

## Zaštita života je na prvem mestu

Diferencijalne strujne zaštitne sklopke (RCCB) su namenjene za zaštitu od teških ozleda ili čak smrtnih posledica zbog električnog udara i za zaštitu od požara, do čega može doći zbog kvarova na električnim instalacijama i uređajima.

Tehnički propisi za niskonaponske električne instalacije predviđaju ugradnju diferencijalnih strujnih zaštitnih sklopki koje služe za zaštitu od indirektnog dodira delova pod naponom (do najveće jačine struje 100 mA), zajedno s glavnim zaštitnim elementima (topljivim osiguračima, odnosno automatskim prekidačima).

Mogu se koristiti u svim sistemima električnih instalacija u kojima su odvojeni nulti (N) i zaštitni (PE) provodnik. Za razliku od toga, u starim instalacijama gde se još koristi tzv. nulovanje i gde su N i PE provodnici objedinjeni, one se ne mogu koristiti.

No, takve instalacije predstavljaju potencijalnu opasnost i za korisnike i za njihovu imovinu pa zakoni i propisi o sigurnosti električnih instalacija predviđaju da se pri investicijskim i radovima na održavanju one moraju prilagoditi zahtevima iz propisa kojima se predviđa ugradnja (i delovanje) diferencijalnih strujnih zaštitnih sklopki.

Ipak, ugradnjom samo jedne diferencijalne strujne zaštitne sklopke, zajedno s glavnim zaštitnim elementom, kao što je predviđeno propisima, teško se istovremeno može osigurati i visok nivo zaštite (npr. u slučaju direktnog dodira delova pod naponom ili kada se radi o deci ili slabim osobama) i sprečavanje nepotrebnog, odnosno neželjenog okidanje sklopke. Zato se preporučuje dodatna primena diferencijalnih strujnih zaštitnih sklopki na 30 ili 10 mA ili kombinacija zaštitnih sklopki (KZS) na granama instalacije na kojima postoji povećana opasnost od električnog udara ili u prostorima u kojima češće borave ranjivije osobe (npr. u kupatilima i drugim vlažnim prostorima, dečijim sobama, radionicama). Za takve su slučajeve, a posebno za nemačko i tržište skandinavskih zemalja, u poslednjih nekoliko godina razvijene i posebne selektivne diferencijalne strujne zaštitne sklopke koje su predviđene za ugradnju na početku instalacije i čija je uloga sprečiti da zbog kvara na jednom delu instalacije cela zgrada ostane bez napajanja električnom energijom. Primer takvog rešenja je predstavljen na kraju ovog teksta.

## Vrste zaštite pomoću diferencijalnih strujnih zaštitnih sklopki

Obzirom na osetljivost, postoji više različitih uređaja za različite zaštite i to:

