

## Varovanje električne inštalacije

predavatelj  
prof. dr. Grega Bizjak, u.d.i.e.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Obremenitve električne inštalacije

Obremenitve električne inštalacije  
lahko razdelimo na:

- tokovne in
  - napetostne
- obremenitve električne inštalacije  
oziroma **vodnikov in izolacije.**

---

---

---

---

---

---

---

---

### Varovanje električne inštalacije

Da preprečimo poškodbe inštalacije  
je potrebno v inštalacijo namestiti  
ustrezne zaščitne naprave:

- za zaščito pred prevelikim tokom in
- za zaščito pred previsoko  
napetostjo.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Varovanje električne inštalacije

Zaščitna naprava pred prevelikim tokom mora pravočasno izklopiti prizadeti del inštalacije.

**Maksimalni čas izklopa je določen z segrevanjem vodnikov oziroma z velikostjo toka, maksimalno dovoljeno temperaturo izolacije in temperaturo okolice.**

---

---

---

---

---

---

---

---

## Varovanje električne inštalacije

Zaščitne naprave lahko ščitijo:

- pred preobremenitvenim tokom;
- pred okvarnim tokom;
- pred preobremenitvenim in okvarnim tokom hkrati.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Varovanje električne inštalacije

Za varovanje inštalacije pred prevelikimi toki uporabljamo:

- niskonapetostne taljive varovalke;
- niskonapetostne taljive varovalke velike zmogljivosti;
- inštalacijske odklopnike;
  - stikala in odklopnike;
- kontaktorje z bimetalnimi releji;
- niskonapetostne cevne varovalke in
- specialne varovalke.



---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

Taljiva varovalka je zaščitna naprava, ki prekine tok s pretalivitvijo taljivega elementa, ki je zaporedno vezan v ščiteni tokokrog.

Talilni čas je tako odvisen od toka, ki teče skozi varovalko oziroma skozi ščiteni tokokrog.

---

---

---

---

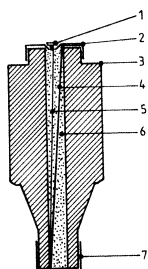
---

---

---

---

## NN taljive varovalke



- 1 .. barvni indikator
- 2 .. zgornji kontakt
- 3 .. votlo keramično telo
- 4 .. taljivi trak
- 5 .. žica indikatorja
- 6 .. kremenčev pesek
- 7 .. spodnji kontakt

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

Pri izbiri taljive varovalke pazimo na naslednje podatke:

- $I_n$  ... nazivni tok;
- $U_n$  ... nazivna napetost;
- $I_1$  ... nazivna izklopna zmogljivost;
- $t-I$  ... časovno-tokovna (izklopna) karakteristika;
- $I^2t$  ... jouski integral.

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

### Standardizirani nazivni toki (A):

2, 4, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50,  
63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315,  
400, 500, 630, 800, 1000, 1250.

### Standardizirane nazivne napetosti (V):

230, 400, 500, 690.

---

---

---

---

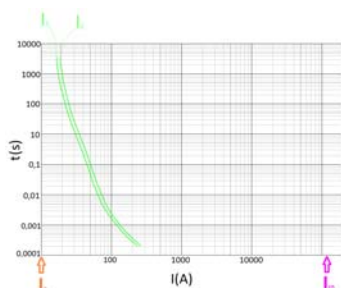
---

---

---

---

## NN taljive varovalke



Izklopna  
karakteristika  
varovalke  
podaja  
odvisnost  
časa izklopa  
(pretalitve) od  
toka skozi  
varovalko.

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

Na izklopni karakteristiki sta podana  
dva toka:

$I_1$  ... dogovorni nestalilni tok in

$I_2$  ... dogovorni stalilni tok.

Oba toka sta podana kot  
mnogokratnika nazivnega toka  
varovalke.

