

Sustavi mreža i zaštite u mrežama

prema IEC

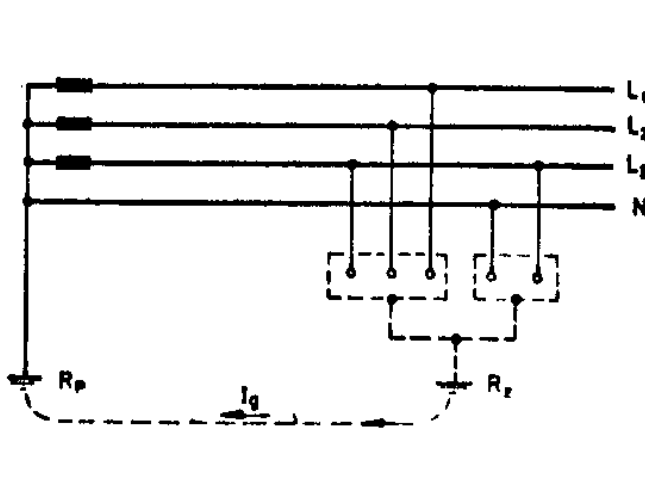


Selektivnost zaštite

Kod napona većih od 50 V -> brzina djelovanja zaštite

sustav uzemljenja mreže i uređaja

TT



uvjeti uporabe

Uvjet za uporabu: dovoljno velika struja greške:

$$I_g = k \cdot I$$

radi brzog aktiviranja zaštite.
Dovoljno mali otpor uzemljenja

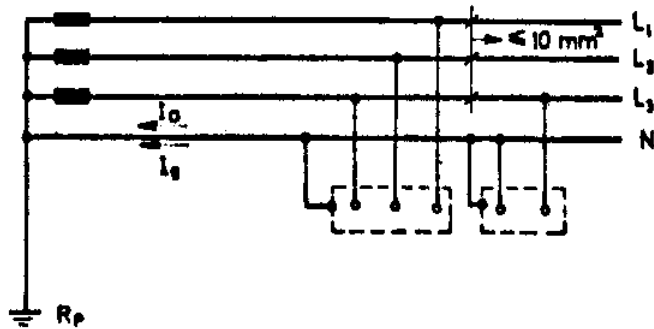
$$R_z = \frac{U_d}{k \cdot I}$$

radi ograničenja napona dodira.
U rudnicima nije dopušteno.

sustav uzemljenja
mreže i uređaja

uvjeti uporabe

TNC



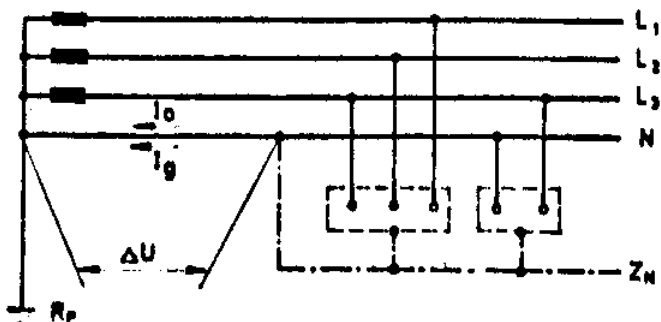
Dovoljno velika struja greške:

$$I_g = k \cdot I$$

radi brzog aktiviranja zaštite.

Dodirni je napon kod greške opasan.

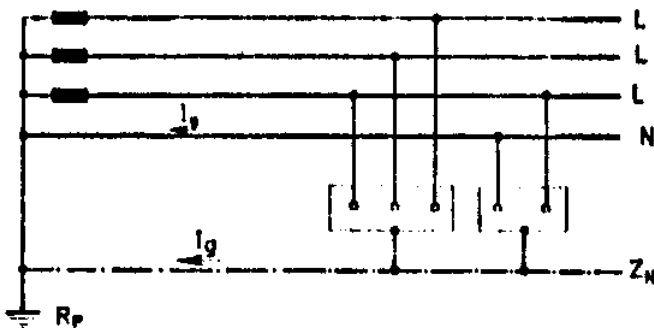
TNC/
/S



Kao TNC

Ublažena opasnost neizjednačenih potencijala zbog jednofazne potrošnje.

