenje se događa kada na instalaciji priključimo više trošila nego što dozvoljavaju presjeci ugrađenih vodiča. Za termički okidač se koristi bimetalni element. Bimetalni element u prekidanju strujnog kruga se primjerice može naći i u termostata glačala ili grijalica. Drugi okidač isklapanja je elektromagnetski okidač. Pri protjecanju struje kratkog spoja kroz zavojnicu (elektromagnet) se stvara magnetsko polje koje privuče kotvu i pokrene mehanizam isklapanja. Za uočiti je tri karakteristike: B, C i

D zaštitnih prekidača. U području termičkog okidanja svi reagiraju jednako, dok se pri većim strujama, strujama kratkog spoja u strujnom krugu, karakteristike isklapanja razlikuju.

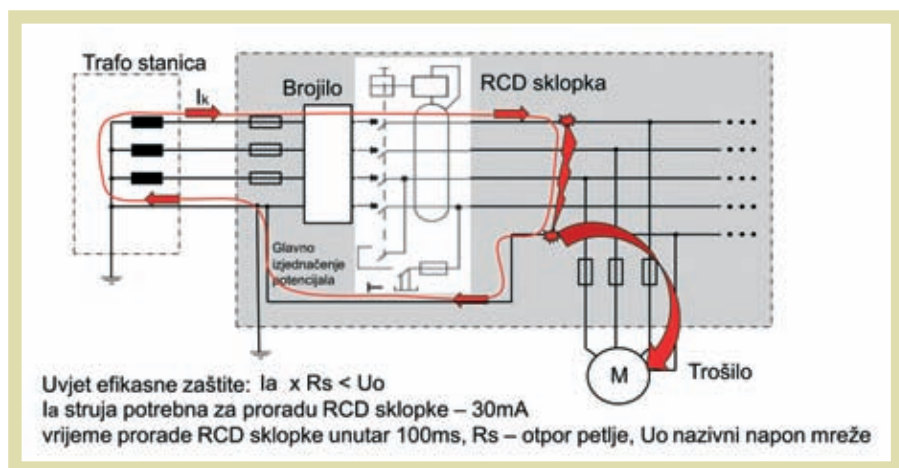
Tako će prekidač A karakteristike isklapati već pri  $5 I_n$  (primjena kao kućni instalacijski prekidači), C karakteristike pri  $10 I_n$  (primjena za motore, transformatore, fluo lampe), D karakteristike pri  $20 I_n$  (primjena za velike motore, transformatore, živine lampe). Svi oni, kada je struja kratkog spoja dovoljne razine za pojedinu karakteristiku, isklapaju unutar 100ms. Projektom se u ovom slučaju uvijek provjerava da u slučaju kratkog spoja kroz zaštitni prekidač može poteći dovoljno velika struja kratkog spoja koja može pobuditi magnetski okidač zaštitnog prekidača.

### RCD sklopka

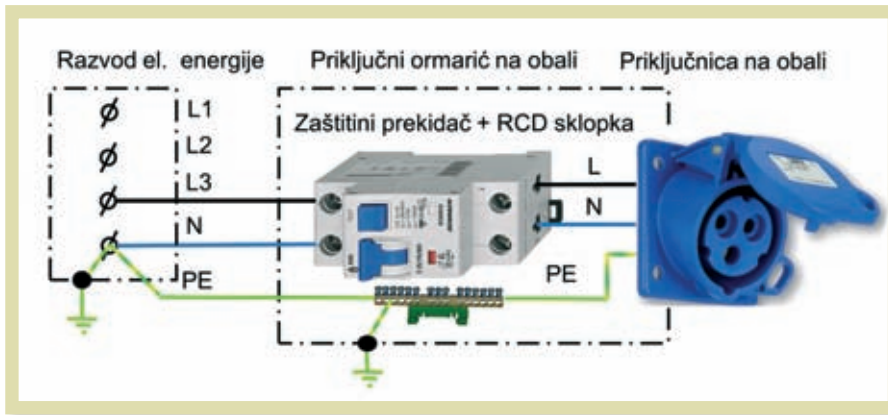
Slijedeći i najvažniji uređaj za osiguranje zaštite od neizravnog, ali i izravnog dodira automatskim isklapanjem je zaštitni uređaj diferencijalne struje (ZUDS) ili danas prihvaćeni naziv RCD sklopka (engl. Residual Current Device). Stariji naziv je i FID sklopka (engl. Fail Interrupting Device). Najvažniji podaci RCD sklopke su: nazivna struja  $I_n$  i nazivna struja greške  $I_{\Delta n}$ . Na svaku priključnicu u marini mora doći posebna RCD sklopka!