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

Nazivni tok taljive varovalke (A)	v času (h)	še ne prekine	mora prekiniti
2,4	1	$1,5 \times I_n$	$2,1 \times I_n$
6,8,10,13	1	$1,5 \times I_n$	$1,9 \times I_n$
16, 20, 25	1	$1,25 \times I_n$	$1,6 \times I_n$
32,50,63	1	$1,25 \times I_n$	$1,6 \times I_n$
80,100,125	2	$1,25 \times I_n$	$1,6 \times I_n$
16-400	3	$1,25 \times I_n$	$1,6 \times I_n$
400-1250	4	$1,25 \times I_n$	$1,6 \times I_n$

NNEI: Varovanje električne inštalacije

13

---

---

---

---

---

---

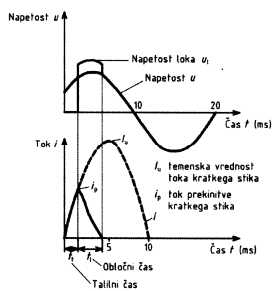
---

---

---

---

## NN taljive varovalke



Pri velikih tokih so izklopni časi zelo kratki, kar je velika prednost taljivih varovalk.

NNEI: Varovanje električne inštalacije

14

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

- Ločimo dva funkcionalna razreda:**
- **razred g:** taljiva varovalka ščiti po celotnem področju;
  - **razred a:** taljiva varovalka ščiti po omejenem področju – izklapjajo toke od določenega mnogokratnika nazivnega toka dalje.

NNEI: Varovanje električne inštalacije

15

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

Ločimo 4 uporabnostne kategorije:

- **G**: splošna uporaba (ščitenje vodnikov in kablov);
  - **M**: varovanje motorjev;
- **R**: varovanje silicijevih polprevodniških elementov;
  - **PV**: fotovoltaični moduli

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

V uporabi so naslednje kombinacije:

- **gG**: splošna uporaba;
- **aM**: varovanje motorjev;
- **gR**: varovanje Si polpr. elementov;
- **aR**: varovanje Si polpr. elementov;
- **gPV**: varovanje sončnih celic.

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

Glede na konstrukcijo taljivih varovalk poznamo:

- **D-varovalke**: ki so zaščitene pred neposrednim dotikom delov pod napetostjo in onemogočajo zamenjavo varovalk z različnim nazivnim tokom in
- **NV-varovalke**: ki niso zaščitene pred neposrednim dotikom in pri katerih je možna zamenjava varovalk z različnimi nazivnimi toki.

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

### D0-varovalke:

- Manjše dimenzije zato samo za inštalacije v zgradbah,
- Izmenično 400 V, enosmerno 250 V, nazivni tok 100 A, kratkostični tok izmenično 50 kA, enosmerno 8 kA,
- Tri velikosti: D0 1, D0 2 in D0 3.



NNEI: Varovanje električne inštalacije

19

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

### D-varovalke:

- Večje dimenzije, uporaba v inštalacijah zgradb in industriji,
- Izmenično 500 V, 200 A, kratkostični tok 50 kA oziroma 8 kA,
- Štiridelni design: kapa, taljivi vložek, velikostni vložek, podstavek.



NNEI: Varovanje električne inštalacije

20

---

---

---

---

---

---

---

---

## NV taljive varovalke

### NV-varovalke:

- večji nazivni parametri, uporaba v industriji,
- Izmenično 500 V ali 690 V, toki od 2 do 1250 A, kratkostični tok nad 100 kA,
- kvadratna oblika z nožastimi kontakti, nezaščiteni deli pod napetostjo, montaža s posebnim orodjem.



NNEI: Varovanje električne inštalacije

21

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

### Dobre lastnosti taljive varovalke:

- velika kratkostična zmogljivost,
- velika hitrost delovanja (pri velikih kratkostičnih tokih),
  - nizka cena in
- preprosta izvedba.

