

Trend razvoja zaščitnih stikal na diferenčni tok - 1. del

Prispevek govori o smereh sprememb stanja tehnike na področju zaščitnih stikal na diferenčni tok s posebnim poudarkom na spremembah standardov zaradi novih zahtev okolja, zanesljivosti delovanja, delovanja pri visokih frekvencah in uporabi napetostno odvisnih stikal.

Mitja Koprivšek

Zaščitna stikala oz. naprave na diferenčni tok so v praksi zelo uveljavljeni način zaščite pri posrednem dotiku delov pod napetostjo, požarom in pri neposrednem dotiku delov pod napetostjo, in sicer v različnih tipih in izvedbah inštalacij. Tipi inštalacij so naslednji: stanovanjske in podobne ter industrijske inštalacije. Izvedbe pa se nanašajo predvsem na sistem ozemljitve, torej TT, TN in IT sistem. Področje uporabe naprav na diferenčni tok je torej dovolj široko in pomembno, da je potrebno stalno spremljanje razvoja. Stanje tehnike je definirano s stanjem standardizacije, zato je v prispevku najprej predstavljena analiza standardov, s poudarkom na IEC EN in SIST standardih, dodani pa so izrazi, ki se navadno uporabljajo za posamezne produkte. V nadaljevanju je prikazana danes običajna uporaba naprav na diferenčni tok. Osrednji del prispevka pa je namenjen trendu razvoja teh produktov, pri čemer je treba poudariti spremenjene zahteve trga in s tem posledično tudi zahteve po spremembi standardizacije.

Izrazoslovje

V tem poglavju je nekaj nedomačih strokovnih izrazov, nekaj pa tudi okrajšav, ki sicer izhajajo iz angleškega jezika. Zanimivo je stališče VDE (vir:(1)), po katerem so navedeni vsi veljavni IEC, EN in VDE standardi, navaja pa tudi poenotene izraze za posamezne produktne skupine, skupaj z okrajšavami angleškega izvora: npr. RCD (ednina) in RCDs (množina).

V naslednji tabeli so navedeni osnovni izrazi za posamezne izvedbe naprav na diferenčni tok.

Tip	Angleški izrazi	Slovenski izrazi	Nemški izrazi
RCD	Residual Current Device	Naprava na diferenčni tok	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
RCCB	Residual Current Circuit Breaker	Zaščitno stikalo na diferenčni tok	Fehlerstrom-Schutzschalter
RCBO	Residual Current Circuit Breaker with Overcurrent protection	Zaščitno stikalo na diferenčni tok z nadtokovno zaščito	Fehlerstrom-Schutzschalter mit Ueberstrom-Schutzeinrichtung
RCU	Residual Current Unit	Modularna prigradna enota na diferenčni tok	Fehlerstrom-ausloeser zum Anbau an Leitungsschutzschalter
CBR	Circuit Breaker with Residual device	Odklopnik z diferenčnim sprožnikom	Leitungsschalter mit Fehlerstrom-Ausloeser
SRCD	Socket Residual Current Device	Vtičnica z napravo na diferenčni tok	Ortsfeste Fehlerstrom-Schutzeinrichtung in Stecdose
PRCD	Portable Residual Current Device	Prenosna naprava na diferenčni tok	Ortsveraenderliche Fehlerstrom-Schutzeinrichtung
RCM	Residual Current Monitor	Kontrolnik diferenčnega toka	Differenzstrom-Ueberwachungsgeraet
IMD	Isolation Measuring Device	Kontrolnik izolacije	Isolations-Ueberwachungsgeraet

