

# **Projektiranje električnih instalacija, rasvjete i postrojenja**

## **Auditorne vježbe**

**Određivanje koeficijenta opterećenja,  
vremena trajanja opterećenja**

## Zadatak 1

U kućanstvu su instalirana sljedeća trošila s vremenima uključenosti tijekom dana:

- 3 žarulje snage 100 W uključene su od 06:30 sati do 08:00 sati
- 12 žarulja snage 100 W uključene su od 20:00 sati do 20:30 sati
- 4 žarulje snage 100 W uključene su od 20:30 sati do 24:00 sati
- el.grijalo vode snage 2000 W uključeno je od 13:00 do 18:00 sati
- termo peć snage 2000 W uključeno je od 08:00 do 18:30 sati

Odrediti:

- a) vrijeme trajanja i koeficijent opterećenja rasvjete kućanstva
- b) povećanje koeficijenta opterećenja ako su uključena sva trošila prema navedenim vremenima.

**Koeficijent opterećenja  $m$**  pokazuje iskorištenost instaliranih postrojenja:

$$m = \frac{W_d}{24 \cdot P_V}$$

gdje je:  **$W_d$  - ukupno potrošena električna energija tijekom dana;**  
 **$P_V$  - vršno opterećenje.**

Vrijeme trajanja potrošnje dnevne energije vršnom snagom (**vrijeme vršne snage**):

$$T_V = \frac{W_d}{P_V}$$

a)  $W_d = P \cdot t$  • Izračunati  $W_d$  uzimajući u obzir samo trošila rasvjete (broj komada, snagu pojedinog trošila i vrijeme rada)

$$W_d = 3 \cdot 100 \cdot 1,5 + 12 \cdot 100 \cdot 0,5 + 4 \cdot 100 \cdot 3,5 = 2450 \text{ Wh} = 2,45 \text{ kWh}$$

$$P_V = n \cdot P = 12 \cdot 100 = 1200 \text{ W} = 1,2 \text{ kW}$$
 • Vršna snaga koja se javlja (samo rasvjeta)

$$T_V = \frac{W_d}{P_V} = \frac{2,45}{1,2} = 2,04 \text{ h}$$
 • Trajanje vršne snage

$$m = \frac{W_d}{P_V \cdot 24} = \frac{2,45}{1,2 \cdot 24} = 0,085$$
 • Koeficijent opterećenja (apsolutno)

$$m = 8,5 \%$$
 • Koeficijent opterećenja (postotno)

b)  $W'_d = W_d + 2000 \cdot 5 + 2000 \cdot 10,5 = 33450 \text{ Wh} = 33,45 \text{ kWh}$

- Izračunati  $W'_d$  uzimajući u obzir **sva** trošila (rasvjeta + ostala trošila)

$P'_V = 2000 + 2000 = 4,0 \text{ kW}$  • Vršna snaga koja se javlja (u nekom trenutku)

$m' = \frac{W'_d}{P'_V \cdot 24} = \frac{33,45}{4,0 \cdot 24} = 0,348$  • Koeficijent opterećenja (apsolutno)

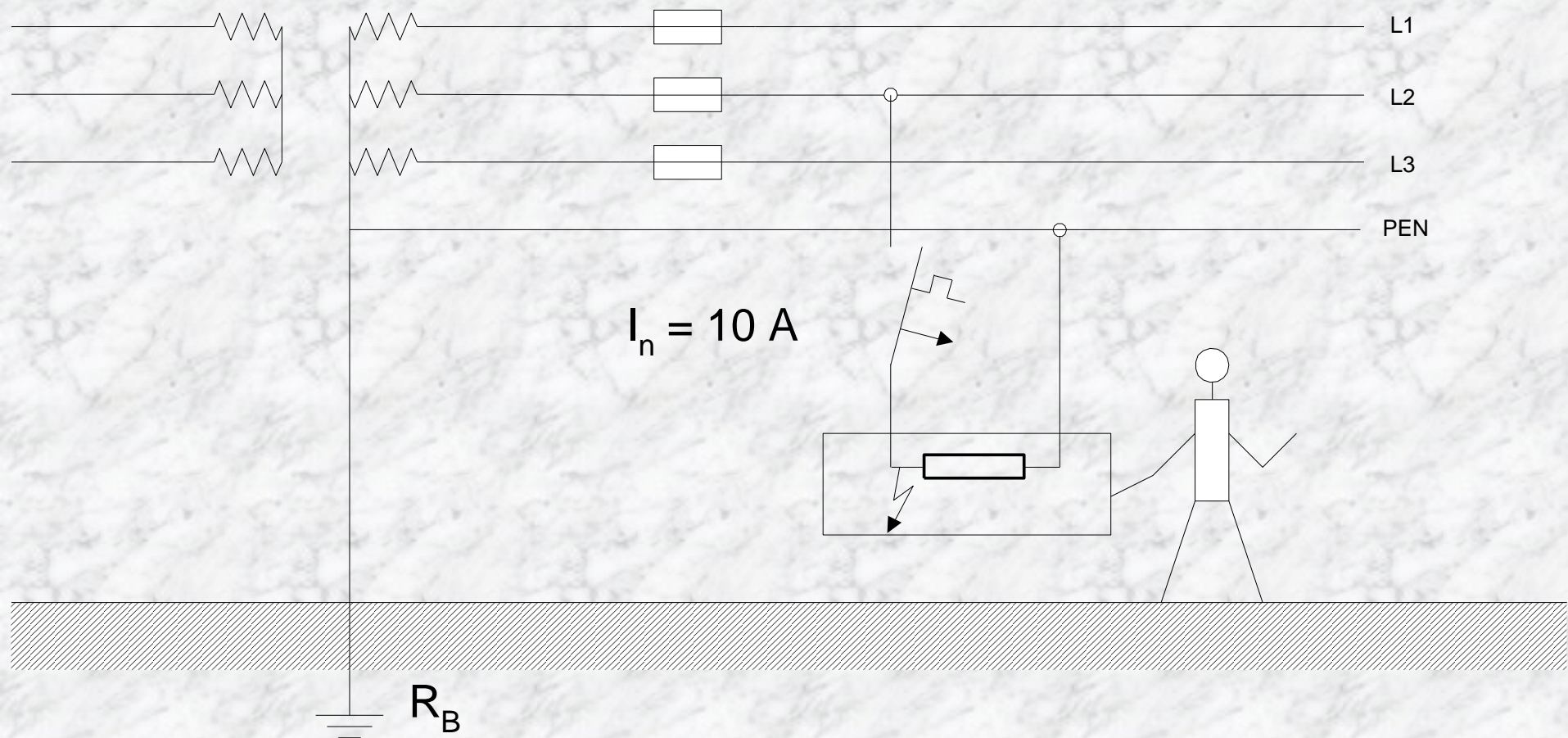
$m' = 34,8 \%$  • Koeficijent opterećenja (postotno)

## Zadatak 2

- a) Odrediti struju koja protječe kroz čovjeka ako je došlo do direktnog spoja faze s kućištem a nisu provedene mjere zaštite.
- b) Ako zaštitu napravimo TT sustavom (nacrtati sliku) kolika je struja kvara? Za koje vrijeme će automatski instalacijski prekidač isključiti? Koliki bi bio trajni dodirni napon te kolika struja bi u tom slučaju protjecala kroz čovjeka? (Zanemariti otpor transformatora, spojnih vodiča, otpor mjesta kvara i otpor stajališta čovjeka).