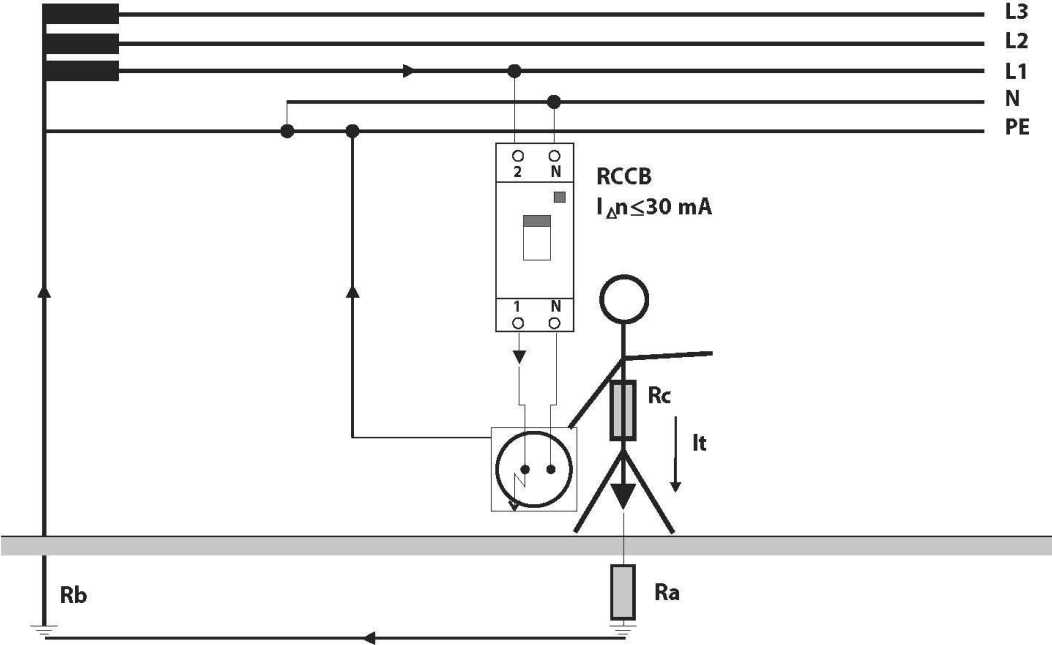
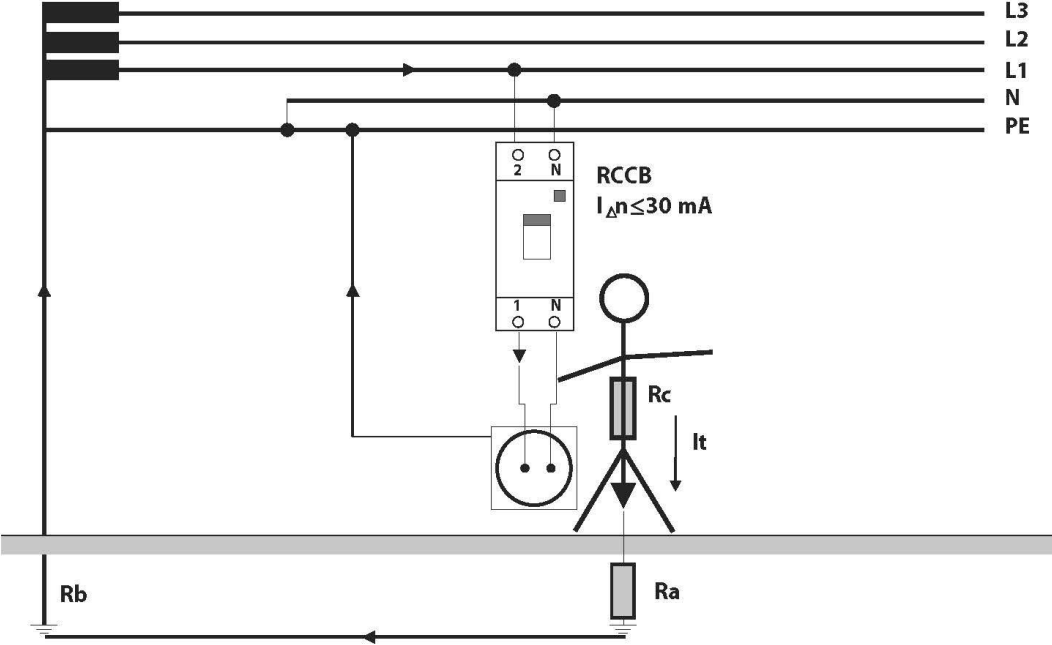
- za  $\leq 30$  mA: zaštita od direktnog dodira delova pod naponom ('dodatna zaštita')
- za  $\leq 100$  mA: zaštita od indirektnog dodira delova pod naponom ('osnovna zaštita')
- za  $\leq 300$  mA: protivpožarna zaštita.

Tehnički zahtevi za diferencijalne strujne zaštitne sklopke određeni su normama niza standarda IEC 61008 i evropski EN 61008.

Glavni kriterijumi za odabir pri tome su sledeći:

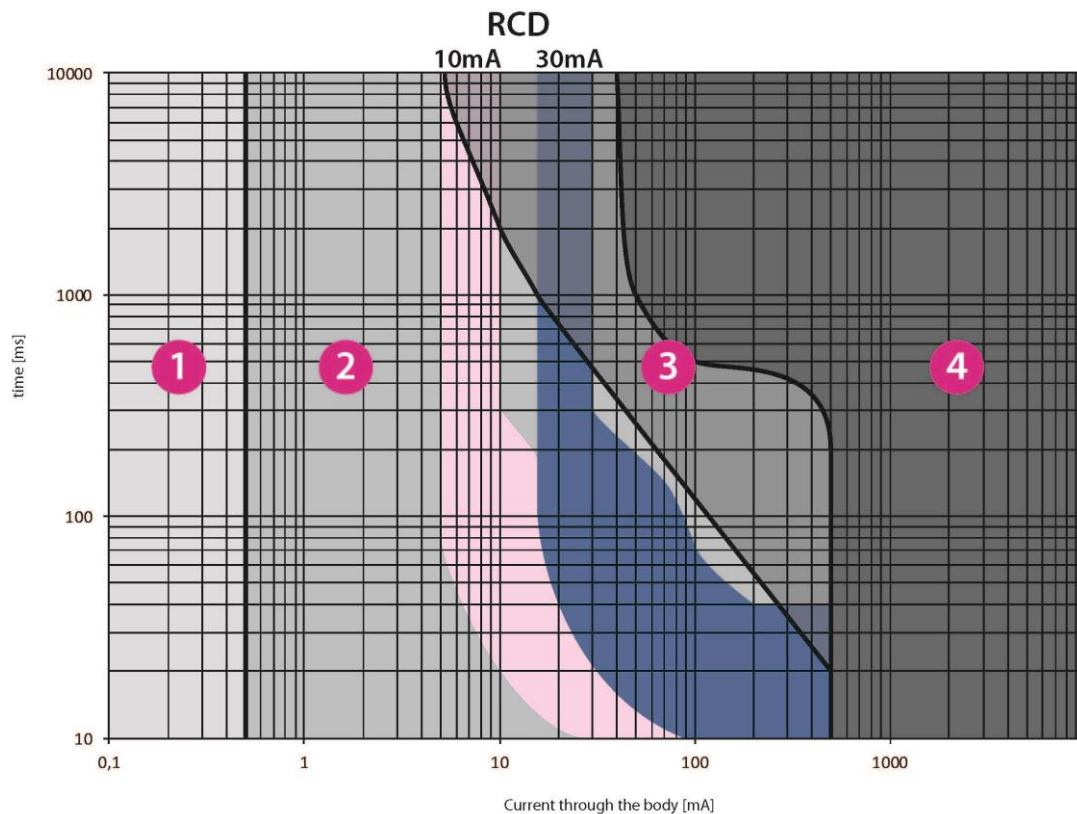
- broj polova: četiri ili dva
- nazivna struja: 16, 25, 40, 63, 80, 100 i 125 A
- nazivna diferencijalna struja: 10mA, 30mA, 100mA, 300mA, 500mA
- vreme isklopa: trenutno, kratkotrajno kašnjenje, selektivno.
- tip diferencijalne struje:
  - naizmenični sinusni oblik 50Hz: AC-tip,
  - naizmenični sinusni oblik 50Hz i jednosmerna pulsirajuća struja: A-tip.