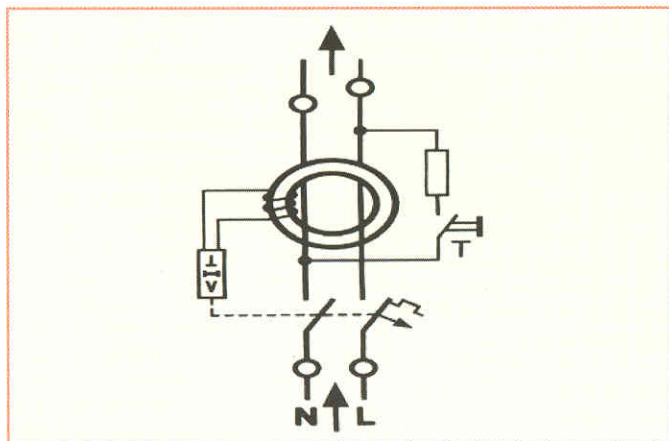
RCCB	IEC 61008-1 (2002-10) Ed 2.1. Amendment 1 - Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs) General rules + am1(2002-06) IEC 61008-2-1 (1990-12) Applicability of the general rules to RCCB's functionally independent of line voltage IEC 61008-2-2 (1990-12) Applicability of the general rules to RCCB's functionally dependent on line voltage	EN 61008-1:1994 Electrical accessories - Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCB's) - Part 1: General rules + A2+A11+A12+A13+A14+A17 prEN 61008-1:2003 Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCB's) - Part 1: General rules EN 61008-2-1:1994 Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCB's) - Part 2-1: Applicability of the general rules to RCCB's functionally independent of line voltage	SIST EN 61008-1:1996 Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCB's) - Part 1: General rules (IEC 1008-1:1990 + A1:1992, modified) + A11+A12+A13+A14+A17 SIST EN 61008-2-1:1996 Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCB's) - Part 2-1: Applicability of the general rules to RCCB's functionally independent of line voltage (IEC 1008-2-1:1990)	DIN EN 61008-1 / VDE 664 T10(2000-09) Fehlerstrom-/Differenzstrom-Schuttschalter ohne eingebauten Überstromschutz (RCCBs) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen Allgemeine Anforderungen DIN EN 61008-2-1 / VDE 664 T11(1999-12) Fehlerstrom-/Differenzstrom-Schuttschalter ohne eingebauten Überstromschutz (RCCBs) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen Anwendung der allgemeinen Anforderungen auf netzspannungsunabhängige RCCBs
RCBO	IEC 61009-1 (2003-02) Ed. 2.1 Consolidated Edition + Corr1(2003-05) + am1 (2002-11) Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBOs) - Part 1: General rules IEC 61009-2-1 (1991-09) Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's) - Part 2-1: Applicability of the general rules to RCBO's functionally independent of line voltage IEC 61009-2-2 (1991-09) Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's) - Part 2-2: Applicability of the general rules to RCBO's functionally dependent on line voltage	EN 61009-1:1994 Electrical accessories - Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's) - Part 1: General rules + A1+A2+A11+A12+A13+A14+A15+A17+A19pr EN 61009-1:2003 Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's) - Part 1: General rules EN 61009-2-1:1994 Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's) - Part 2-1: Applicability of the general rules to RCBO's functionally independent of line voltage	SIST EN 61009-1:1996 Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's) - Part 1: General rules (IEC 1009-1:1991, modified) + A1+A2+A11+A13+A14+A15+A17+A19 SIST EN 61009-2-1:1996 Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses (RCBO's) - Part 2-1: Applicability of the general rules to RCBO's functionally independent of line voltage (IEC 1009-2-1:1991)	