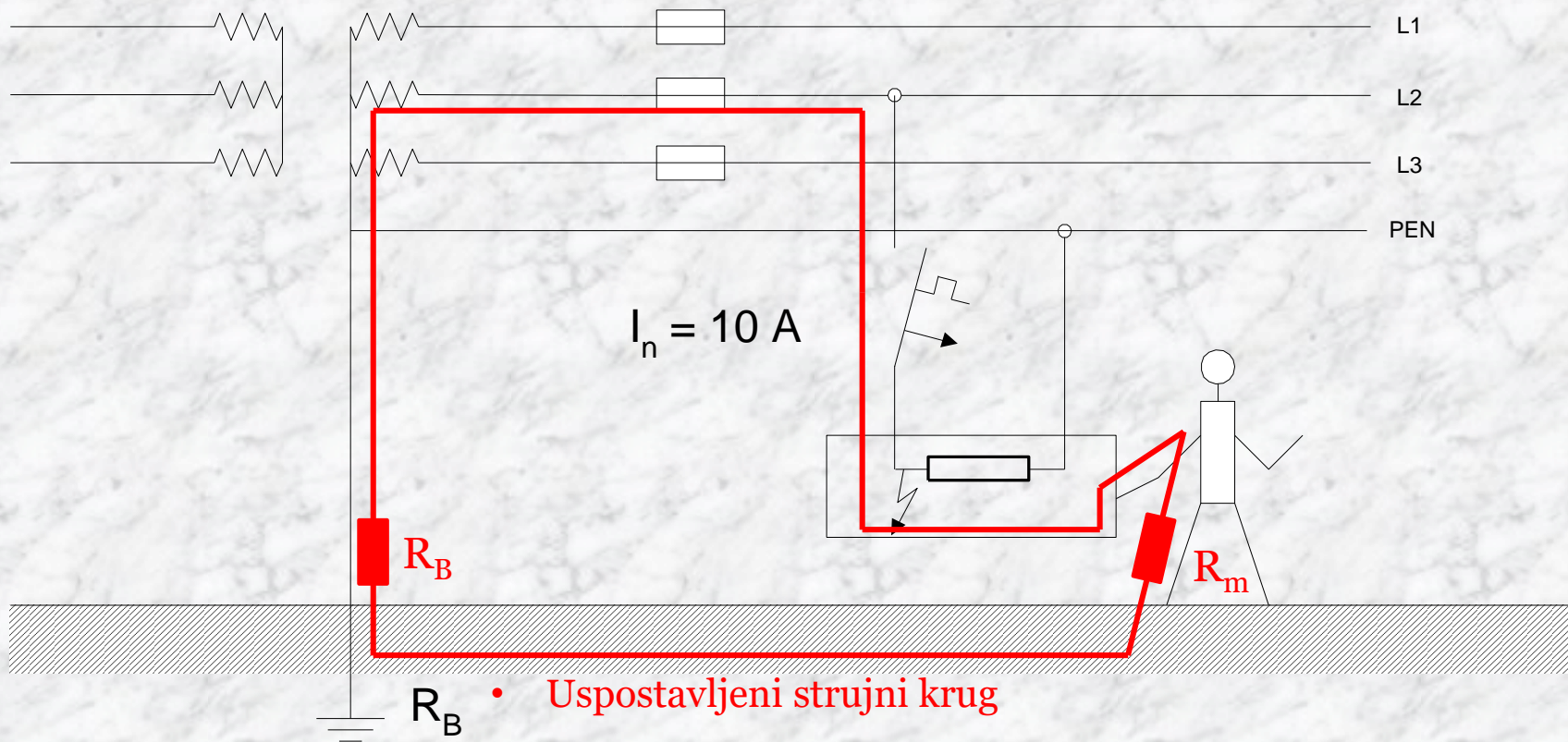
Zadano je:  $R_B = 2 \Omega$ ,  $U_1 = 230 \text{ V}$ ,  $R_m = 1000 \Omega$ ,  $R_A = 5 \Omega$ ,





$$R_B = 2 \Omega, U_1 = 230 \text{ V}, R_m = 1000 \Omega, R_A = 5 \Omega,$$

a) – bez mjera zaštite

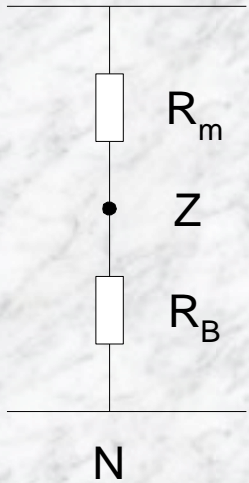


$$R_B = 2\ \Omega, U_1 = 230\ \text{V}, R_m = 1000\ \Omega, R_A = 5\ \Omega,$$



$U_1$

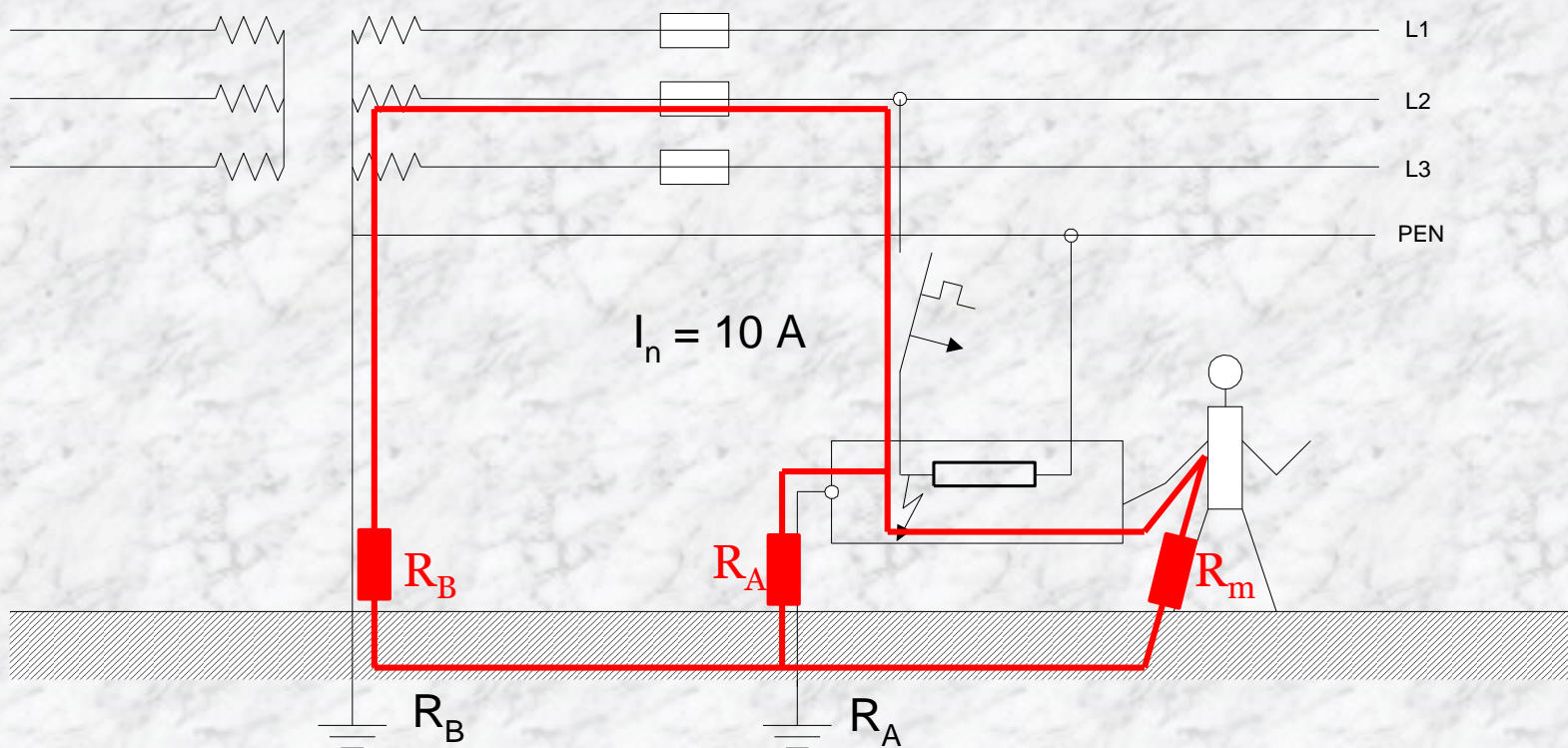
• Nadomjesna shema uspostavljenog strujnog kruga