TNS



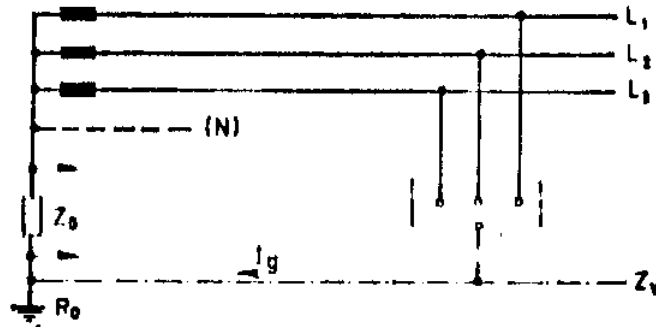
Kao TNC

Eliminirana opasnost neizjednačenih potencijala zbog jednofazne potrošnje.

**sustav uzemljenja
mreže i uređaja**

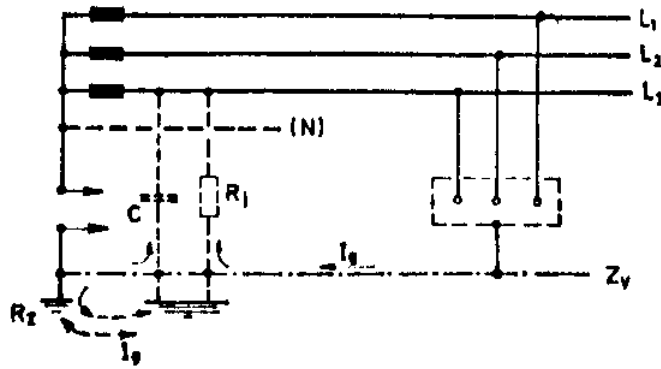
uvjeti uporabe

IT
(Z)



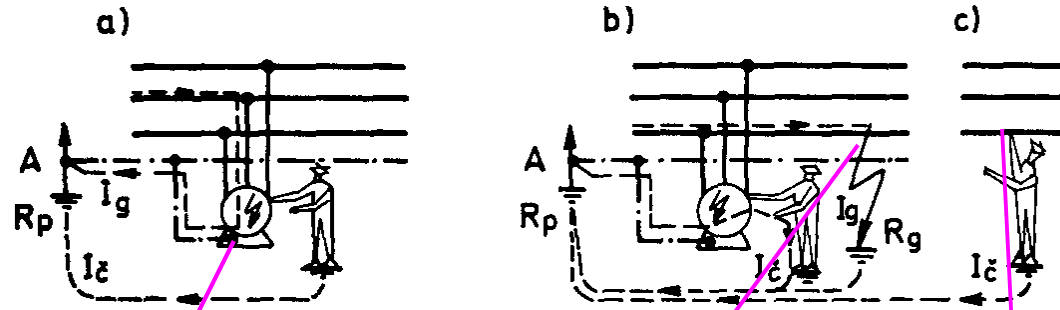
Struja greške ograničena je na veličinu pozdanog djelovanja zaštite.
Dopušten i veći otpor uzemljenja s obzirom na malu struju greške.

IT
(K)



Trajna kontrola izolacije mreže, aktiviranje zaštite kod nedovoljnog otpora izolacije mreže.
Dopušten veći otpor uzemljenja s obzirom na malu struju greške ovisnu o kapacitetu mreže prema zemlji.

**Greške u mreži
obzirom na sustav
zaštite**



Opasni dodirni napon u mreži

DODIRNI NAPONI PREMA GREŠKAMA U MREŽI

Sustav mreže	a) greška uređaja	b) greška u mreži	c) dodir s fazom
<p>uzemljeni</p>	$I_g = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \Sigma Z}$ <p>jednopolni kratki spoj</p> $\approx \frac{2}{3} \frac{U}{\sqrt{3}} < U_d < \frac{U}{\sqrt{3}}$	$I_g = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (R_p + R_g)}$ <p>jednopolni kratki spoj</p> $U_d \approx \frac{R_p}{R_p + R_g} \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} \leq \frac{U}{\sqrt{3}}$	$I_g = I_č \approx \frac{U}{R_č \sqrt{3}}$ $U_d \approx \frac{U}{\sqrt{3}}$
<p>djelomično uzemljeni</p>	$I_g \approx \frac{U}{Z_u \sqrt{3}}$ $U_d < 50 \text{ V}$	$I_g \approx \frac{U}{Z_u \sqrt{3}}$ $U_d < 50 \text{ V}$	$I_g = I_č \approx \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (Z_u + R_č)}$ $\frac{1}{2} \cdot \frac{U}{\sqrt{3}} < U_d < \frac{U}{\sqrt{3}}$
<p>izolirani</p>	$I_g \approx U \omega C_0 \left(\text{ili } \frac{U}{R_i} \right)$ $R_p \leq \frac{50}{I_g}$ $U_d < 50 \text{ V}$	$I_g \approx U \omega C_0 \left(\text{ili } \frac{U}{R_i} \right)$ $R_p \leq \frac{50}{I_g}$ $U_d < 50 \text{ V}$	$I_g = f(U, C_0, R_i)$ $I_d = f(I_g) \leq 50 \text{ V}$