Zaščita od direktnog dodira delova pod naponom - »**dodatna zaštita**«



Do direktnog kontakta dolazi kada ljudsko telo neposredno dodiruje delove pod naponom. Ako pretpostavimo da je otpor ljudskog tela približno  $1k\Omega$ , što naravno zavisi od provodnosti kože, u slučaju dodira napona 230V struja koja će proteći kroz telo je približno 230mA, što može biti fatalno.

Uticaj struje na ljudsko telo.



- 1: Oblast, gde su efekti neprimetni.
- 2: Oblast, u kojoj nema vidljivih neželjenih efekata, ni kontrakcije mišića.
- 3: Oblast, u kojoj može doći do kontrakcije mišića ali ne i opasnosti za srce.
- 4: Oblast, koja može biti opasna za srce.

Kao što se može videti, zaštitne sklopke za diferencijalnu struju od 10mA i manje, odnosno za vrednosti koje mogu dovesti do uticaja na ljudsko zdravlje, takvi uređaji se posebno preporučuju u kupatilima, dečijim sobama, vrtićima, školama, bolnicama...

Uređaji za nominalnu diferencijalnu zaštitu od 30mA i manje kvalifikovani su kao dodatna zaštita od strujnog udara.

### Zaštita od indirektnog dodira delova pod naponom - »osnovna zaštita«

Do indirektnog dodira dolazi kada ljudsko telo ne dodiruje direktno delove pod naponom, ali dodiruje provodne delove. U tom slučaju uređaj mora isključiti napajanje, jer pri kvaru zbog jačine i trajanja struje greške može doći do opasnosti za ljude.

Ova kategorija obuhvata sve uređaje za zaštitu čija nominalna diferencijalna struja ne prelazi 100mA.

## Protivpožarna zaštita

Kada je reč o protivpožarnoj zaštiti, s obzirom na odredbe IEC 60364-4-482, svi strujni krugovi sa sistemima uzemljenja TN i TT moraju biti zaštićeni diferencijalnim strujnim zaštitnim sklopkama, s nazivnom vrednošću  $I\Delta n \leq 300$  mA, osim za sabirnice.

## Tipovi zaštitnih sklopki na diferencijalnu struju - RCCB

Diferencijalne strujne zaštitne sklopke se međusobno razlikuju obzirom na način raspoznavanja diferencijalne struje i vremena okidanja.

Nivoi isklonih struja u odnosu na nazivnu diferencijalnu struju:

Tabela tipova RCD

Tabela sadrži podatke o nivoima isključenja struje u odnosu na nominalnu diferencijalnu struju u vezi sa različitim vrstama RCCB sklopki.

Važnu novost pri tome predstavljaju sklopke tipa B i B+, koji deluju u svim mogućim oblicima struje.




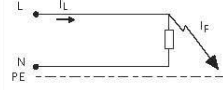
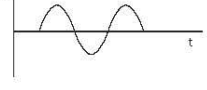
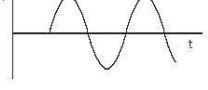
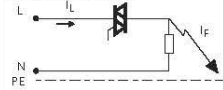
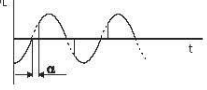
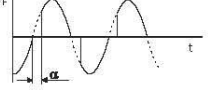
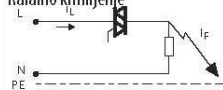
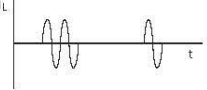


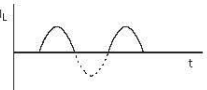
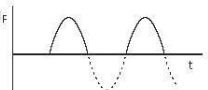
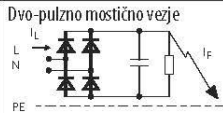
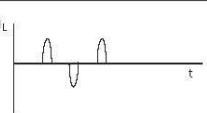
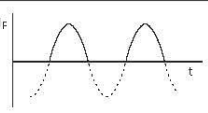