Struja kvara: 
$$I_p = \frac{U_1}{R_B + R_m} = \frac{230}{2 + 1000} = 0,22954 \text{ A}$$

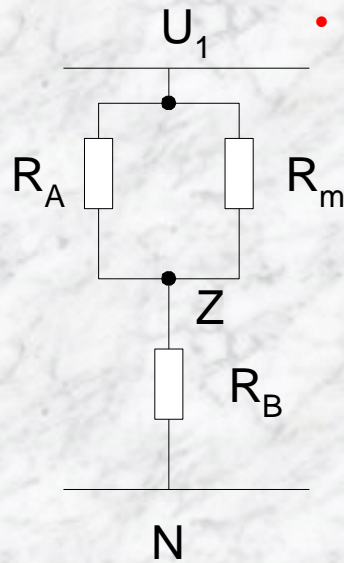
Napon dodira: 
$$U_d = I_p \cdot R_m = 0,22954 \cdot 1000 = 229,54 \text{ V}$$

## b) – TT sustav zaštite



- Uspostavljeni strujni krug

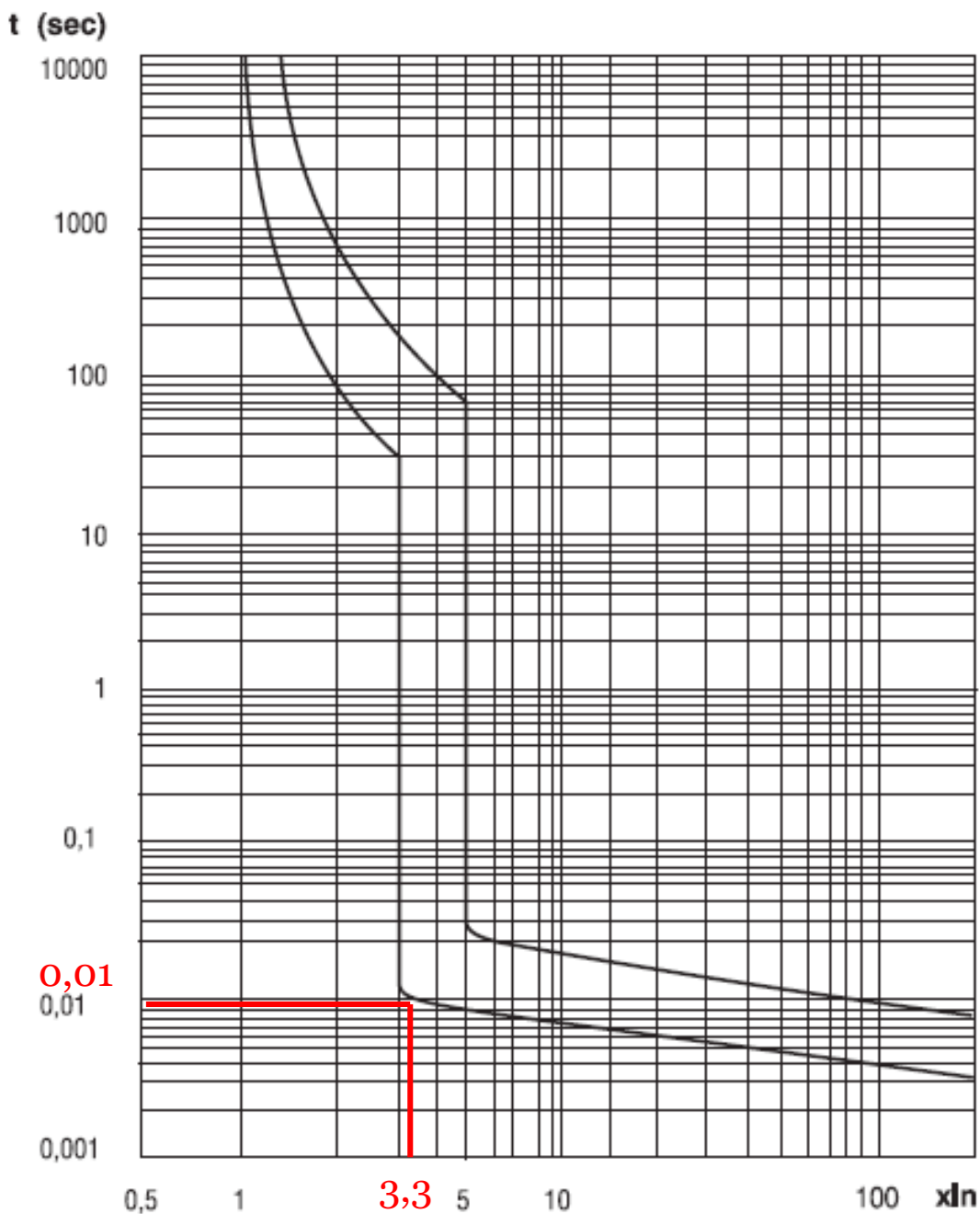
- Nadomjesna shema uspostavljenog strujnog kruga



Struja kvara: 
$$I_p = \frac{U_1}{R_B + \frac{R_A \cdot R_m}{R_A + R_m}} = \frac{230}{2 + \frac{5 \cdot 1000}{5 + 1000}} \approx 33 \text{ A}$$

