

NADSTRUJNA ZAŠTITA VODOVA I KABELA – IZBOR ZAŠTITNIH UREĐAJA

Neven Baničević
šk. 2025/2026

ŠTO ĆEMO UČITI

- ⦿ Zaštita od preopterećenja
- ⦿ Zaštita od kratkog spoja
- ⦿ Provjera izbora zaštitnih uređaja
 - Provjera zaštite vodova od preopterećenja
 - Provjera zaštite vodova od kratkog spoja
- ⦿ Postavljanje uređaja nadstrujne zaštite i selektivnost

UVOD

- **Nadstrujna zaštita vodova i kabela** temeljni je dio elektroenergetskog sustava koji služi za zaštitu električnih instalacija i opreme od oštećenja uzrokovanih prekomjernim strujama.
- Nadstrujna zaštita općenito obuhvaća zaštitu od **preopterećenja i kratkih spojeva**.
- U većini slučajeva istodobno su potrebne obje zaštite.
- Treba napomenuti da veći uređaji u pravilu imaju vlastitu zaštitu.
- Ovi sustavi automatski isključuju napajanje kada struja prijeđe sigurnu granicu, čime se sprječava pregrijavanje i mogući požari.

UVOD

● Vrste zaštite:

- **Zaštita od preopterećenja:** Djeluje kod dugotrajnih struja koje su nešto veće od nazivne struje voda, sprječavajući pregrijavanje izolacije.
- **Zaštita od kratkog spoja:** Brzo isključuje vodove u slučaju naglog porasta struje (npr. direktan spoj faza-faza ili faza-zemlja).
- **Zemljospojna zaštita:** Poseban oblik zaštite koji detektira kvarove izolacije prema zemlji.
 - Koristi se u distribucijskim mrežama (npr. 35/10 kV) i za zaštitu transformatora.

ZAŠTITA OD PREOPTEREĆENJA

- ⊙ Koja je razlika između preopterećenja i kratkog spoja?
 - **kratki spoj** uzrokuje trenutnu i vrlo visoku struju, **preopterećenje** je dugotrajnije prekoračenje nazivne snage.
- ⊙ Zaštita od preopterećenja sprječava pregrijavanje i požar isključivanjem strujnog kruga kada struja prijeđe nazivnu vrijednost.
- ⊙ Uređaji za zaštitu od preopterećenja reagiraju sporije (u milisekundama ili sekundama) u usporedbi s zaštitom od kratkog spoja, jer dopuštaju kratkotrajne vršne struje.

ZAŠTITA OD PREOPTEREĆENJA

- Za provjeru zaštite od preopterećenja potrebno je provjeriti koordinaciju između referentnih vrijednosti izoliranih vodiča i karakteristika zaštitnog uređaja u skladu s dva osnovna uvjeta:

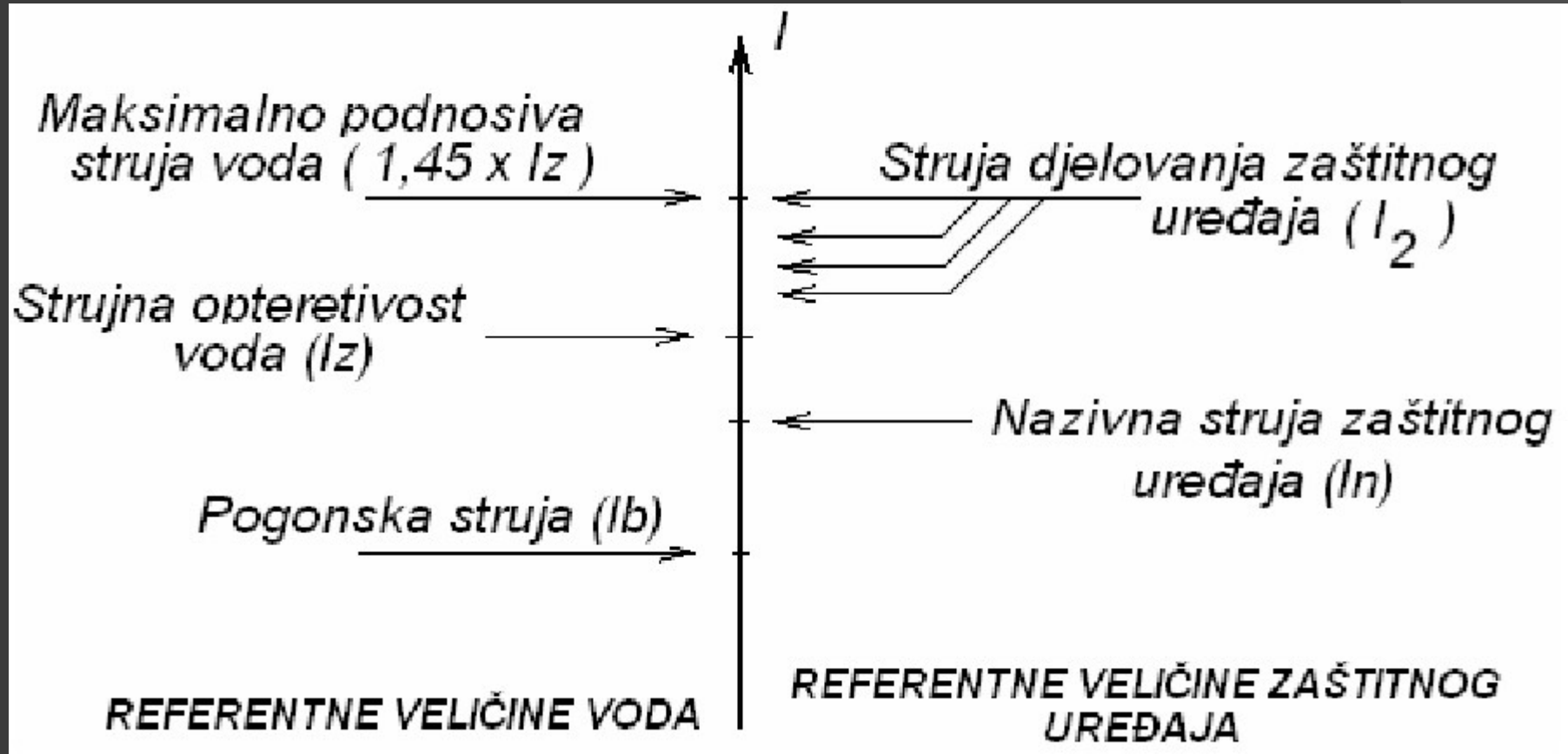
$$1. I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$2. I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

gdje je:

- I_b - pogonska struja za koju je strujni krug projektiran
- I_n - nazivna struja zaštitnog uređaja
- I_z - trajno podnosiva struja vodiča ili kabela
- I_2 - struja djelovanja zaštitnog uređaja, odnosno struja kod koje će zaštitni sigurno isključiti strujni krug (za osigurače tipa gL-gG naziva se velika ispitna struja)

ZAŠTITA OD PREOPTEREĆENJA



$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$$

ZAŠTITA OD PREOPTEREĆENJA

- ⦿ Ako su oba uvjeta ispunjena, a zaštita od preopterećenja dobro izabrana, tada se može konstatirati **ispravno stanje**.
- ⦿ Ovdje treba istaknuti da rastalni osigurači ne pružaju uvijek potpunu zaštitu od preopterećenja, a pogotovo kod dugotrajnih malih preopterećenja i kada je nazivna struja osigurača I_n veoma blizu veličini trajno dopuštene struje vodiča I_z .
- ⦿ **Sigurnost:** Za trajni rad preporučuje se opterećenje do 80% nazivne snage osigurača.

ZAŠTITA OD KRATKOG SPOJA

- Ispravno odabran i dobro podešeni zaštitni uređaj od kratkog spoja mora prekinuti strujni krug unutar vremena u kojem vodič ne dostigne dopuštenu granicu temperature.
- Maksimalno dozvoljeno vrijeme za kratke spojeve je 5 sekundi, tj. zaštita mora biti aktivirana u tom vremenu.
- Za kratke spojeve se vrijeme t , u kojem stvarna struja kratkog spoja postiže temperaturu vodiča i to od najniže dopuštene temperature u normalnom radu do granične temperature, izračunava približno prema izrazu:

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I_k}$$

ZAŠTITA OD KRATKOG SPOJA

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I_k}$$

pri čemu je:

- I_k - efektivna vrijednost stvarne struje kratkog spoja (A)
- t - trajanje kratkog spoja u sekundama
- S - presjek vodiča u mm²
- k - faktor ovisan o vrsti voda

Faktor k:

- 115 za bakrene vodiče s PVC izolacijom*
- 135 za bakrene vodiče s gumom, butilnom gumom, umreženim polietilenom i etilen-propilenom
- 74 za aluminijske vodove s PVC izolacijom
- 87 za aluminijske vodove s gumom, butilnom gumom, umreženim polietilenom i etil-propilenom
- 115 za spojeve bakrenih vodiča lemljenih kositrenim lemom za $T_d = 160^\circ\text{C}$