DIN EN 61009-1 / VDE 0664 T 20 (2000-09) Fehlerstrom-/Differenzstrom-Schuttschalter mit eingebautem Überstromschutz (RCBOs) für Hausinstallationen und für ähnliche Anwendungen Allgemeine Anforderungen DIN EN 61009-2-1 / VDE 0664 T 21 (1999-12) Fehlerstrom-Schuttschalter mit eingebautem Überstromschutz (RCBOs) für Hausinstallationen und ähnliche Anwendungen Anwendung der allgemeinen Anforderungen auf netzspannungsunabhängige RCBOs DIN VDE 0664-101 / VDE 0664 T 101(2003-10) Fehlerstrom/Differenzstrom-Schuttschalter ohne eingebauten Überstromschutz für Hausinstallationen und ähnliche Anwendungen (RCCBs) Teil 3: Anwendungen der allgemeinen Anforderungen auf RCCBs für Wechselspannungen über 440 V bzw. Bemessungsströme über 125 A
RCU	IEC 61009-1 (2003-02) Ed 2.1 Supplement G			DIN EN 61009-1 / VDE 0664 T20 (2000-09) Anhang G
CBR	IEC 60947-2 (2003-4) Supplement B			DIN EN 60947-2 / VDE 662 1993-10 Anhang B
SRCD				E DIN VDE 0662 / VDE 0662 1993-08 Ortsfeste Schutzvorrichtungen in Steckdosenausführung zur Schutzpegelerhöhung
PRCD	IEC 61540 - Consol. Ed. 1.1 (incl. am1) Electrical accessories - Portable residual current devices without integral overcurrent protection for household and similar use (PRCDs)_			DIN VDE 0661-10 / VDE 0661 Teil 10 2002-12 Ortsveränderliche Fehlerstrom-Schutzvorrichtungen ohne eingebauten Überstromschutz für Hausinstallationen und ähnliche Anwendungen (PRCDs)(IEC 61540:1997 + A1:1998, modifiziert);
RCM	IEC 62020 - Consol. Ed. 1.1 (incl. am1) Electrical accessories - Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)	EN 62020:1998 Electrical accessories - Residual current monitors for household and similar uses (RCMs)	SIST EN 62020:2000 Electrical accessories - Residual current monitors for household and similar uses (RCMs) (IEC 62020:1998)	DIN EN 62020 1999-07 VDE 0663 Differenzstrom-Überwachungsgeräte für Hausinstallationen und ähnliche Verwendung (RCMs)
IMD	IEC 61557-6 - Ed. 1.0 Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V a.c. and 1500 V d.c. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 6: Residual current devices (RCD) in TT and TN systems IEC 61557-8 - Ed. 1.0 1997-02 Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1000 V a.c. and 1500 V d.c. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 8: Insulation monitoring devices for IT systems	EN 61557-6:1998 Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 kV a.c. and 1,5 kV d.c. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 6: Residual current devices (RCD) in TT, TN and IT systems	SIST EN 61557-6:1999 Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 kV a.c. and 1,5 kV d.c. - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 6: Residual current devices (RCD) in TT, TN and IT systems (IEC 61557-6:1997, modified)	DIN EN 61557-6 VDE 0413 Teil6 1999-05 Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Fehlerstrom-Schutzmaßnahmen (RCD) in TT-, TN- und IT-Netzen (IEC 61557-6:1997, mod.)