Napon dodira: 
$$U_d = U_1 - I_p \cdot R_B = 230 - 33 \cdot 2 = 164 \text{ V}$$

Struja kroz čovjeka: 
$$I_m = \frac{U_d}{R_m} = 0,164 \text{ A}$$



$$\frac{I_p}{I_n} = \frac{33}{10} = 3,3$$

→ *karakteristika* → 0,01 s

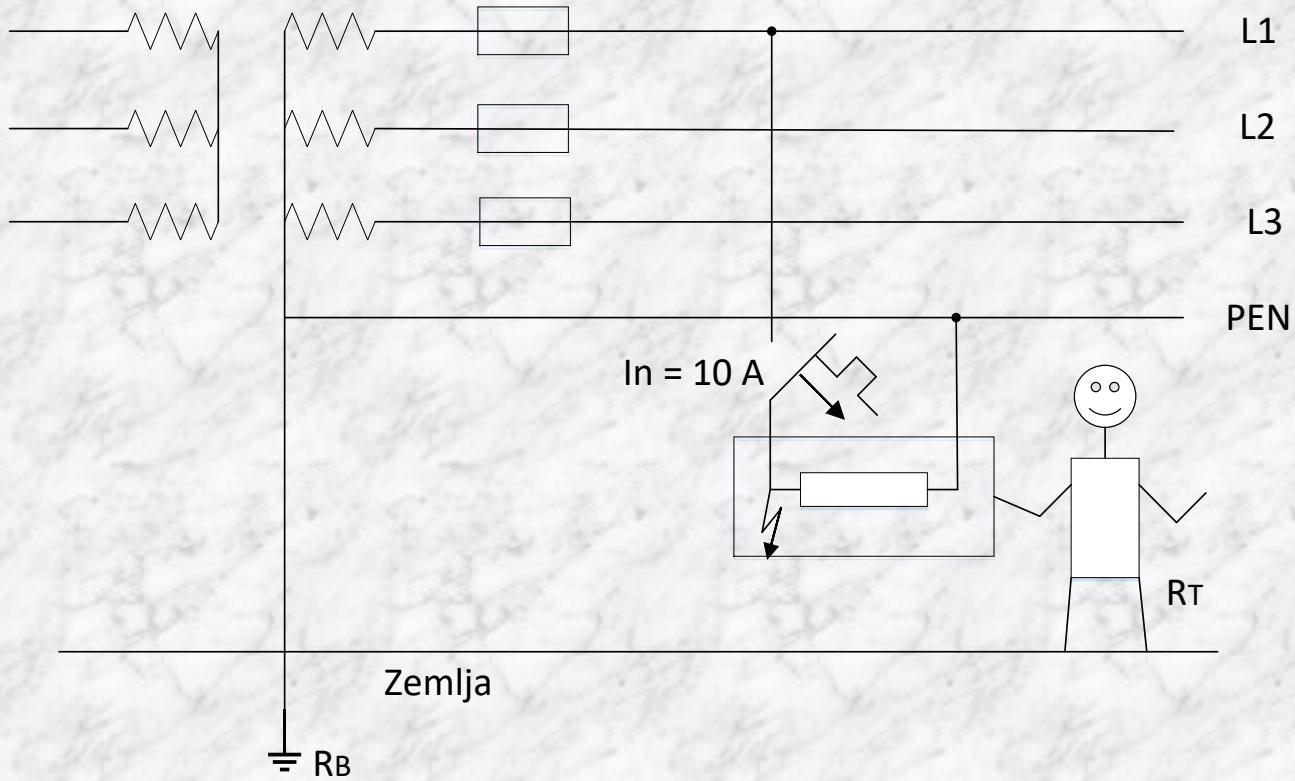
Automatski instalacijski prekidač  
će isključiti nakon 0,01 sekundu.

### Zadatak 3

- a) Odrediti struju koja protječe kroz čovjeka ako je došlo do direktnog spoja faze s kućištem, a nisu provedene mjere zaštite.
- b) Ako je zaštita napravljena TN-C sustavom (nacrtati sliku) kolika je struja kvara? Za koje vrijeme će automatski instalacijski prekidač isključiti? Koliki bi bio trajni dodirni napon, te kolika struja bi u tom slučaju protjecala kroz čovjeka?

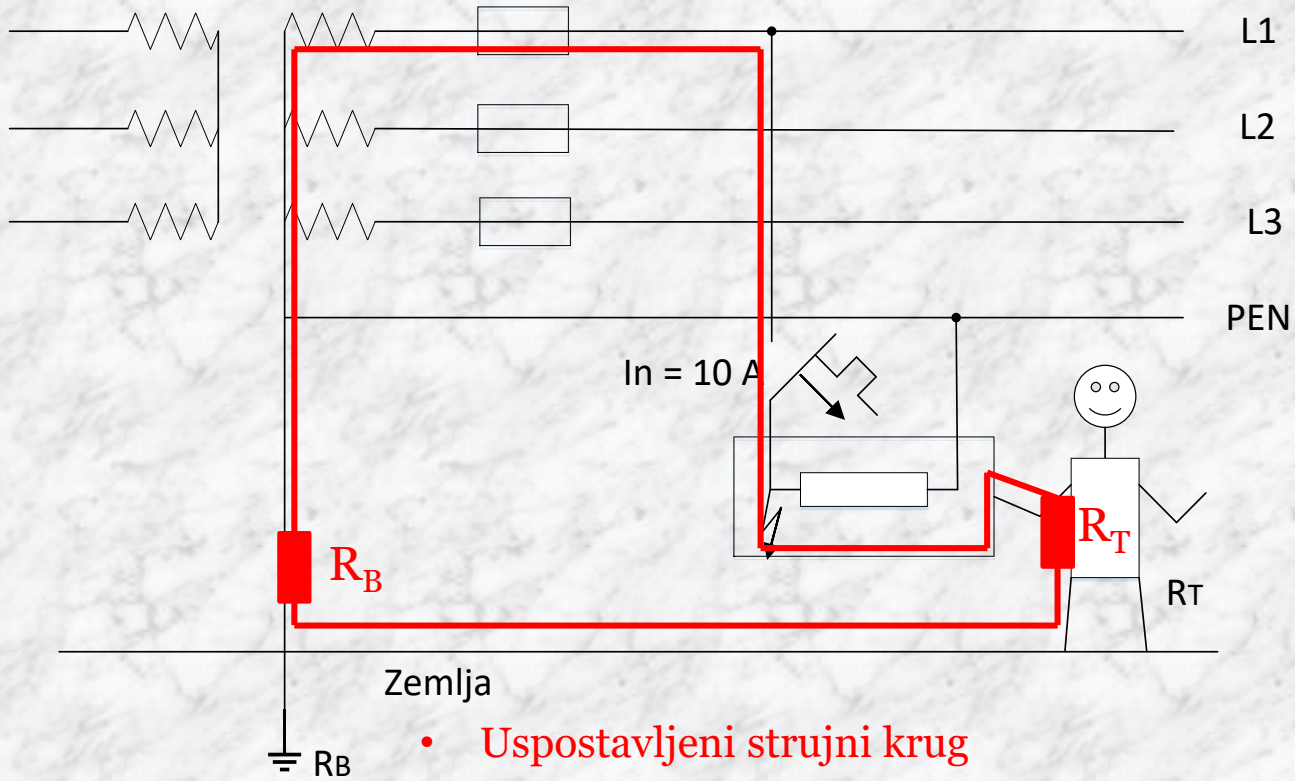
(Zanemariti otpor transformatora, spojnih vodiča, otpor mjesta kvara i otpor stajališta čovjeka).