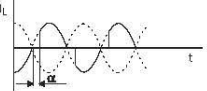
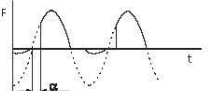
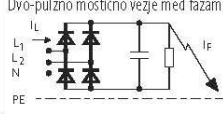
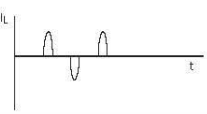
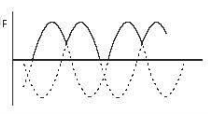
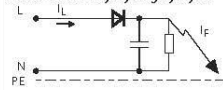
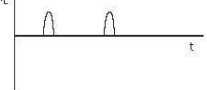
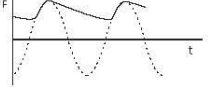
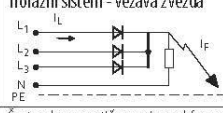
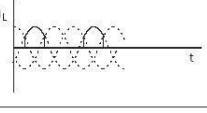
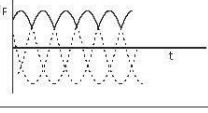
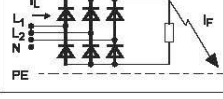
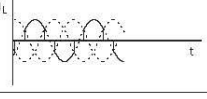
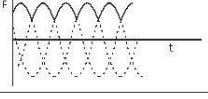
Svi provodni delovi uređaja koji se štite moraju biti uzemljeni. S obzirom na dopušteni dodirni napon ( $U_L$ ) i nazivnu vrednost diferencijalne struje ( $I\Delta n$ ), kod najvećih vrednosti otpora uzemljenja vreme isklopa mora biti kraće od 0,04s.

$R_{E\ max}$									
UL	50 V ~				25 V ~				
$I_{\Delta n}$	0,03	0,1	0,3	0,5	0,03	0,1	0,3	0,5	A
$R_{E\ max}$	1660	500	166	100	830	250	83	50	$\Omega$

## Tipovi zaštitnih sklopki na diferencijalnu struju u zavisnosti od oblika diferencijalne struje

S obzirom na to da se u strujnim krugovima mogu pojaviti različite diferencijalne struje i kakav se usmerni spoj koristi, treba odabrati odgovarajući tip diferencijalne strujne zaštitne sklopke RCCB.

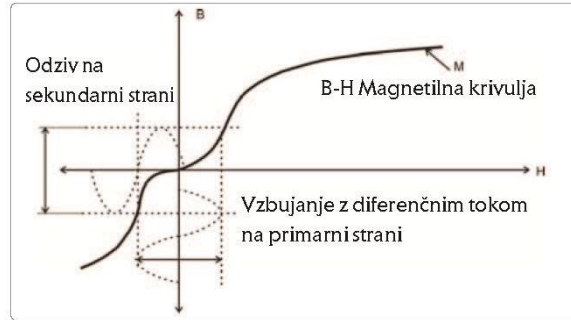
Pregled svih mogućih grešaka i adekvatnog izbora RCCB sklopke u zavisnosti od vrste greške:

			AC	A	B, B+	
						
	Priključev	Omrežni tok	Diferenčni tok			
1	Enofazni sistem 			✓	✓	✓
2	Nadzor faznega kota 			✓	✓	✓
3	Rafalno krmiljenje 			✓	✓	✓
4	Polvalni usmernik 				✓	✓
5	Dvo-pulzno mostično vezje 				✓	✓
6	Dvo-pulzno mostično vezje, polvalno krmiljenje 				✓	✓
7	Dvo-pulzno mostično vezje med fazama 				✓	✓
8	Polvalno usmerjanje z glajenjem 					✓
9	Trofazni sistem - vezava zvezda 					✓
10	Šest-pulzno mostično vezje med fazami 					✓

### AC-tip

Tip AC obuhvata diferencijalne strujne zaštitne sklopke koje su osetljive samo na sinusne oblike struje i zapravo su najjednostavnije.

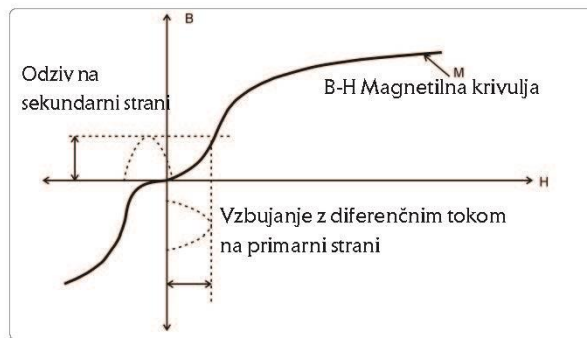
Princip rada diferencijalnog transformatora:



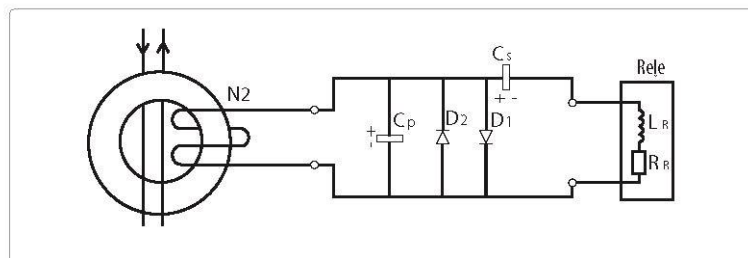
Gore je prikazana B-H magnetilna kriva diferencijalnog transformatora. Jačina magnetnog polja je zavisna od pobude diferencijalne struje, u jezgru transformatora se tada razvije magnetni fluks B, u skladu s tokom B-H krive. Zbog dovoljno velikog magnetnog fluksa B, indukovaće se napon na sekundarnoj strani i uzrokuje struju okidanja u okidnom releju.

### A-tip

Način rada u slučaju diferencijalne struje koja nastaje kao posledica pulsirajućih jednosmernih struja.



Vidimo da je odgovor na sekundarnoj strani upola manji, što znači da moramo taj signal povećati na neki način. To se ostvaruje sa posebnim spojem u sekundaru transformatora, što je prikazano.



Krug je odgovarajućim spojem usklađen s frekvencijom kojom se dobija najveći učinak i iskorišćenost izlaznog signala na sekundarnoj strani, a samim tim i optimalno delovanje releja pri nazivnoj frekvenciji. Uopšteno se može reći da sklopka A tipa odlično reaguje na sinusne i jednosmerne pulsirajuće diferencijalne struje s frekvencijama 50Hz i onima do neke treće harmonijske frekvencije, dok kod frekvencija većih od 1 kHz osetljivost sklopki tipa A pada.

Napomenuo bih da je delovanje zaštitnih sklopki AC i A tipa nazvano »naponski nezavisno«, što znači da za svoj rad ne trebaju napon napajanja. U slučaju prekida neutralnog provodnika sklopka će da nastavi da radi pravilno sa svim svojim propisanim tehničkim karakteristikama. Ovo je posebno važno u obezbeđivanju mera zaštite od indirektnog dodira, ili se može jednostavno reći pri obezbeđivanju »opštih« zaštitnih mera.

U vezi sa međunarodnim standardima za RCCB, odnosno zaštitnih sklopki na diferencijalnu struju situacija je sledeća:

IEC 61008, uopšteno A- i AC-tip, pored naponski nezavisnih sklopki, takođe su predviđene naponski zavisne izvedbe,

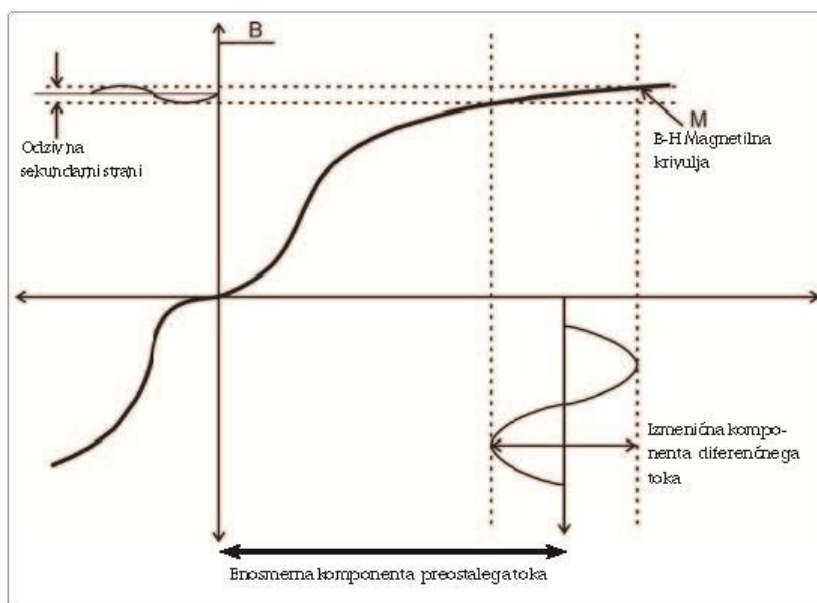
EN 61008, isto kao IEC predviđeni su AC- i A-tip, naponski zavisne sklopke nisu predviđene.

Stvarna situacija na tržištu pokazuje da su praktično sve RCCB sklopke kako unutar EU tako i van nje, naponski nezavisne, tako da se u ovim sklopkama ne koriste aktivni elektronski sklopovi koji za svoj rad zahtevaju napajanje.