ZAŠTITA OD KRATKOG SPOJA

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I_k}$$

- Za ispravan odabir zaštitnog uređaja od kratkog spoja, vrijeme isklapanja zaštitnog uređaja od kratkog spoja (t_{iz}), kojeg pobuđuje stvarna struja kratkog spoja, mora biti jednako ili manje od dopuštenog vremena (t) izračunanog prema gore navedenom izrazu.
- Drugim riječima, mora biti ispunjen uvjet: $t_{iz} \leq t$

PROVJERA ZAŠTITE VODOVA OD PREOPTEREĆENJA

○ Osnovni uvjeti provjere:

- Za ispravnu zaštitu od preopterećenja moraju biti ispunjeni sljedeći uvjeti:

$$1. I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$2. I_2 \leq 1,45 \times I_Z$$

- **I_B (Pogonska struja):** Nazivna struja strujnog kruga (struja trošila).
- **I_n (Struja zaštite):** Nazivna struja zaštitne naprave (osigurača/automata).
- **I_Z (Trajna struja vodiča):** Struja koju kabel može trajno podnijeti (ovisi o presjeku, materijalu i načinu polaganja).
- **I_2 (Struja djelovanja):** Struja koja osigurava pouzdano djelovanje zaštitne naprave

PROVJERA ZAŠTITE VODOVA OD PREOPTEREĆENJA

⦿ Postupak provjere:

- Izračun struje opterećenja (I_B):
 - Određuje se snaga trošila i izračunava se struja.
- Odabir presjeka vodiča (I_Z):
 - Iz tablica (prema načinu polaganja) bira se kabel koji može podnijeti.
- Odabir osigurača (I_n):
 - Osigurač mora biti veći ili jednak struji trošila (I_B), ali manji ili jednak trajnoj struji kabela (I_Z).
- Provjera djelovanja (I_2):
 - Provjerava se da li je struja kojom osigurač prekida strujni krug manja od 1.45 puta trajne struje kabela.

PROVJERA ZAŠTITE VODOVA OD KRATKOG SPOJA

- Provjera zaštite vodova od kratkog spoja u niskonaponskim instalacijama podrazumijeva osiguranje da će zaštitni uređaj (osigurač ili prekidač) prekinuti struju kratkog spoja prije nego što ona ošteti izolaciju vodiča uslijed pregrijavanja.
- Ključni uvjeti provjere:
 - **Minimalna struja kratkog spoja (I_{kmin}):** Na najudaljenijoj točki voda (na kraju strujnog kruga), očekivana vrijednost struje 1-polnog ili 2-polnog kratkog spoja mora biti veća od struje prorade zaštitnog uređaja (I_a ili I_m).
 - **Maksimalna struja kratkog spoja (I_{kmax}):** Zaštitni uređaj mora imati prekidnu moć veću od maksimalne očekivane struje kratkog spoja na mjestu ugradnje.
 - **Vrijeme isključenja:** Zaštita mora isključiti kratki spoj u vremenu koje sprječava termičko oštećenje izolacije kabela.

PROVJERA ZAŠTITE VODOVA OD KRATKOG SPOJA

● Postupak provjere

- **Proračun impedancije petlje:** Izračunava se impedancija petlje kvara (Z_s) koja obuhvaća fazni vodič, povratni vod (PE ili N) i impedanciju izvora.
- **Određivanje struje kratkog spoja ($I_k = U_0/Z_s$):** , gdje je U_0 nazivni napon prema zemlji.
- **Provjera karakteristika zaštite:** Uspoređuje se izračunata I_{kmin} s karakteristikama osigurača ili prekidača (npr. B, C, D karakteristike za prekidače).
- **Vizualni pregled:** Provjera oštećenja izolacije, labavih spojeva i općeg stanja vodiča.