---

---

---

---

---

---

---

---

## NN taljive varovalke

### Slabe lastnosti taljive varovalke:

- samo enkratna uporaba,
- ne omogoča tripolnega prekinjanja,
  - ni primerna za vklapljanje pod obremenitvijo,
- signalizacija prekinitve je optična,
  - blokada izklopa ni mogoča,
  - delo z njimi je lahko nevarno.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Inštalacijski odklopnik

Inštalacijski odklopnik je avtomatski stikalni aparat, ki ščiti :

- pred preobremenitvenim tokom in/ali
- pred okvarnim tokom.



---

---

---

---

---

---

---

---



## Inštalacijski odklopnik

**Sprožnik** je del mehazna inštalacijskega odklopnika, ki sproži njegov izklop: Poznamo dve vrsti:

- **bimetalni sprožnik** za zaščito pred preobremenitvenim tokom in
- **elektromagnetni sprožnik** za zaščito pred okvarnim tokom.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Inštalacijski odklopnik



---

---

---

---

---

---

---

---

## Inštalacijski odklopnik

Inštalacijske odklopnike se izdeluje za naslednje nazivne toke:

**0,5; 1; 1,6; 2; 4; 6; 8; 10; 13; 16; 20; 25;  
32; 40; 50; 63 A**

za posebne namene pa tudi do:  
**125 A.**

---

---

---

---

---

---

---

---

## Inštalacijski odklopnik

Inštalacijske odklopnike se izdeluje v treh izvedbah:

- **B**: za zaščito inštalacijskih vodov,
- **C**: za zaščito porabnikov z velikimi vklopnimi toki,
- **D**: za zaščito naprav z zelo velikimi vklopnimi toki.

---

---

---

---

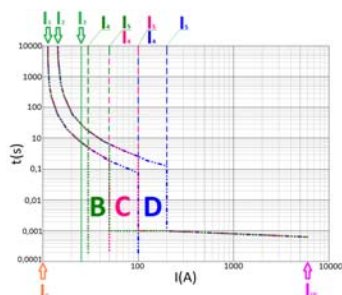
---

---

---

---

## Inštalacijski odklopnik



Izklopne karakteristike inštalacijskih odklopnikov izvedb B, C in D.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Inštalacijski odklopnik

Bimetalni sprožnik pri vseh treh izvedbah deluje pri toku:

$$1,13 - 1,45 I_n$$

- na spodnji meji ne sme izklopiti v 6 min.,
- na zgornji meji mora izklopiti v 6 min.,
- pri  $2,55 I_n$  mora izklopiti v 60 s.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Inštalacijski odklopnik

Elektromagnetni sprožniki delujejo pri:

- izvedba **B**:  $3 - 5 I_n$ ;
  - izvedba **C**:  $5 - 10 I_n$ ;
  - izvedba **D**:  $10 - 20 I_n$ ;
- Na spodnji meji ne sme izklopiti v  $0,1$  s;  
• na zgornji meji mora izklopiti v  $0,1$  s.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Inštalacijski odklopnik

Odklopna zmogljivost inštalacijskih odklopnikov je:

- $4\ 500$  A,
  - $6\ 000$  A ali
  - $10\ 000$  A.
- Če je pričakovani kratkostični tok večji od odklopne zmogljivosti, pred inštalacijski odklopnik vgradimo ustrezno taljivo varovalko.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Inštalacijski odklopnik

Poleg običajne enopolne izvedbe je mogoče inštalacijske odklopnike dobiti tudi v naslednjih izvedbah:

- dvopolna (L+N; 2L);
- tripolna (3L) za trifazne tokokroge;
- štiripolna (3L+N) za trifazne tokokroge;  
• za enosmerne napetosti;
- kombinirano z FI (RCD) zaščitnim stikalom.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Inštalacijski odklopnik

Inštalacijske odklopnike lahko opremimo tudi s:

- pomožnimi stikali in
- krmilnimi stikali;

ki jih uporabljamo v industrijskih inštalacijah v krmilnih shemah. Pomožna oziroma krmilna stikala se sprožijo skupaj z inštalacijskim odklopnikom.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Zaščitna stikala