Zaštita pri uzemljenom sustavu

- sustav
- nulovanje
 - struja greške
 - napon greške
 - zaštitno uzemljenje
- najčešće

Nulovanje (TN sustavi mreža)

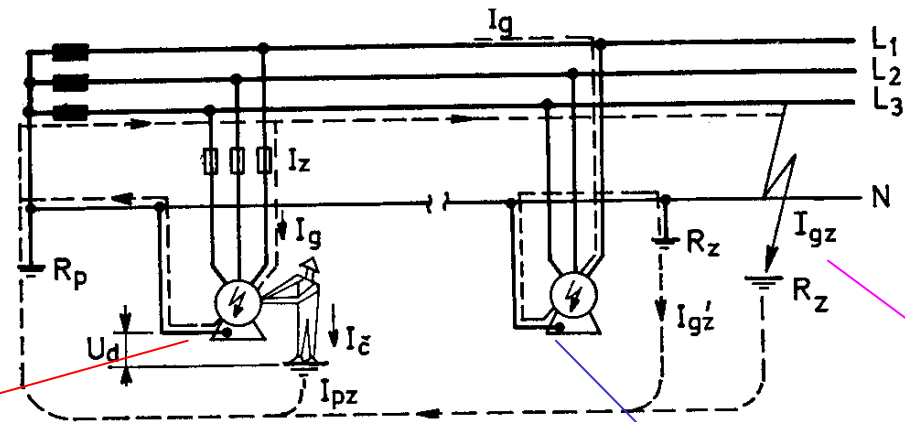
TNC **zajednički** pogonski i zaštitni vodič

TNS odvojeni pogonski i zaštitni vodič — **dozvoljen u rudnicima**

TNC-S **osnovna** mreža **zajednički** a **odvojni odvojeni** pogonski i zaštitni vodič

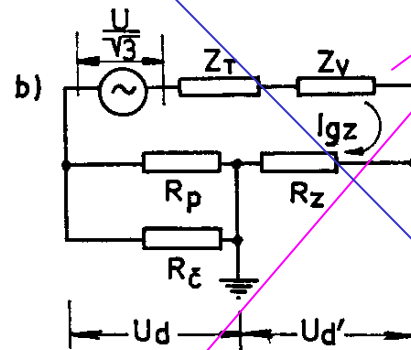
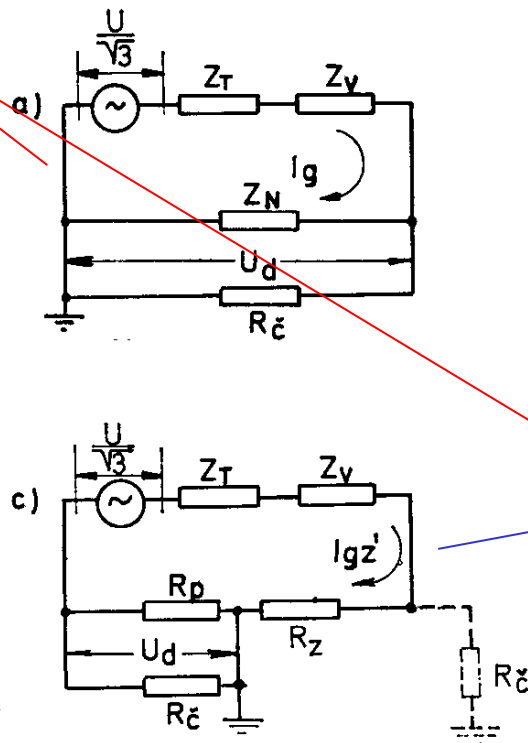
Naponi i struje kod greške u mreži