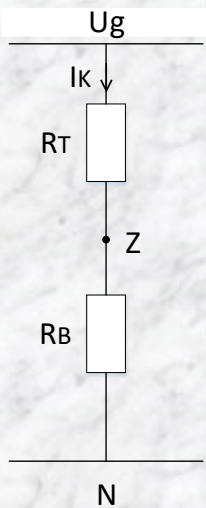
Zadano je:  $R_B = 2 \Omega$ ,  $U_g = 230 \text{ V}$ ,  $R_T = 1000 \Omega$ ,  $R_A = 5 \Omega$ ,





a) bez mjera zaštite



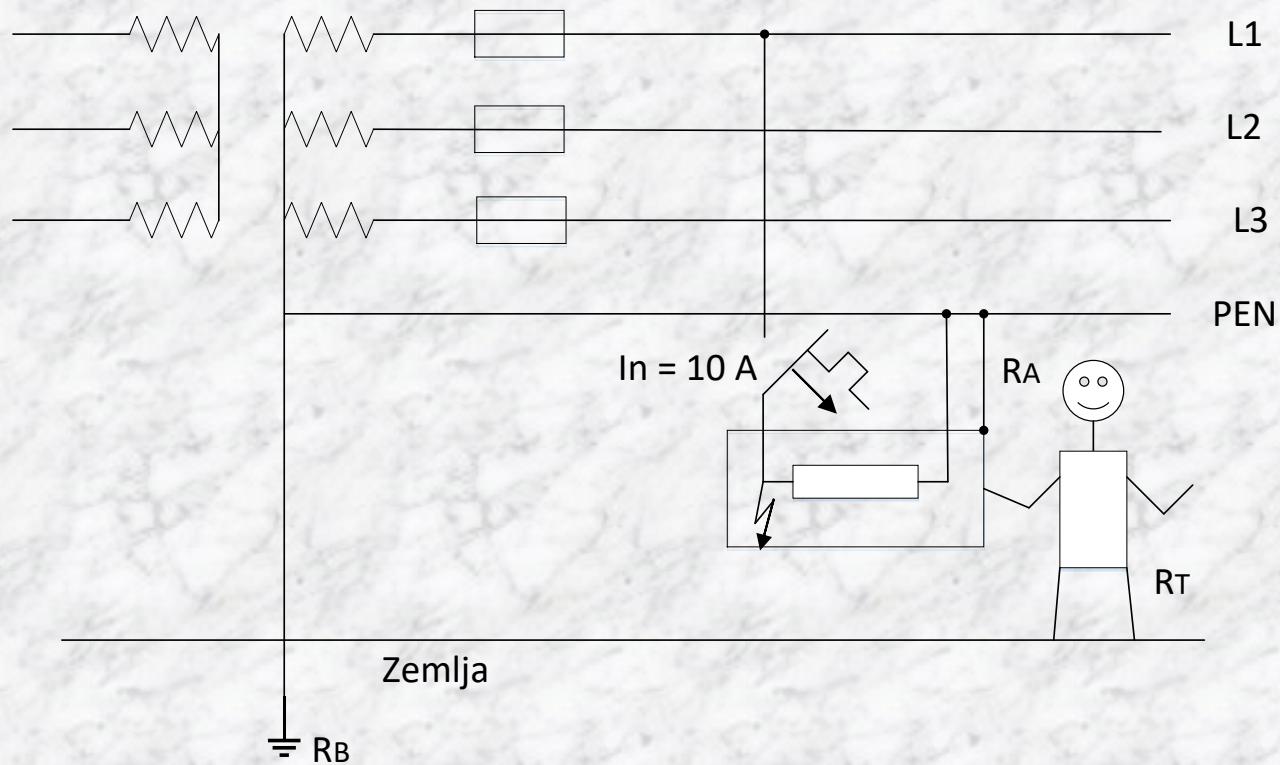


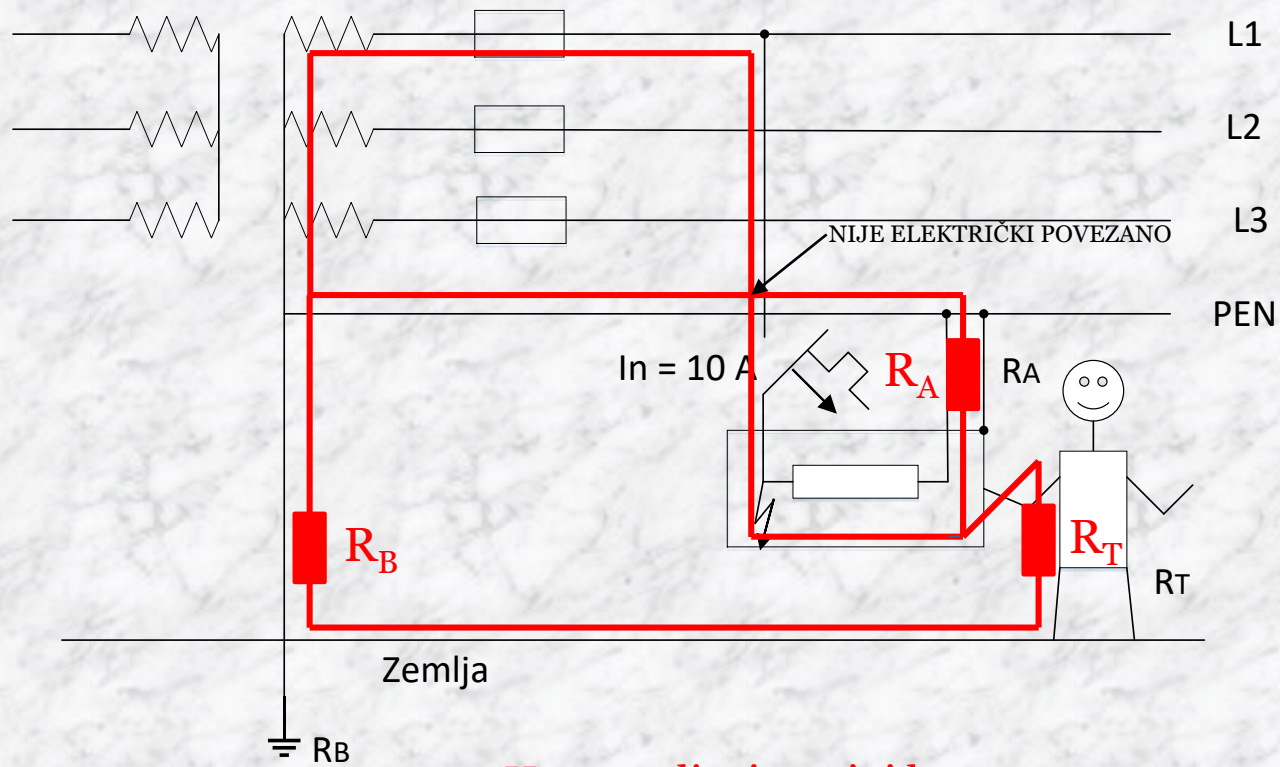
- Nadomjesna shema uspostavljenog strujnog kruga

Struja kvara: 
$$I_K = \frac{U_g}{R_B + R_T} = \frac{230}{2 + 1000} = 0,22954 \text{ A}$$