Kratek in enostaven opis posameznih proizvodov:

- **RCD**: splošni izraz za napravo na diferenčni tok
- **RCCB**: zaščitno stikalo na diferenčni tok, ki nima vgrajene nadtokovne zaščite, po starem udomačenem izrazoslovju je to »FI-stikalo«
- **RCBO**: Zaščitno stikalo na diferenčni tok, ki ima vgrajeno nadtokovno zaščito, v praksi se uporabljajo tudi izrazi, kot npr.: kombinirano zaščitno stikalo KZS ali pa okrajšava FI/LS. V samem standardu pa so združene zahteve za inštalacijski odklopnik (IEC 60898) in RCCB (IEC 61008). Gre za kombinacijo inštalacijskega odklopnika in stikala na diferenčni tok, od koder izhaja »udomačen« izraz »kombinirano zaščitno stikalo«.
- **RCU**: modularna prigradna enota na diferenčni tok: Modularni prigradni aparat se pri izdelavi in ožičenju razdelilnika pritrjuje ter tako mehansko in električno poveže z inštalacijskim odklopnikom istega proizvajalca. Uporablja se večinoma v Italiji.
- **CBR**: močnostni odklopniki z diferenčnim sprožnikom: Močnostni odklopniki po standardu IEC 60947-2 imajo v sebi vgrajen diferenčni sprožnik.
- **SRCD**: vtičnica z napravo na diferenčni tok: Posebna izvedba vtičnice ima vgrajeno napravo na diferenčni tok. Uporablja se za dodatno zaščito pri neposrednem dotiku delov pod napetostjo. Njena slabost je, da je ta relativno draga naprava samo v tej vtičnici, kar seveda bistveno poveča stroške inštalacije. Trenutno je v pripravi predlog standarda v Nemčiji, ostale države v EU tega proizvoda ne poznajo. Poznane pa so elektronske izvedbe v zunajevropskih angleško govorečih državah.
- **PRCD**: prenosna naprava na diferenčni tok brez vgrajene nadtokovne zaščite: Že samo ime pove, da ne gre za fiksni del inštalacije. Možnih je več izvedb, najpogostejše pa so v obliki vtiča ali vtičnice.
- **RCM**: kontrolnik diferenčnega toka: Uporablja se v sistemih IT, njegova naloga pa je javljanje napake in ne odklapanje okvarjenega dela inštalacije.
- **IMD**: merilni inštrument, ki se uporablja za preverjanje inštalacij, v katerih so vgrajene naprave na diferenčni tok.

Stanje standardizacije

V zgornjih tabelah je prikazan pregled standardov na področju naprav na diferenčni tok. Prikazani so naslednji standardi:



Slika 1: Vežalna shema RCBO

IEC, EN, SIST in DIN/VDE. Opaziti je mogoče, da je stanje standardizacije na nivoju IEC najpopolnejše, medtem ko je stanje slovenske standardizacije skoraj identično tistemu na nivoju Ceneleca. Prav tako je razvidno, da je bilo delo pri uvažanju sprememb v zadnjih letih zelo intenzivno. V splošnem lahko rečemo, da gre za tehnično področje, ki je zelo dobro pokrito s standardi. Po drugi strani pa nove tehnologije na tem področju narekujejo nove spremembe standardov.

Vsi standardi (razen za IMD) so na nivoju IEC obravnavani in sprejeti v okviru tehničnega pododbora IEC 23E, na nivoju Ceneleca CLC/SC 23E in na nivoju SIST-a v odboru SIST EPR (električni pribor). Le standard IEC 61557 je sprejet v tehničnem odboru IEC 85 oz. SIST/TC MOV (Merilna oprema za osnovne električne veličine).

Standardi SIST so nastali iz standardov EN z metodo razglasitve in trenutno slovenski prevodi še ne obstajajo. Zanimivo je tudi stališče nemške elektrotehniške komisije DKE, ki je objavila razlago, v kateri se omenjene kratice lahko uporabljajo tudi v povezavi s polnimi nemškimi izrazi (*vir (1)*).

Ta prispevek med drugim poskuša vsaj deloma približati razlago posameznih delov standardov širši strokovni javnosti.

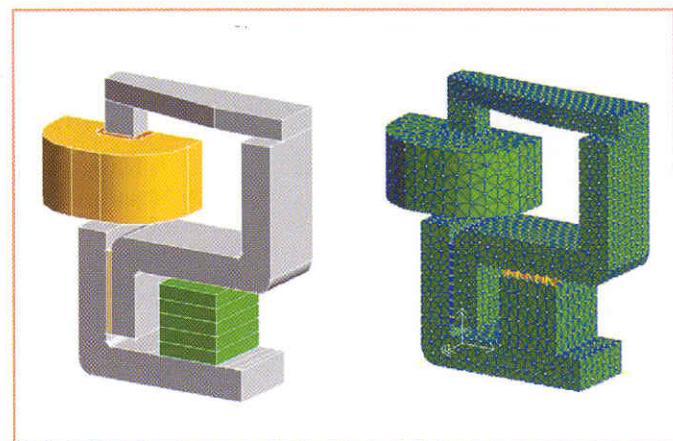
Klasifikacija RCCB in RCBO

Ti dve napravi na diferenčni tok sta najpomembnejši in tudi najbolj uporabljeni v sodobnih inštalacijah, kar velja predvsem za RCCB, v zadnjem času pa vse bolj tudi za RCBO. V nadaljevanju so navedene samo osnovne razlike, ki izhajajo iz posameznih standardov.