- zvjezdište transformatora uzemljeno R_p
 - iz zvjezdišta N vodič
 - svi metalni dijelovi spojeni na N vodič
- (ograničenje I_2) niska impedancija između pogonskog i zaštitnog uzemljenja



greška na izolaciji trošila

greška na izolaciji mreže (spoj faze na zemlju)



greška na izolaciji uređaja uz N vodič u prekidu

a)
$$I_g = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\sum Z_T, Z_Y, Z_N}$$

b)
$$Z_T \hat{+} Z_Y \ll R_p + R_z$$

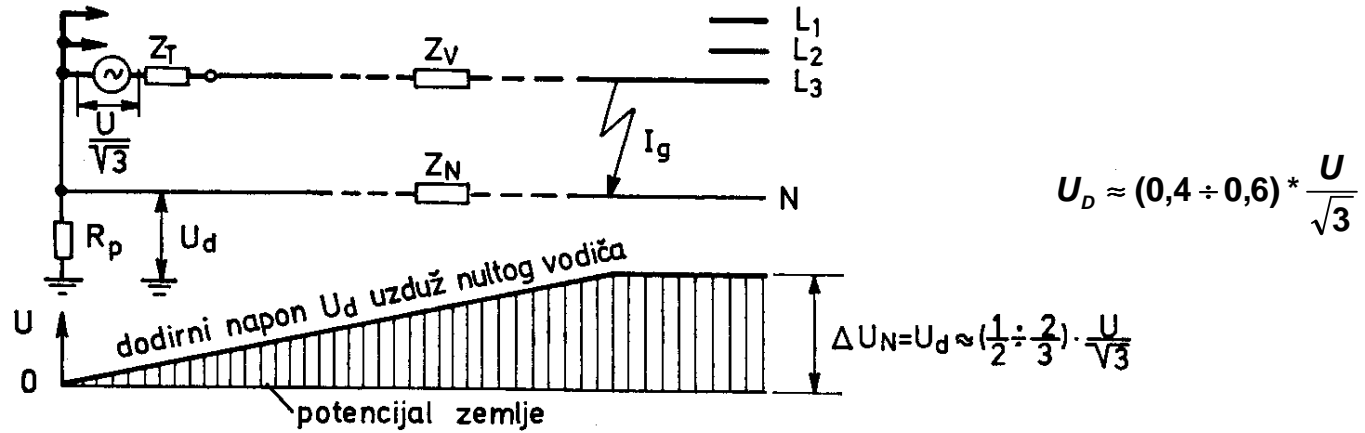
$$R_\xi \gg R_p$$

pa je
$$I_{gz} \approx \frac{V}{\sqrt{3}} \frac{1}{R_p + R_z}$$

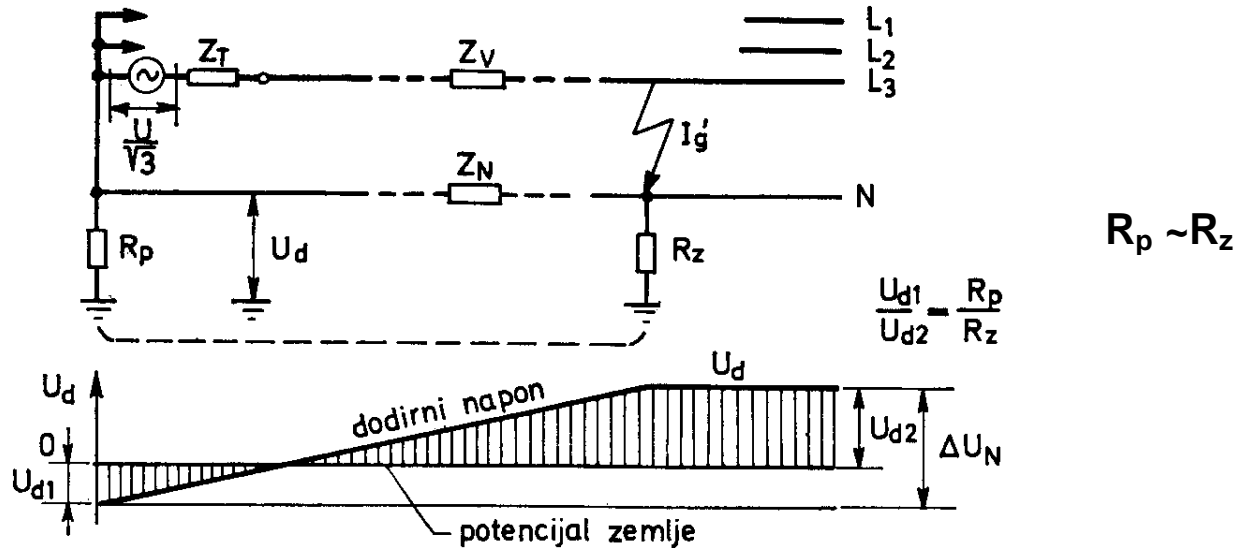
c) vrijedi isto kao pod b)