Napon dodira: 
$$U_d = I_K \cdot R_T = 0,22954 \cdot 1000 = 229,54 \text{ V}$$

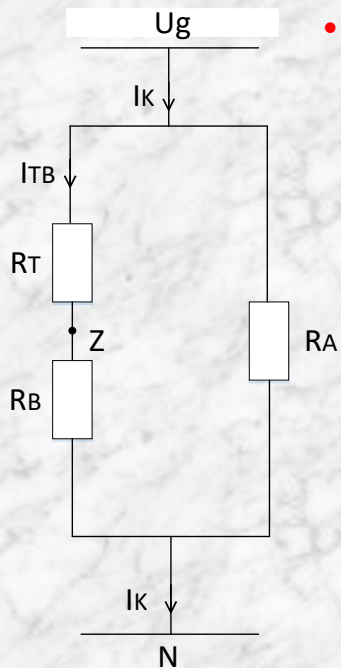
## b) TN-C sustav zaštite





- Uspostavljeni strujni krug

- Nadomjesna shema uspostavljenog strujnog kruga



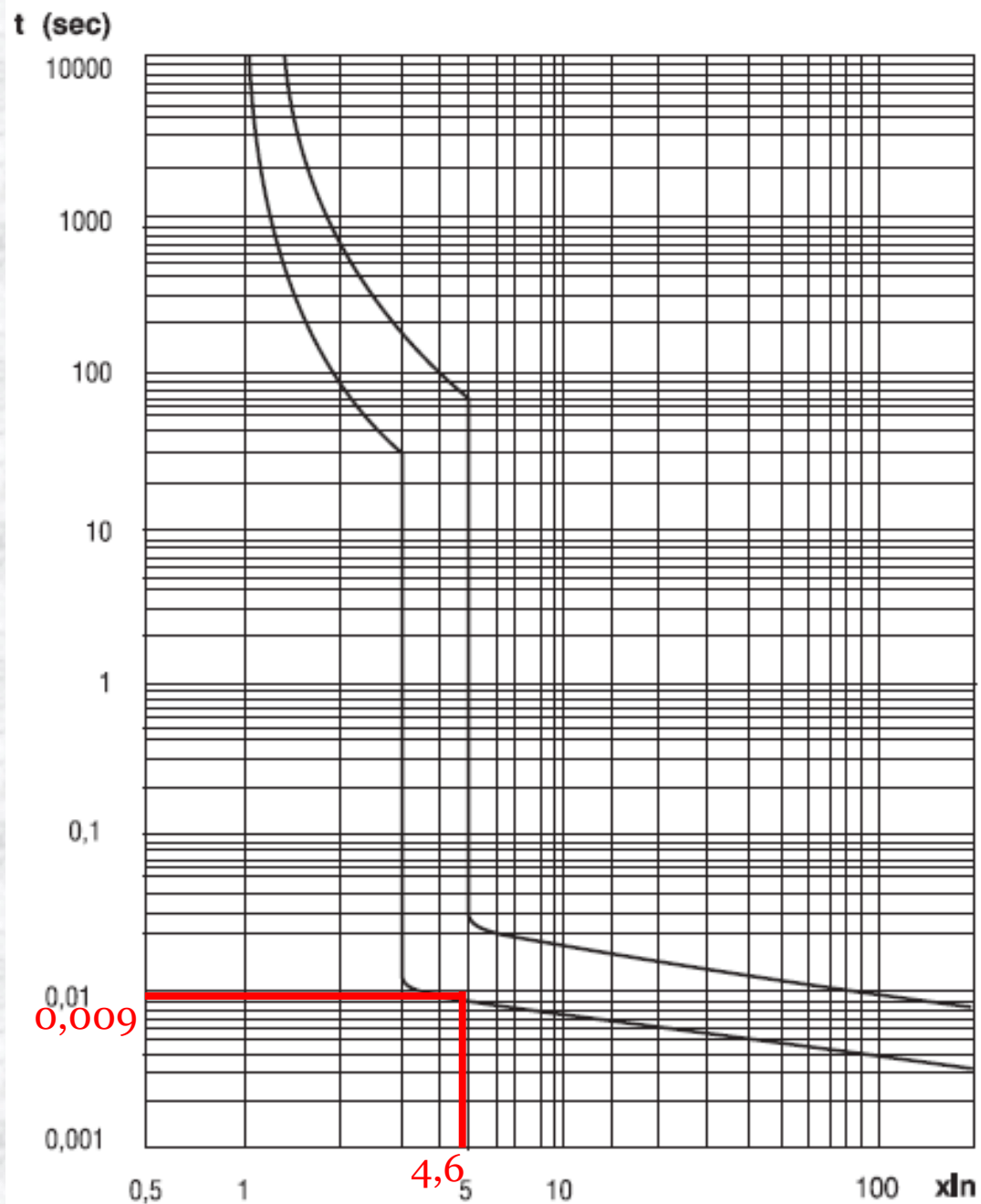
Otpor petlje kvara:  $R_K = \frac{(R_T + R_B) \cdot R_A}{(R_T + R_B) + R_A} = \frac{(1000 + 2) \cdot 5}{(1000 + 2) + 5} = 4,975 \Omega$

Struja kvara:  $I_K = \frac{U_g}{R_K} = \frac{230}{4,975} \approx 46 \text{ A}$

Struja jedne grane:  $I_{TB} = \frac{U_g}{R_T + R_B} = \frac{230}{1000 + 2} \approx 0,23 \text{ A}$

Napon dodira:  $U_d = U_g - I_{TB} \cdot R_B = 230 - 0,23 \cdot 2 = 230 - 0,46 = 229,54 \text{ V}$

Struja kroz čovjeka:  $I_m = \frac{U_d}{R_T} = \frac{229,54}{1000} \approx 0,23 \text{ A}$



Faktor isklopne struje:

$$k = \frac{I_K}{I_n} = \frac{46}{10} = 4,6$$

Karakteristika  $\Rightarrow t_i = 0,009$  s,  
(očitano s karakteristike osigurača)

Automatski instalacijski prekidač  
će isključiti nakon 0,009 sekundi.



## Zadatak 4

Utičnica 230 V u TT sustavu štícena je instalacijskim prekidačem F20, nazivne struje  $I_n = 25$  A. Ukoliko je izmjeren otpor zaštitnog uzemljivača trošila  $R_{am} = 1,4 \Omega$ , odrediti je li ispunjen uvjet zaštite od indirektnog dodira.

$t_d$  – dopušteno vrijeme isključenja (s)

$R_a$  – izračunati otpor uzemljivača ( $\Omega$ )

$U_L$  – dopušteni napon dodira – nominalno 50 V

$R_{am}$  – izmjereni otpor uzemljivača ( $\Omega$ )

$I_a$  – najmanja isklopna struja iz  $t/I$  dijagrama za dozvoljeno vrijeme  $t_d$  kod kojeg će doći do automatskog isklapanja nadstrujnog zaštitnog uređaja