PROVJERA ZAŠTITE VODOVA OD PREOPTEREĆENJA I KRATKOG SPOJA

Max.Snaga	Presjek kabela za jednofazno napajanje	Osigurač za jednofazno napajanje	Strujna zaštitna sklopka za jednofazno napajanje (fidovka)
1,8 kW	3x1,5 mm ²	10A/1P	25A/2P 30mA
3 kW	3x2,5 mm ²	16A/1P	25A/2P 30mA
3,7 kW	3x2,5 mm ²	20A/1P	25A/2P 30mA
4,7 kW	3x4 mm ²	25A/1P	25A/2P 30mA
6,2 kW	3x6 mm ²	32A/1P	40A/2P 30mA
7,7kW	3x10 mm ²	40A/1P	40A/2P 30mA

Max.Snaga	Presjek kabela za trofazno napajanje	Osigurač za trofazno napajanje	Strujna zaštitna sklopka za trofazno napajanje (fidovka)
5,5 kW	5x1,5 mm ²	10A/3P	25A/4P 30mA
8,2 kW	5x2,5 mm ²	16A/3P	25A/4P 30mA
12,1 kW	5x2,5 mm ²	20A/3P	25A/4P 30mA
14 kW	5x4 mm ²	25A/3P	25A/4P 30mA
18,2 kW	5x6 mm ²	32A/3P	40A/4P 30mA
25 kW	5x10 mm ²	40A/3P	40A/4P 30mA

ZADACI

1. Kolika je snaga uređaja ako iz NN mreže vuče 8 A snage?
2. Koji osigurač je najbolje ugraditi za uređaj snage 4 kW u jednofaznom napajanju?
3. Koji osigurač je najbolje ugraditi za uređaj snage 4 kW u trofaznom napajanju?
4. Može li se električni uređaj snage 5 kW spojiti na kabele presjeka 2,5 mm²?
5. Može li se električni uređaj snage 5 kW u trofaznoj mreži spojiti na kabele presjeka 2,5 mm²?
6. Sa kolikom najvećom snagom je najbolje opteretiti osigurač od 16A?

POSTAVLJANJE UREĐAJA NADSTRUJNE ZAŠTITE I SELEKTIVNOST

- ◎ Općenito se uređaji za nadstrujnu zaštitu postavljaju:
 - za zaštitu od preopterećenja u svaki strujni krug na njegovom početku ili kod promjene presjeka vodiča ili načina polaganja vodiča.
 - Zaštita od preopterećenja vodiča i kabela može se izostaviti samo u prostorijama u kojima ne postoji opasnost od požara i eksplozija, i to:
 - u strujnim krugovima u kojima nema preopterećenja, grananja ni priključnica;
 - u strujnim krugovima telekomunikacija, upravljanja, signalizacije i sl.;
 - u vodičima i kablama za spajanje električnih strojeva, pokretača, transformatora, ispravljača, akumulatora, rashladnih postrojenja i sl.

POSTAVLJANJE UREĐAJA NADSTRUJNE ZAŠTITE I SELEKTIVNOST

◎ Općenito se uređaji za nadstrujnu zaštitu postavljaju:

- za zaštitu od kratkog spoja na početak strujnog kruga i na sva mjesta gdje se smanjuje struja kratkog spoja.
- Uređaj za zaštitu od kratkog spoja može se izostaviti:
 - ako vodiči ili kabele spajaju generatore, transformatore, ispravljače, akumulatorske baterije do pripadajućih razdjelnih blokova i zaštitne uređaje u tim razdjelnim blokovima;
 - u strujnim krugovima čije isključenje može izazvati opasnost, kao što su pobudni strujni krugovi okretnih strojeva, strujni krugovi napajanja elektromagnetskih dizalica i strujni krugovi sekundara strujnih transformatora;
 - u mjernim strujnim krugovima

POSTAVLJANJE UREĐAJA NADSTRUJNE ZAŠTITE I SELEKTIVNOST

- U stambenim i sličnim prostorima većinom se upotrebljavaju jednofazna trošila i strujne krugove uglavnom štitimo samo od kratkog spoja, koriste se instalacijski osigurači i automatski prekidači.
- U poslovnim prostorima je zaštita vrlo slična kao i u stambenim prostorima osim što se više upotrebljavaju automatski instalacijski prekidači.
- U industrijskim objektima strujni krugovi rasvjete većinom se štite rastalnim osiguračima (D i NH izvedbe). Ostali strujni krugovi većinom su trofazne izvedbe i često daljinski upravljani tako da se naročito mnogo upotrebljavaju sklopnici u kombinaciji s raznim drugim zaštitnim uređajima (releji, rastalni osigurači, razni senzori...).

POSTAVLJANJE UREĐAJA NADSTRUJNE ZAŠTITE I SELEKTIVNOST

- Bez obzira na tip zaštitnog uređaja, sve električne naprave moraju biti štice selektivno.
- To podrazumijeva da, u slučaju kvara, zaštitni uređaj isklopi samo onaj dio instalacije gdje je nastao kvar.