Shematski prikaz sustava zaštite nulovanjem

Greška na uređaju pri ispravnom nulovanju

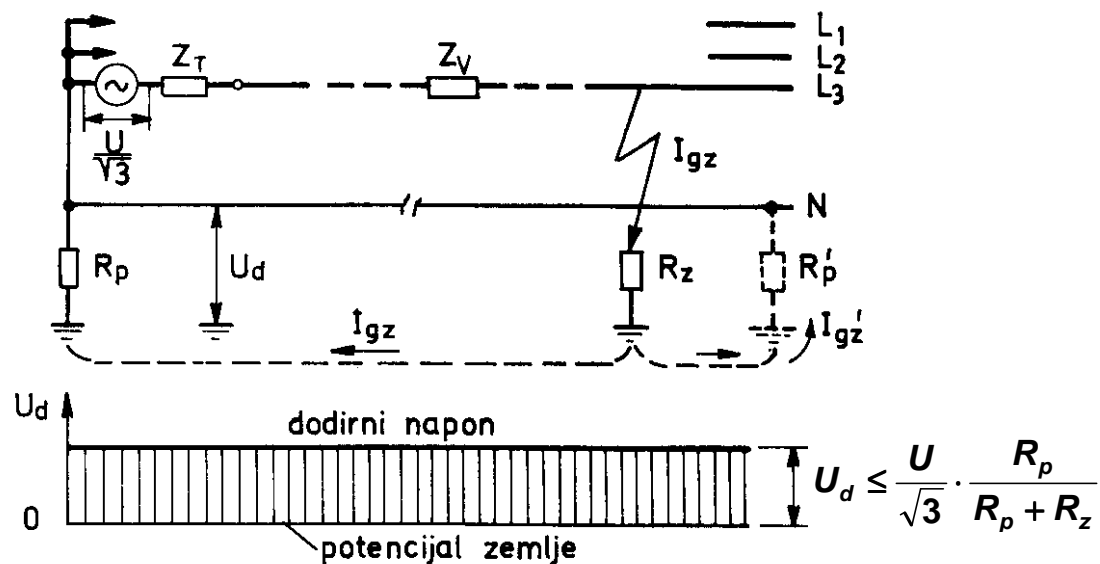


Dodirni napon kod greške, nulovanih električnih uređaja uzemljenih samo preko pogonskog uzemljenja trafostanice



Dodirni napon kod greške, nulovanih električnih uređaja uzemljenih na više mjesta mreže