Princip djelovanja RCD sklopke je prikazan na slici 7. i temelji se na prvom Kirchofovom zakonu koji kaže da je suma struja koje ulaze u čvorište jednaka sumi struja koje izlaze iz čvorišta.

Pojednostavljeno: RCD sklopka mjeri struju koja preko faznog vodiča ulazi u nju i struju koja preko nul vodiča izlazi iz nje. Ključna komponenta RCD sklopke je feritni prsten (toroidni trafo). Kada na trošilu



Slika 8. Zaštita od neizravnog dodira u TN sustavu



Slika 9. Spoj priključnice preko kombiniranog zaštitnog prekidača u priključnom ormariću na obali

nema kvara suma struja koje prolaze kroz feritni prsten je jednaka nuli tako da se u namotajima na prstenu ne inducira struja. U slučaju kvara, kroz zaštitni vodič PE (uzemljenje) poteče struja kvara. Time je narušena ravnoteža, tj. suma struja koje prolaze kroz feritni prsten više nije jednaka nuli. U namotajima na feritnom prstenu inducira se struja koja teče kroz elektromagnet koji privuče kotvu i isključi prekidač. Radi testiranja RCD sklopke postavlja se ispitno tipkalo i otpornik. Kada pritisnemo tipkalo sklopka mora isključiti napajanje. RCD sklopke se mogu koristiti samo u sustavima gdje su nul vodič i zaštitni vodič odvojeni vodiči.

Važno je uočiti da RCD sklopka ne može detektirati struju kratkog spoja u trošilu. Za to pak služi već opisani zaštitni prekidač. RCD sklopka reagira samo kada struja „bježi“ kamo ne bi trebala!

Kao što smo na slici 4 prikazali uvjet efikasne zaštite od neizravnog dodira na primjeru zgrade priključene na trafostanicu, dakle namjerno ne na plovilu, pokažimo to i za djelovanje RCD zaštite. Napon mreže  $U_0$  kroz petlju kvara s otporom  $R_s$  mora protjerati svega 30 mA (za najosjetljiviju RCD sklopku s diferencijalnom strujom 30mA). To će se dogoditi kada je otpor petlje manji od 7,7 kohma što će uz svaku izvedbu ožičenja biti uvijek ispunjeno! Važno je uočiti da će RCD sklopka s 30mA nazivne diferencijalne struje isključiti već i pri struji kvara, tj. struji greške od 15 mA! Pri čemu je vrijeme isklopa redovito ispod 100 ms!

Današnja tehnologija omogućava u jednom kućištu realizaciju i zaštitnog prekidača i RCD sklopke

pa se onda takav uređaj naziva kombinirani zaštitni prekidač i u njemu su objedinjena sva upravo opisana svojstva i zaštitnog prekidača i RCD sklopke. Upravo takav zaštitni uređaj će se najvjerojatnije nalaziti u instalaciji priključnice za brod u priključnom ormariću na obali kako prikazuje slika 9.

### Zaključak

U ovom nastavku smo dotaknuli zaštitne uređaje i osnovne principe djelovanja. I upravo dok gledate dosadašnje slike, posebno slike 4. i 8. osjećate se sigurnim jer sve što smo rekli do sada nije posebno komplicirano, niti nešto novo, zapravo ne odstupa od uobičajenih kućnih instalacija! Projektant zgrade mora projektom provjeriti osiguranje uvjeta prorade nadstrujne zaštite i proradu uređaja diferencijalne struje. Potom je izvođač dužan izvesti instalaciju po projektu, pri tehničkom pregledu i prije upotrebe instalacije sve se još jednom provjerava, mjeri, ispituje, dokazuje... I tek onda korisnik može početi koristiti zgradu. No što od ovoga radimo u opremi plovila, posebno vikend plovila? Priroda plovila pobrinula se da ovo nije kraj već tek početak razmišljanja.

U slijedećem nastavku ćemo provesti paralelu s izmjeničnim instalacijama za plovila. Promisliti situacije koje mogu nastati, a da RCD sklopka može zadržati svoje zaštitno djelovanje. Ako je kod autonomnog izmjenjivača slika još slična kućnim instalacijama, pri korištenju bidirekcijskih pretvarača postoje dvije situacije koje se moraju razmotriti.

OBNOVLJIVI IZVORI  
SUSTAVI  
ZGRADARSTVO  
KABELI  
RASVJETA  
ENERGIJA  
INDUSTRIJA  
VAŠ PARTNER U ELEKTROTEHNICI  
**SCHRACK**  
TECHNIK  
www.schrack.hr  
Get Ready. Get Schrack.