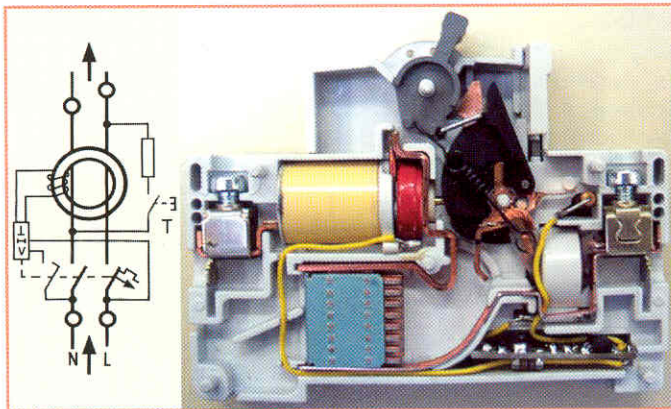
Klasifikacija glede na princip delovanja:

- napetostno neodvisen,
- napetostno odvisen.

Napetostno neodvisen RCCB, RCBO: Zaščitno stikalo, ki ustreza tej klasifikaciji, za svoje delovanje oz. za zagotavljanje zaščitne funkcije ne potrebuje napajalne napetosti. Gre za izvedbo s sumarnim transformatorjem iz posebnega magnetnega materiala, v sekundarnem tokokrogu pa se nahaja polarizirani prožilni rele, ki zadržuje proženje mehanizma s pomočjo vgrajenega trajnega magneta. V trenutku nastanka razlike tokov



Slika 2: Geometrija magnetnega kroga za izračun napetostno neodvisen elektromagnetnega polja



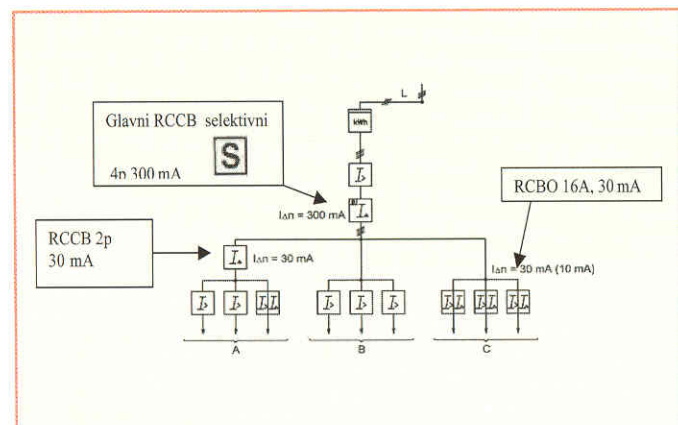
Slika 3: Vežalna shema; RCBO napetostno odvisen

v vodnikih primarnega navitja se v sekundarnem navitju inducira napetost, tok pa v prožilnem releju povzroči magnetno polje, ki kompenzira polje trajnega magneta. Rezultat je proženje mehanizma in odklop kontaktov v času 20-40 msek. Energija za takojšnje delovanje je torej shranjena v magnetnem krogu prožilnega releja in se vzdržuje s pomočjo trajnega magneta. Kako pomembna pa je preciznost tehnologije izdelave, pa dokazuje dejstvo, da rele potrebuje za proženje zelo majhno moč, in sicer od 80-100 μ VA.

Značilnost teh RCD je predvsem sposobnost delovanja tudi v pogojih, kot so npr. prekinitev nevtralnega vodnika ali pa bistveno znižan nivo omrežne napetosti. Na drugi strani pa gre za zapleteno tehnologijo izdelave in s tem povezanimi stroški oz. ceno izdelka.