Za razliko od inštalacijskih stikal, ki niso namenjena večkratnemu izklapljanju in vklapljanju so zaščitna stikala normalna stikala z prigrajem:



- bimetalnim in/ali
- elektromagnetnim sprožnikom.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Odklopniki

Podobno kot zaščitno stikalo je tudi odklopnik sposoben vklopiti, prevajati in izklopiti tok v normalnih pogojih in v določenem času izklopiti tok v primeru okvare. Opremljen je z

- bimetalnim in
- elektromagnetnim sprožnikom.

Oba sta lahko nastavljiva.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Kontaktorji

Kontaktorji so stikala z možnostjo daljinskega vklopjanja in izklopjanja. Če je potrebno, jih lahko opremimo tudi z



- bimetalnim in/ali
- elektromagnetnim sprožnikom in tako dosežemo še zaščitne funkcije.

---

---

---

---

---

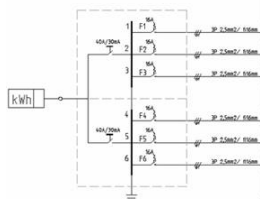
---

---

---

## Varovanje električnih inštalacij

Električne inštalacije so si običajno podobne, izjema so le inštalacije v nekaterih obrtnih in industrijskih stavbah.



Običajna inštalacija ima:

- eno napajalno točko,
- radialno zgradbo,
- lahko več razdelilnikov in podrazdelilnikov.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Varovanje električnih inštalacij

V stanovanjskih stavbah običajno uporabljamo:

- taljive varovalke (gG) in
- inštalacijske odklopnike (B, C).

Za končne tokokroge se vse pogosteje uporabljajo inštalacijski odklopniki.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Varovanje električnih inštalacij

Trifazne porabnike varujemo:

- s taljivimi varovalkami ali
- trifaznimi inštalacijskimi odklopniki

trifazne motorje varujemo:

- z zaščitnimi stikali oz. odklopniki ali
- s kontaktorji z ustreznim sprožnikom,
- lahko tudi s taljivimi varovalkami.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Varovanje električnih inštalacij

V poslovnih in podobnih stavbah uporabljamo za varovanje enofaznih tokokrogov:

- inštalacijske odklopnike,
- zelo redko taljive varovalke.

Trifazne tokokroge ščitimo enako kot v stanovanjskih stavbah.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Varovanje električnih inštalacij

V industrijskih stavbah varujemo:

- enofazne tokokroge za razsvetljavo večinoma z taljivimi varovalkami.
- trifazne tokokroge s tripolnimi odklopniki ali v primeru daljinskega krmiljenja s kontaktorji z bimetalnimi sprožniki v kombinaciji s taljivimi varovalkami.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Varovanje električnih inštalacij

### Kje namestimo zaščitne elemente:

- na začetku vsakega neozemljenega vodnika (v razdelilcu),
- pri spremembi prereza ali drugi spremembi, ki povzroči zmanjšanje trajno dovoljenih tokov,
  - na odcepih, kjer se prerez zmanjša,
    - za stikalom porabnika,
  - na priključku takoj po vhodu v stavbo,
    - pred določenimi porabniki.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Varovanje električnih inštalacij

### Kje ni treba ali ne smemo namestiti zaščitnih elementov:

- na vodnikih za obratovalno ozemljitev ter na N, PE in PEN vodnikih,
  - na zelo kratkih (pod 3 m) odcepih z manjšim prerezom, kjer je zmanjšana možnost okvare, požara ali nevarnosti za ljudi,
  - na povezavah generatorjev, transformatorjev, usmernikov, akumulatorskih baterij, nekaterih merilnih tokokrogov,
  - kjer bi zaradi prekinitve toka nastala škoda (npr. vzbujalni sistemi strojev).