## B-tip

B ili B+ tip deluju i prilikom pojave čisto jednosmerne diferencijalne struje. One se posebno javljaju kod ispravljača različitih tipova, druga opcija su invertori koji imaju veliku primenu kod fotonaponskih elektrana, takođe kod frekventnih regulatora za kontrolu brzine asinhronih motora, i još mnogo toga. Ukratko, u kućnim aparatima danas postoji elektronska kontrola, koja pored pulsirajuće jednosmerne struje greške prouzrokuje i pojavu čistih jednosmerne struje greške. Ova pojava je takođe česta kod malih fotonaponskih elektrana smeštenih na krovovima porodičnih kuća, koje sve više koriste PV tehnologiju za svoje potrebe. Invertori u PV sistemima su obično bez izolacionog transformatora i u slučaju kvara u elektronskom kolu pojava jednosmerne struje greške je veoma izgledna.

Šta se desi u klasičnom AC- ili A-tipu zaštitne sklopke na diferencijalnu struju u slučaju pojave jednosmerne struje:



Posve je jasno da diferencijalni transformatori ne razaznaje čistu jednosmernu struju, tako AC- ili A-tip zaštitne sklopke nisu osetljive na čisto jednosmernu struju greške. Još veći problem je prikazan na prethodnoj slici, gde je prikazano stanje u slučaju pojave

naizmjenične diferencijalne struje koja se superponiraju sa čistom jednosmernom strujom greške. U takvom slučaju jezgro diferencijalnog transformatora je u zasićenju i uprkos vrednosti naizmjenične struje greške, odziv na sekundarnoj strani je suviše mali da izazove aktiviranje relea. Dakle u slučaju zasićenja jezgra usled pojave jednosmerne struje greške, sklopka neće raditi ni u naizmjeničnom režimu, za ovakav slučaj se koristi izraz »zaslepljena« sklopka.

Problem »zaslepljenosti« AC- i A-tipa sklopki je delimično prepoznat u važećem standardu 61008, na takav način, da je predviđen test sa jednosmernom strujom od 6mA, nakon čega sklopka mora da funkcioniše ispravno. Međutim, ovaj test ne rešava problem pojave većih vrednosti jednosmernih struja.

Pravo rešenje ovog problema je upotreba zaštitnih sklopki na diferencijalnu struju tipa B. Potrebno je dodati da zaštitna sklopka tipa B pored osetljivosti na jednosmerne struje greške pruža osetljivost (zaštitu) u slučaju viših frekvenција do 1kHz i više.

Na prvi pogled B-tip sklopki se ni po čemu ne razlikuje u odnosu na AC ili A tip, ali ipak kada se pogleda u unutrašnjost videće se suština tehničkih različitosti ovih tipova. Osnovna ideja je činjenica da B-tip najpre mora ispuniti sve tehničke zahteve propisane standardom 61008 za A tip. Zbog toga osnova konstrukcije proizilazi iz A tipa. Nakon čega je dodat još jedan strujni transformator i kompleksni elektronski sklop, koji obezbeđuje osetljivost na jednosmerne struje. U slučaju nestanka struje B tip će isto reagovati kao A tip.

Standardi:

IEC / EN 61008-1 osnovni standard za RCCB AC-tip i A-tip  
IEC / EN 62423 dodatni zahtevi za B-tip (do 1kHz)

### B+-tip □□

Kao i kod B tipa, sklopka B+ tip je takođe izvedena iz klasičnog A tipa, i ima sve funkcije kao A tip u skladu sa standardom 61008. Za razliku od B tipa B+ tip radi do frekvencije 20kHz, pri čemu prag okidanja mora biti niži od 420 mA.

Standardi:

IEC/EN 61008-1 osnovni standard za RCCB AC-tip i A-tip,  
IEC / EN 62423 dodatni zahtevi za B-tip (do 1kHz),

VDE 0664-400 dodatni zahtevi po nemačkom standardu za B+-tip (do 20kHz).

### Tipovi zaštitnih sklopki na diferencijalnu struju u zavisnosti od vremena isključenja

Prema vremenu okidanja razlikujemo 3 tipa zaštitnih sklopki:

- trenutni tip,
- kratkotrajno kašnjenje,
- selektivni tip.

Tabela ispod pokazuje razlike u vremenu okidanja između različitih sklopki.

Struja prekidanja	Tip RCCB	Vreme prekidanja $t_a$
$I_{\Delta n}$	Trenutni	$t_a \leq 300\text{ms}$
	Kratkotrajno kašnjenje - K	$10\text{ms} \leq t_a \leq 300\text{ms}$
	Selektivni - S	$130\text{ms} \leq t_a \leq 500\text{ms}$
$2 \times I_{\Delta n}$	Trenutni	$t_a \leq 150\text{ms}$



	Kratkotrajno kašnjenje - K	$10\text{ms} \leq t_a \leq 150\text{ms}$
	Selektivni - S	$60\text{ms} \leq t_a \leq 200\text{ms}$
$5 \times I_{\Delta n}$	Trenutni	$t_a \leq 40\text{ms}$
	Kratkotrajno kašnjenje - K	$10\text{ms} \leq t_a \leq 40\text{ms}$
	Selektivni - S	$50\text{ms} \leq t_a \leq 150\text{ms}$

### Trenutni tip

Trenutni tip diferencijalne sklopke se još zove i opšti, generalni tip. Kao što i samo ime sugerise ovaj tip reaguje gotovo trenutno na pojavu diferencijalne struje. Zbog toga trenutni tip može da izazove neželjena prekidanja, usled pojave atmosferskih pražnjenja i grmljavine, prelazna pojava usled okidanja, početna struja...