$I_k$  – struja kvara (A)

$$t_d = 5 \text{ s}$$

$$R_a \cdot I_a \leq U_L$$

$$R_{am} \cdot I_k \leq U_L$$

$I_a = I_n \cdot 4,5 = 112,5 \text{ A}$  (4,5 - očitano sa karakteristike djelovanja prekidača F20)

$$R_a = \frac{U_L}{I_a} = \frac{50}{112,5} = 0,44 \Omega$$

S obzirom da je  $I_a$  najmanja isklopna struja, onda proizlazi da

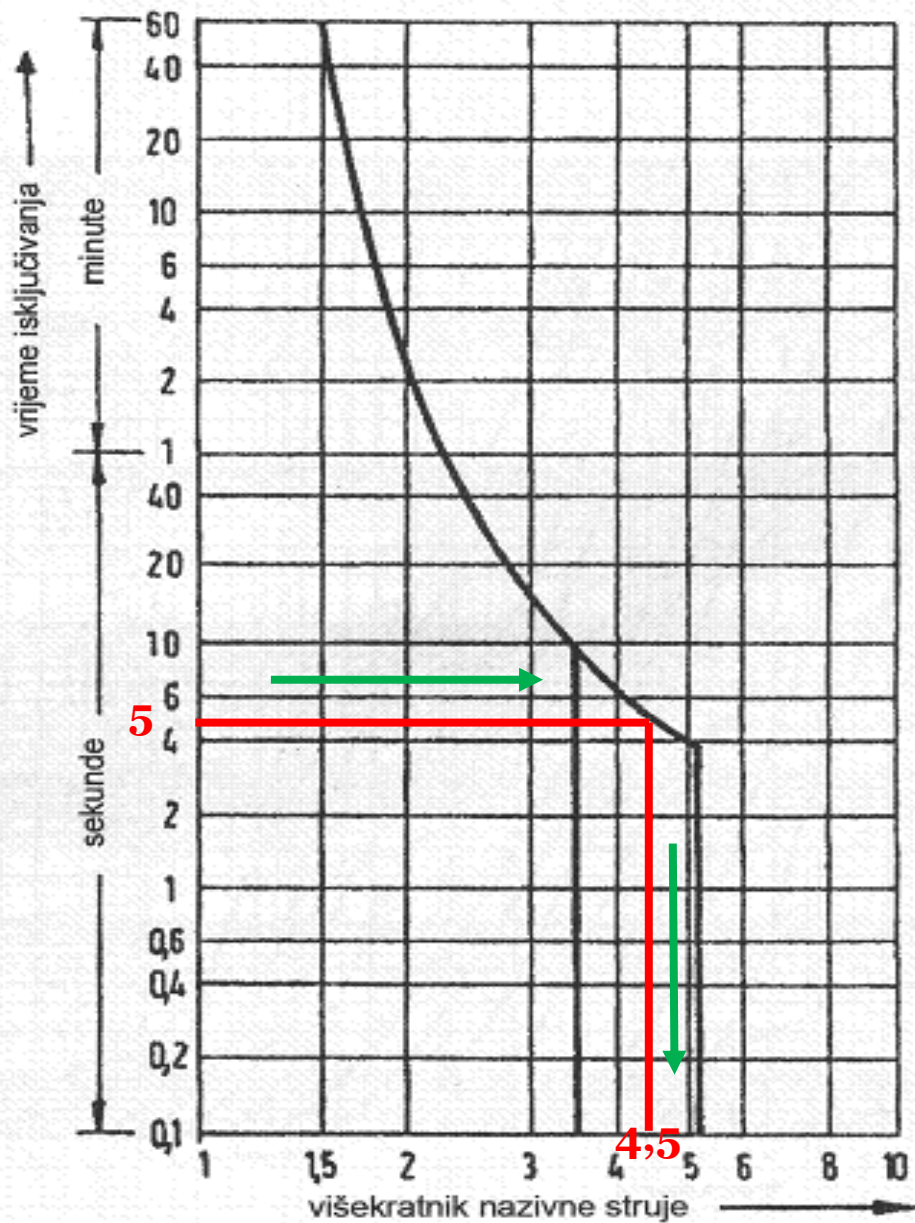
$$R_{am} \leq R_a$$

$$1,4 > 0,44$$

**Nije ispunjen** uvjet zaštite od indirektnog dodira. Da bi uvjet bio ispunjen potreban je manji osigurač ili zaštitna strujna sklopka.

# INSTALACIJSKI PREKIDAČ F 20

## Karakteristike djelovanja



## Zadatak 5

Trofazna utičnica je šticeana osiguračem tipa TD, nazivne struje  $I_n = 16 \text{ A}$  u TN-S sustavu. Izmjerena impedancija petlje kvara iznosi  $Z_{sm} = 0,5 \ \Omega$ . Odrediti je li ispunjen uvjet zaštite od indirektnog dodira usporedbom računске impedancije petlje kvara  $Z_s$  i izmjerene impedancije petlje kvara  $Z_{sm}$ .

$t_d$  – dopušteno vrijeme isključenja (s)

$Z_s$  – izračunata impedancija petlje kvara ( $\Omega$ )

$U_0$  – nazivni napon mreže prema zemlji 230 V

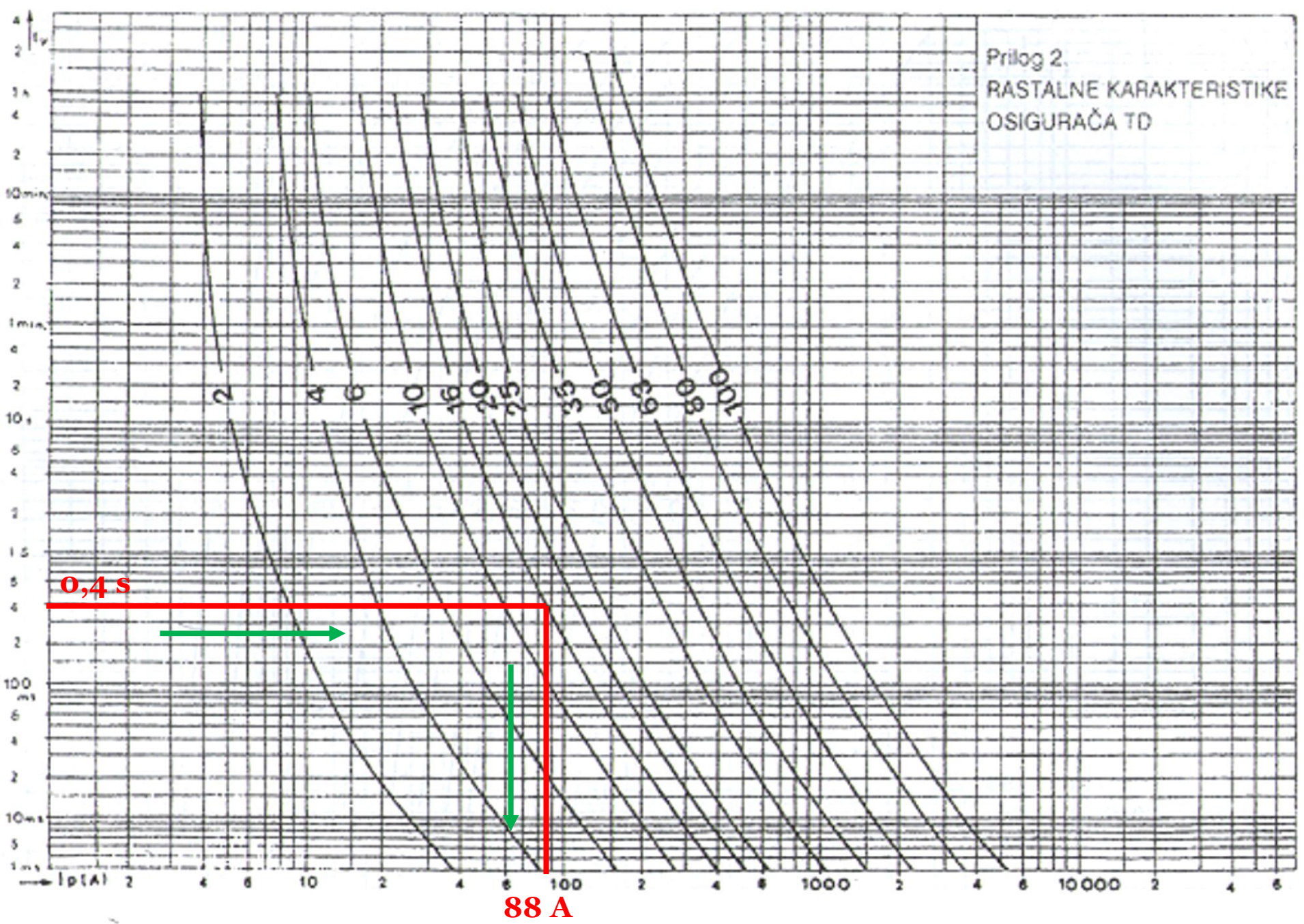
$I_k$  – struja kvara (A)