---

---

---

---

---

---

---

---

## Selektivnost varovanja

Med napajalno točko (glavnim razdelilcem) in porabnikom je lahko več zaščitnih naprav.

V primeru okvare mora izklopiti vedno tista, ki povzroči najmanjši izpad inštalacije okoli mesta okvare.

Tak način delovanja več zaporedno vezanih zaščitnih naprav imenujemo **selektivno varovanje**.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Selektivnost varovanja

Možnih je več kombinacij zaporedne vezave (dveh) zaščitnih naprav:

- taljiva varovalka – taljiva varovalka,
- taljiva varovalka – inštalacijski odklopnik,
  - odklopnik – inštalacijski odklopnik,
  - odklopnik – taljiva varovalka,
  - taljiva varovalka – odklopnik,
  - odklopnik – odklopnik.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Selektivnost varovanja

Selektivnost varovanja dosežemo, če se izklopne karakteristike zaporedno vezanih zaščitnih naprav (skupaj z dovoljenim odstopanjem) nikjer ne križajo niti dotikajo.

Naprava, ki je bliže porabniku, mora imeti najnižjo karakteristiko.

Izklopna zmogljivost varovalnih naprav mora biti višja od največjega možnega okvarnega toka.

---

---

---

---

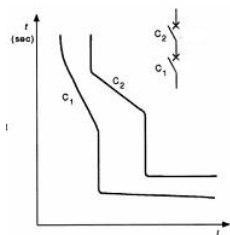
---

---

---

---

## Selektivnost varovanja



Selektivnost je zagotovljena, če se karakteristiki dveh zaporedno vezanih zaščitnih elementov nikjer ne dotikata ali sekata. Upoštevati je potrebno tudi ustrezno tolerančno območje.

Zaščitni element z nižjo karakteristiko mora biti bliže porabniku.

---

---

---

---

---

---

---

---



## Selektivnost varovanja

Selektivnost je lahko:

- popolna (zagotovljena na celotnem področju) ali
- nepopolna (zagotovljena samo do določene mejne vrednosti toka)

Selektivnost mora biti dosežena v obeh področjih (pri preobremenitvenem in pri okvarnem toku)

---

---

---

---

---

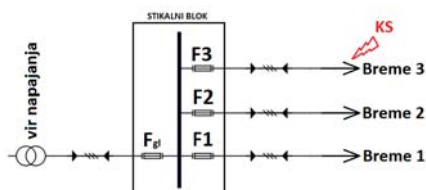
---

---

---

## Selektivnost varovanja

Selektivnost pri dveh zaporedno vezanih talilnih varovalkah (20 A in 10 A).



---

---

---

---

---

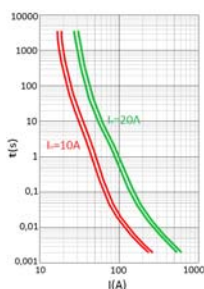
---

---

---

## Selektivnost varovanja

Selektivnost pri preobremenitvenem toku (časi izklopa nad 0,1 s) lahko določimo iz I-t karakteristik. Če se karakteristiki ne sekata ali dotikata, je selektivnost zagotovljena.



---

---

---

---

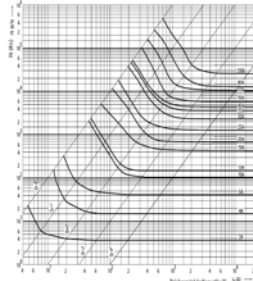
---

---

---

---

## Selektivnost varovanja



V področju okvarnih tokov pa moramo upoštevati velikost okvarnega toka in skupni integral talilnih vložkov  $I^2t$ .

Selektivnost je (običajno) zagotovljena, če je razmerje nazivnih tokov varovalk vsaj 1:1,6.