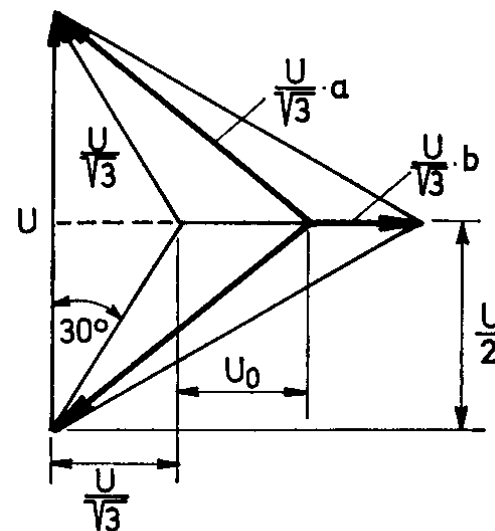
Spoj faze i zemlje mimo nultog vodiča



Dodirni napon nulovanih električnih uređaja kod spoja faze i zemlje

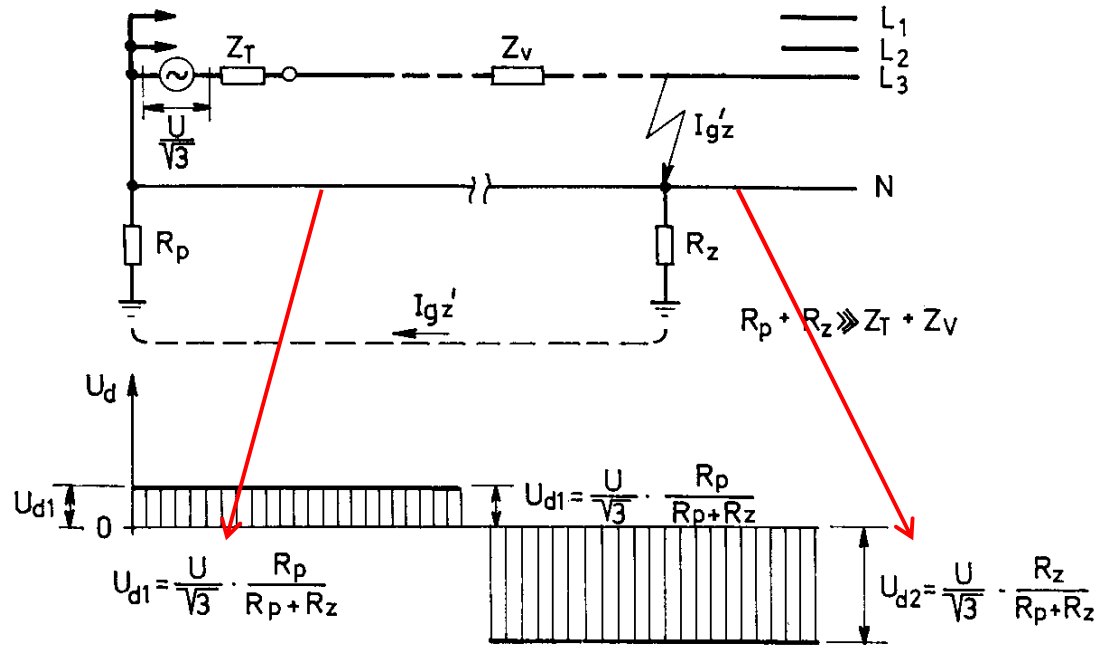
za $R_p \sim R_z$ $U_o = \frac{1}{2} \cdot \frac{U}{\sqrt{3}}$

za $R_z = 0 \rightarrow$ fazni napon $\sqrt{3}$ veći
(fazni napon \Rightarrow linijski napon)



Nesimetrija trofaznog sustava kod zemljospoja

Prekid nulnog vodiča



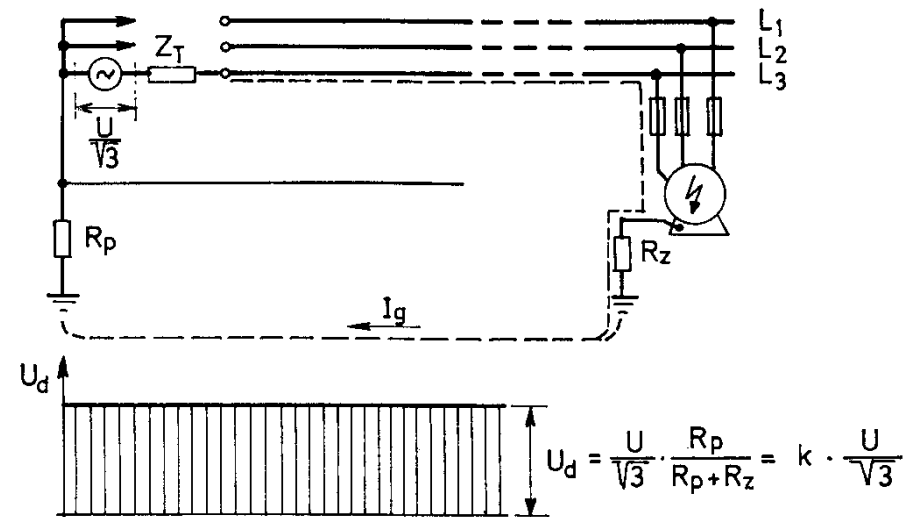
R_z posljedica kontakta trošila s uzemljenim strukturama (vodovod)