Ovaj tip odgovara standardima IEC 61008-1 i EN 61008-1.

### Kratkotrajno kašnjenje – K-tip

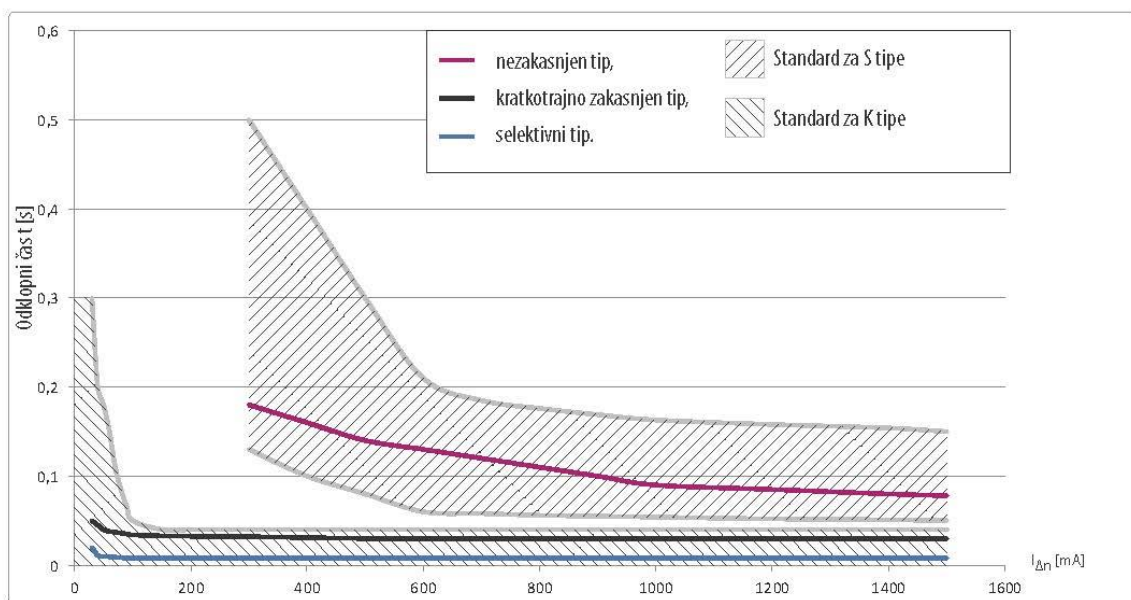
Ako želimo da izbegnemo neželjena prekidanja, koristi se tip sklopke sa kratkotrajnim kašnjenjem odnosno K tip, koji se ponekad zove i visoko imuna sklopka. Prema standardu 61008-1, K-tip nije posebno opisan.

### Selektivni tip – S-tip







Ukoliko želimo da postignemo selektivno isključenje u slučaju više redno vezanih sklopki na diferencijalnu struju, na početku instalacije je potrebno ugraditi S-tip sklopke, koja ima propisano zakasnelo okidanje u toj meri da prethodno dođe do prekidanja svih ostalih sklopki.

Selektivne sklopke na diferencijalnu struju su otuda dosta otpornija na trenutne impulse (8/20), pri čemu ta vrednost po standardu 61008 ne sme biti niža od 3kA.

Vremenska zavisnost prekidanja struje greške, za različite tipove diferencijalnih sklopki:

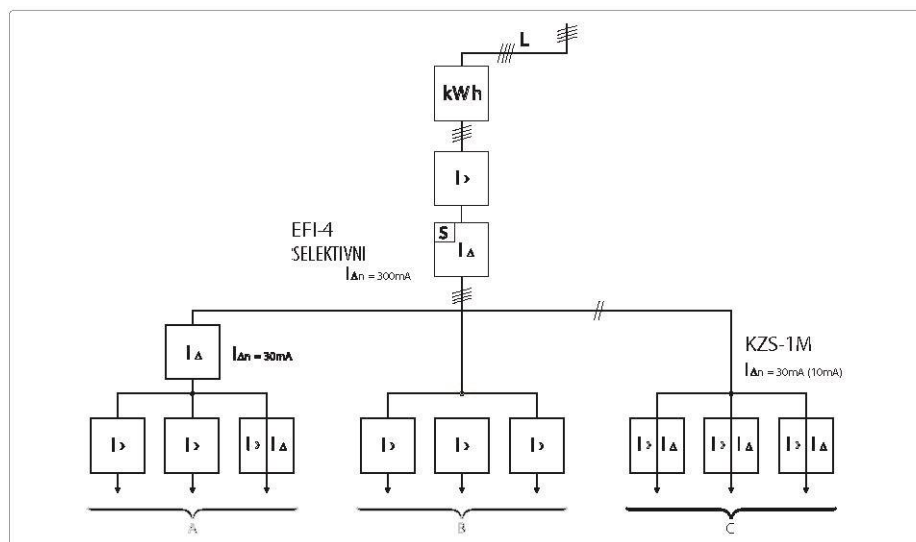


## Izbor odgovarajućeg tipa RCCB (FID) sklopke

Simple household installations without electronic components	Household installations with electronic components (LCD TV, computers, printers, wash machines, ...)	Surge current proof 3kA (8/20 $\mu$ s). High immunity against unwanted tripping For S: ensuring selectivity in case of serially connected RCD's	Installations where 3f frequency converters and speed regulated machines are used (elevators, cranes...). PV systems on a.c. side, Charging stations for electric vehicles, UPS, computer data centres, X-ray devices...	Surge current proof 3kA (8/20 $\mu$ s) High immunity against unwanted tripping For S: ensuring selectivity in case of serially connected RCD's	Requirement for increased fire protection according to VDE 0664-400
					
<b>AC type - Instantaneous</b> $I_n = 25, 40, 63, 80 \text{ \& } 100\text{A}$ $I_{\Delta n} = 30, 100, 300, 500\text{mA}$ 2p & 4p	<b>A type - Instantaneous</b> $I_n = 25, 40, 63, 80 \text{ \& } 100\text{A}$ $I_{\Delta n} = 30, 100, 300, 500\text{mA}$ 2p & 4p	<b>A type - K/G (short-time delay) &amp; S (selective)</b> $I_n = 25, 40, 63, 80 \text{ \& } 100\text{A}$ $I_{\Delta n} = 30, 100, 300\text{mA}$ for K and $I_{\Delta n} = 100, 300\text{mA}$ for S K/G - short time delay: time delayed min. 10ms and max. 40ms S - selective: time delayed min. 40ms and max. 150ms	<b>B type - Instantaneous (Tripping values are defined up to 1kHz)</b> $I_n = 25, 40, 63\text{A}$ $I_{\Delta n} = 30, 100, 300\text{mA}$ 4p	<b>B type - K/G (short-time delay) &amp; S (selective)</b> $I_n = 25, 40, 63\text{A}$ $I_{\Delta n} = 30, 100, 300\text{mA}$ for K and $I_{\Delta n} = 100, 300\text{mA}$ for S K/G - short time delay: time delayed min. 10ms and max. 40ms S - selective: time delayed min. 40ms and max. 150ms	<b>B+ type - Instantaneous (Tripping values are defined up to 20kHz and they are below 420mA) according to VDE 0664-400</b> $I_n = 25, 40, 63\text{A}$ $I_{\Delta n} = 30, 100, 300\text{mA}$ 4p

## Primer upotrebe RCCB sklopke

Klasične instalacije u stambenim i sličnim objektima najčešće koriste samo jednu diferencijalnu zaštitnu sklopku, i smeštene je odmah iza glavnih osigurača. U tom slučaju RCCB osigurava glavnu zaštitnu meru. Problem kod takvih objekata je u tome što ukoliko dođe do struje greške na bilo kojoj grani instalacije, zaštitna sklopka će isključiti kompletnu instalaciju. Gledano sa stanovišta modernog načina života, kao i zbog električnih uređaja koji se koriste, konstantna raspoloživost električne energije je neophodna.



Današnje moderne instalacije zahtevaju prisustvo nekoliko različitih sklopki za diferencijalnu struju, kao što je dole prikazano. Potrošači u instalaciji su podeljeni u nekoliko grupa.

Grupa A: potrošači koji zahtevaju visok nivo zaštite (30ma): kuhinja, dnevne sobe...  
Grupa B: potrošači gde je mogućnost dodira delova pod naponom manja: rasveta i sl.  
Grupa C: potrošači koji pored visokog nivoa zaštite, zahtevaju dostupnost električne energije: dečije sobe, kupatila, radionice...U tom slučaju za svaku grupu potrošača predviđena je dodatna zaštita 30mA ili čak 10mA.

Kao što se može videti najbolji, optimalni izbor kod stambenih instalacija je da za glavnu diferencijalnu sklopku koristimo selektivni S-tip, dok individualne grane instalacije štitimo klasičnom EFI zaštitnom sklopkom ili zaštitnom sklopkom sa prekostrujnom zaštitom, KZS sklopkom.

Klasičan primer renoviranja stare stanske table:



Na slici iznad je prikazana stara stanska tabla, u kojoj se nalazi klasična RCCB sklopka trenutnog tipa sa 8 automatskih prekidača.

Na slici ispod je prikazan novi tip stambenog ormara koji pored glavne, selektivne zaštitne sklopke, ima dodatnu zaštitu, odnosno ugrađeni su 3x KZS-1M. Korišćenjem KZS-1M (zaštitna sklopka za diferencijalnu struju sa dodatnom zaštitom za struju preopterećenja) dobili smo dodatnu, optimalnu zaštitu u istoj dimenziji stambenog ormara.