---

---

---

---

---

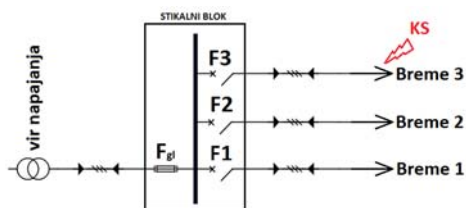
---

---

---

## Selektivnost varovanja

Selektivnost pri zaporedni vezavi talilne varovalke (25 A) in inštalacijskega odklopnika (B16).



---

---

---

---

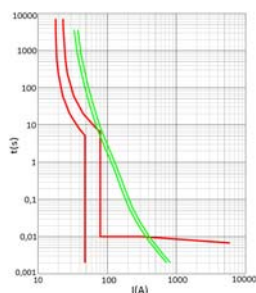
---

---

---

---

## Selektivnost varovanja



I-t karakteristiki lahko uporabimo za področje preobremenitvenega toka (nad 0,01 s).

Iz slike lahko vidimo, da v prikazanem primeru selektivnost ni zagotovljena.

---

---

---

---

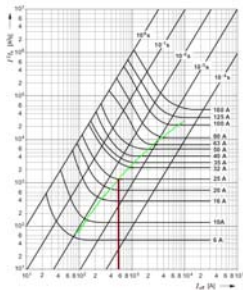
---

---

---

---

## Selektivnost varovanja



Za področje okvarnega toka primerjamo  $I^2t$  integrala.

Ker je karakteristika inštalacijskega odklopnika (zeleno) pod karakteristiko talilne varovalke samo do 580 A, je selektivnost zagotovljena samo do tega toka. Pri višjih tokih bo zaščita delovala neselektivno.

---

---

---

---

---

---

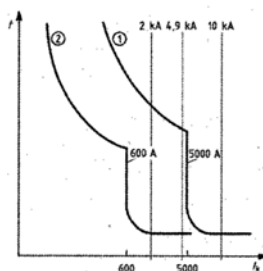
---

---

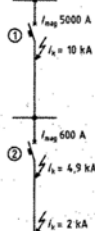
---

---

## Selektivnost varovanja



Selektivnost pri dveh zaporedno vezanih inštalacijskih odklopnikih.




---

---

---

---

---

---

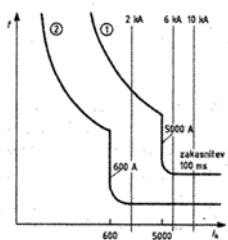
---

---

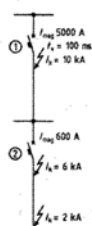
---

---

## Selektivnost varovanja



Zaradi oblike karakteristike ni mogoče doseči popolne selektivnosti v celotnem področju. Zato si pomagamo s časovno zakasnitvijo oziroma s časovno selektivnostjo.




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Selektivnost varovanja

Kjer so pričakovani okvarni toki razmeroma majhni in vzdolž inštalacije padajo (zaradi velikih dolžin ali impedance vodov) uporabimo tokovno selektivnost oziroma v tem primeru lahko inštalacijske odklopnike vežemo zaporedno brez dodatnih ukrepov.

Kjer pa so pričakovani okvarni toki veliki in se vzdolž inštalacije ne spreminjajo veliko moramo uporabiti časovno selektivnost. Višje-ležeči odklopnik ustrezno zakasnimo (vsaj 50 ms).

---

---

---

---

---

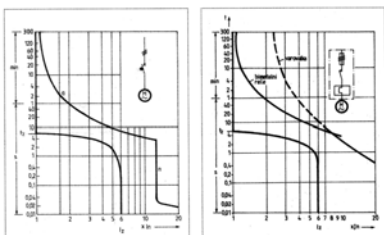
---

---

---

## Varovanje asinhronskih motorjev

Pri izbiri ustreznega varovalnega elementa za asinhronski motor moramo upoštevati zagonski tok motorja.



---

---

---

---

---

---

---

---

## Priklopi porabnikov

Uporabnike priključujemo na električno inštalacijo s pomočjo stikalnih naprav.