Napetostno odvisen RCCB, RCBO: Zaščitno stikalo, ki ustreza tej klasifikaciji, pa potrebuje za svoje delovanje napajalno napetost. Gre za napravo, ki vsebuje aktivne elektronske elemente. Sumarni transformator je bistveno manjši in zato cenejši ter potrebuje manj prostora. V sekundarnem krogu se nahaja elektronski ojačevalnik (napajen iz omrežne napetosti), ki poskrbi, da je prožilni impulz dovolj velik za klasičen elektromagnetni sprožnik.

Značilnost teh RCD so predvsem majhne dimenzije, zanesljivost elektronskih komponent in njihova odpornost na napetostne impulze pa glede na današnje stanje tehnike v elektroniki ni vprašljiva.



Slika 4: Moderna inštalacija

Klasifikacija glede na tok napake:

- AC: reagiranje na izmenični tok napake sinusne oblike,
- A: reagiranje na izmenični in pulzirajoči enosmerni tok napake,
- B: reagiranje na izmenični, pulzirajoči enosmerni in gladek enosmerni tok

V našem prostoru se uporabljajo izključno tipi AC zaščitnih stikal. Tipi A se uporabljajo v nekaterih državah zahodne Evrope, predvsem v Nemčiji. Tip B stikal pa se uporablja samo v posebnih inštalacijah.

Klasifikacija glede na čas izklopa zaradi toka napake:

- **Nezakasnen:** Vsak RCCB, ki nima nobene dodatne oznake, ustreza temu kriteriju, čas izklopa pa je največ 40 msek,
- **Selektivni RCCB** ima oznako, ki pomeni, da so časi izklopa naslednji:

- pri $I_{\Delta n}$	130 msek < t < 500 msek
- pri $2 I_{\Delta n}$	60 msek < t < 200 msek
- pri $5 I_{\Delta n}$	50 msek < t < 150 msek
- pri $I_{\Delta n} = 500$ mA	40 msek < t < 150 msek

Obstaja tudi izvedba z oznako G, kratkotrajno zakasneni, ki ima čase izklopa med obema zgoraj omenjenima.

Uporaba RCD (RCCB, RCBO) v inštalacijah

Klasična inštalacija v stanovanjskih in podobnih pogojih vgradnje navadno upošteva vgradnjo samo enega zaščitnega stikala RCCB, in to takoj za glavnimi varovalkami. Ta RCCB zagotavlja glavni zaščitni ukrep. Problem takšne inštalacije je, da ob napaki oz. pojavu toka napake na eni od vej inštalacije pomeni izklop celotne inštalacije. To pa je s stališča modernega življenja in zahtev po razpoložljivosti električne energije nedopustno.

Danes moderna inštalacija upošteva uporabo več različnih naprav na diferenčni tok, kot prikazuje slika 4. Porabniki v inštalaciji so razdeljeni v več skupin.

Skupina A: porabniki, ki zahtevajo visoko stopnjo zaščite (30 mA): kuhinje, dnevne sobe;

Skupina B: porabniki, kjer je možnost dotika delov pod napetostjo manjša: razsvetljava;

Skupina C: porabniki, ki zahtevajo visoko stopnjo zaščite in razpoložljivosti el. energije: otroške sobe, domače delavnice. Tedaj se v vsaki veji predvideva dodatna zaščita z RCD 30 mA, ali celo 10 mA.

Viri:

1. Elektrotechnische Zeitschrift ETZ Heft 3-4/2003, stran 58.
2. Delovanje zaščitnih stikal na diferenčni tok pri višjih frekvencah omrežja, Franc Pikel, diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
3. Delovni dokumenti IEC 23E
4. Tehnična dokumentacija ETI d.d.
5. Standardi IEC, CLC, DIN VDE, SIST

Avtor:
Mitja Koprivšek, univ. dipl. inž. el.
ETI d. d., Izlake