$Z_{sm}$  – izmjerena impedancija petlje kvara ( $\Omega$ )

$I_a$  – najmanja isklopna struja iz  $t/I$  dijagrama za dozvoljeno vrijeme  $t_d$  kod kojeg će doći do automatskog isklapanja nadstrujnog zaštitnog uređaja (A).



Prilog 2.  
RASTALNE KARAKTERISTIKE  
OSIGURAČA TD



## Zadatak 6

Trošilo spojeno preko utičnice se nalazi u TN-S sustava. Strujni krug je štićen osiguračem tipa D nazivne struje  $I_n = 25$  A. U strujnom krugu se nalazi i zaštitna strujna sklopka 25/0,5 A. Odrediti je li ispunjen uvjet zaštite od indirektnog dodira ukoliko je izmjereno  $Z_{sm} = 2,5 \Omega$ :

$t_d$  – dopušteno vrijeme isključenja (s)

$Z_s$  – izračunata impedancija petlje kvara ( $\Omega$ )

$U_0$  – nazivni napon mreže prema zemlji 230 V

$I_k$  – struja kvara (A)

$Z_{sm}$  – izmjerena impedancija petlje kvara ( $\Omega$ )

$I_a$  – najmanja isklopna struja iz  $t/I$  dijagrama za dozvoljeno vrijeme  $t_d$  kod kojeg će doći do automatskog isklapanja nadstrujnog zaštitnog uređaja (A).

$I_{\Delta n}$  – nazivna diferencijalna struja koja osigurava isključenje (A)



a) sa zaštitnom strujnom sklopkom

$$Z_s \cdot I_{\Delta n} \leq U_0$$

$$Z_{sm} \cdot I_k \leq U_0$$

$$Z_s = \frac{U_0}{I_{\Delta n}} = \frac{230}{0,5} = 460 \Omega$$

$$Z_{sm} \leq Z_s$$

$$2,5 < 460$$

**Uvjet je ispunjen.**

b) bez zaštitne strujne sklopke (samo osigurač)

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

$$Z_{sm} \cdot I_k \leq U_0$$

$t_d = 0,4$  s (očitati pripadajuću struju iz krivulje osigurača)

$I_a = 125$  A (očitano iz  $t/I$  dijagrama)

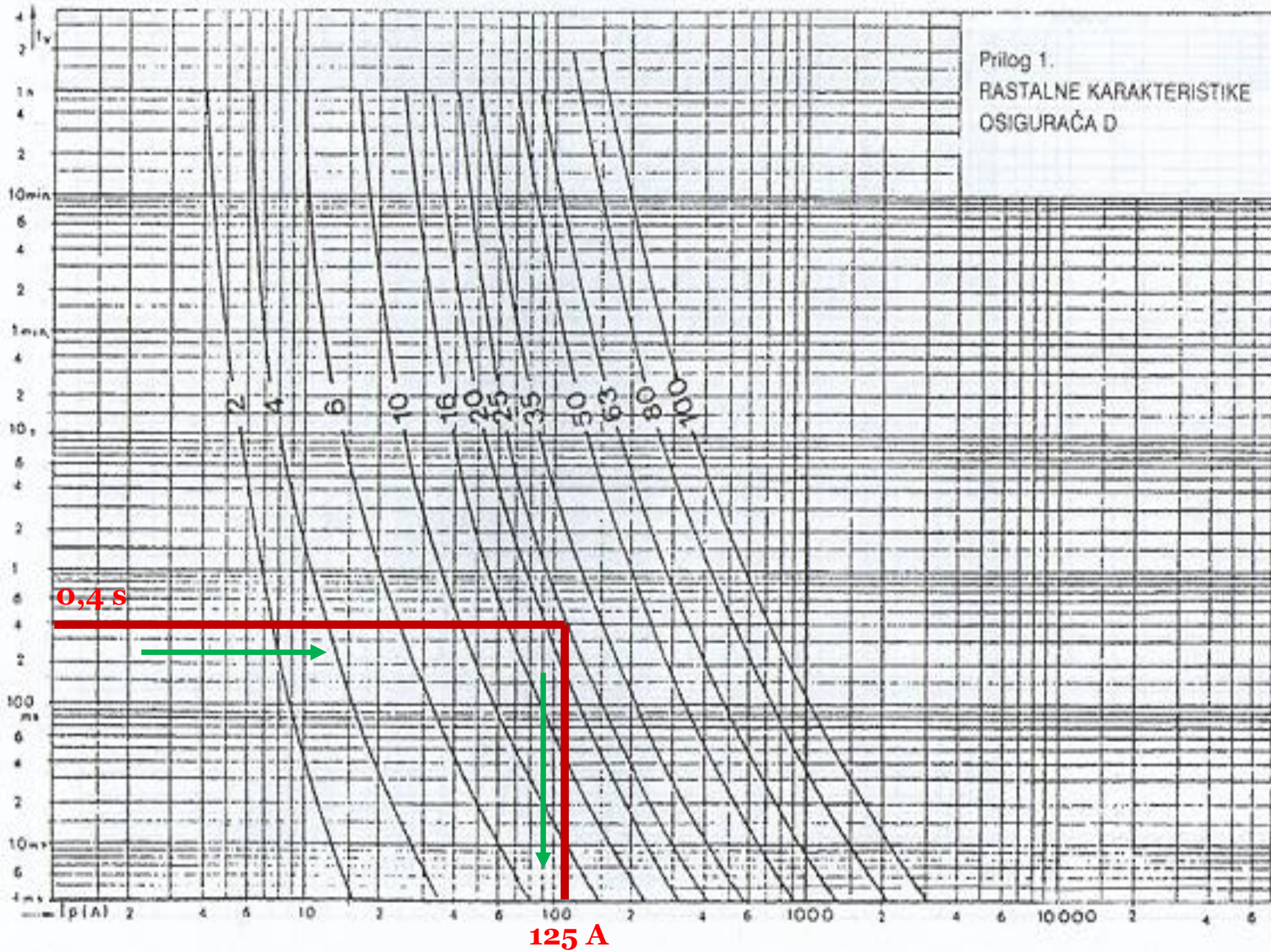
$$Z_s = \frac{U_0}{I_a} = \frac{230}{125} = 1,84 \Omega$$

$$Z_{sm} \leq Z_s$$

$$2,5 > 1,84$$

Uvjet zaštite od indirektnog dodira **nije ispunjen.**

Prilog 1.  
RASTALNE KARAKTERISTIKE  
OSIGURAČA D



0,4 s

125 A