Manjši porabniki so zaščiteni kar z uporabo zaščitnih naprav v inštalaciji (varovalke, inštalacijski odklopniki). Večje porabnike (npr. večje motorje) ščitimo še dodatno proti preobremenitvenemu toku.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Priklopi porabnikov

Stikalne naprave morajo biti sposobne:



- vklapljati,
- prevajati in
- izklapljati normalne bremenske tokove
- ter spreminjati vezave tokokrogov.

NNEI: Varovanje električne inštalacije

61

---

---

---

---

---

---

---

---

## Priklopi porabnikov

Stikalne naprave v električnih inštalacijah:



- vtičnica in vtič,
- ročna stikala (paketna, odmična, vzvodna, ...),
- daljinsko krmiljena stikala (rele, kontaktor, ...).

NNEI: Varovanje električne inštalacije

62

---

---

---

---

---

---

---

---

## Priklopi porabnikov

Stikalne naprave imajo določeno:

- mehansko trdnost (število stikalnih operacij, ki jih naprava zdrži brez električne obremenitve) in
- električno trdnost (število stikalnih operacij, ki jih kontakti zdržijo pri določeni električni obremenitvi).

NNEI: Varovanje električne inštalacije

63

---

---

---

---

---

---

---

---

## Priklopi porabnikov

Električna obremenitev stikalne naprave je odvisna od:

- električne napetosti porabnika,
- vrste toka (enosmerno, izmenično),
  - števila faz,
  - frekvence,
- priključne moči porabnika,
- razmerja med zagonskim in nazivnim tokom porabnika.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Priklopi porabnikov

Tako kot pri varovalnih elementih tudi pri stikalnih napravah poznamo **uporabnostne kategorije**, ki so odvisne od vrste toka (AC, DC) in od razmerja med zagonskim in nazivnim tokom (SIST IEC 60947-1).

---

---

---

---

---

---

---

---

## Priklopi porabnikov

Za izmenični tok poznamo:

- AC-1 (1,5): neinduktivni in malo induktivni porabniki,
  - AC-2 (4,0): AM z drsnimi obroči,
- AC-3 (8,0): AM s KS kletko – zaganjanje izklop,
- AC-4 (10,0): AM s KS kletko, zaganjanje, reverziranje,
  - AC-5a (3,0): sijalke,
  - AC-5b (1,5): žarnice,
  - AC-6a (\*): transformatorji,
  - AC-6b (\*): kondenzatorji,
- AC-8a (6,0): motorji v hladilnih kompresorjih (ročni reset)
- AC-8b (6,0): motorji v hladilnih kompresorjih (samodejen reset nadtokovnega sprožnika).

---

---

---

---

---

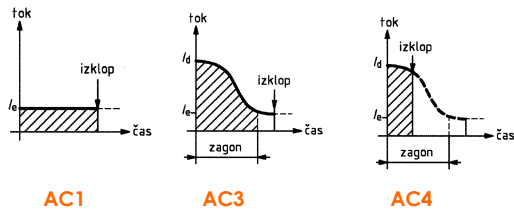
---

---

---

## Priklopi porabnikov

Potek toka in njegova vrednost ob izklopu



NNEI: Varovanje električne inštalacije

67

---

---

---

---

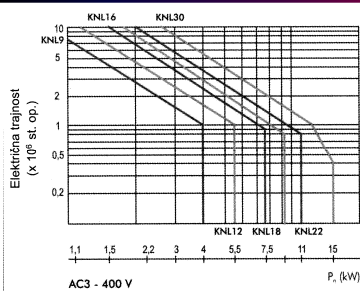
---

---

---

---

## Priklopi porabnikov



Pri različnih obremenitvah zdržijo stikalne naprave različno število stikalnih ciklov.

NNEI: Varovanje električne inštalacije

68

---

---

---

---

---

---

---

---

... in še:

# Vprašanja?

NNEI: Varovanje električne inštalacije

69

---

---

---

---

---

---

---

---