Dodirni napon kod greške nulovanih električnih uređaja uz prekinuti nul vodič između greške i zvjezdišta transformatora

zabranjeno izostavljanje nulovanja kod nulovanih mreža

uvjet za osiguranje neopasnog dodirnog napona

$$\frac{R_p}{R_z} \geq \frac{U_d}{\frac{U}{\sqrt{3}} - U_d}$$



Efekti uzemljenja trošila bez nulovanja u nulovanoj mreži

Zaštita nulovanjem

struja greške $I_g = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \Sigma Z}$

dodirni napon za grešku na uređaju $U_d = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \frac{Z_n}{\Sigma Z} \approx (0,4 \div 0,6) \frac{U}{\sqrt{3}}$

dodirni napon za spoj faze i zemlje $U_d = \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \frac{R_p}{\Sigma Z} \approx (0,5 \div 0,8) \frac{U}{\sqrt{3}}$

dozvoljeno trajanje greške $t_g = f(I_g)$

ovisan o

$$I_g \geq k I_z$$

osnovni uvjet zaštite nulovanjem

struja greške

struja osigurača (okidača)

Višekratnik nazivne struje osigurača za rudnike

Vrsta zaštite	Nazivne struje rastalnih osigurača			Zaštitni prekidač
	do 100 A	više od 100 do 200 A	više od 200 A	
Brzi osigurači	3	3,5	4	—
Tromi osigurači	5	5	6	—
Nadstrujni okidači	—	—	—	1,3

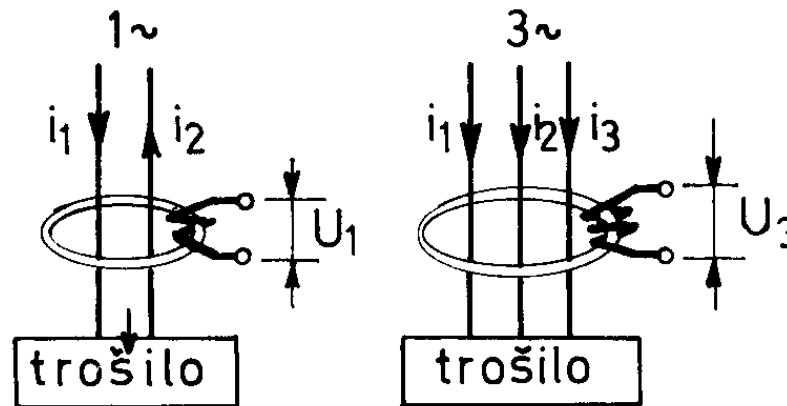
Na svim drugim mjestima višekratnik je 2,5

Podobnost zaštite nulovanjem

- ne štiti od greške - (dodir s fazom)
- \uparrow struja greške \rightarrow djelovanje zaštite \downarrow i kraće trajanje opasnosti napona dodira
- samo TN-S valja (odvojeni nul vodič i zaštitni vodič)
- R_p što manji, nul vodič spojen s metalnim strukturama na što više mjesta i uzemljen u posebnim ograncima mreže
- otpor petlje struje greške treba što češće provjeravati (obvezno nakon mirovanja pogona)

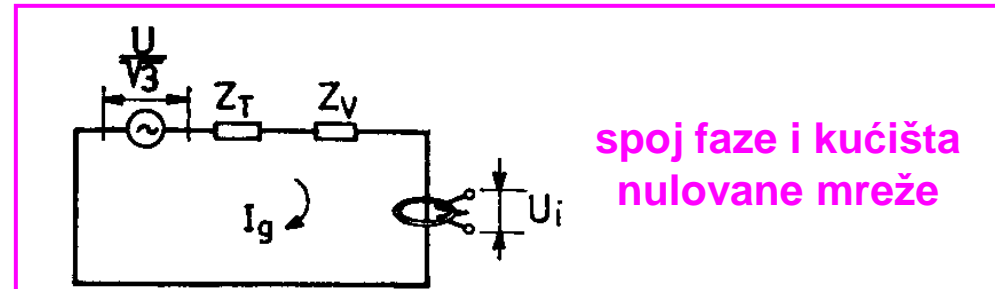
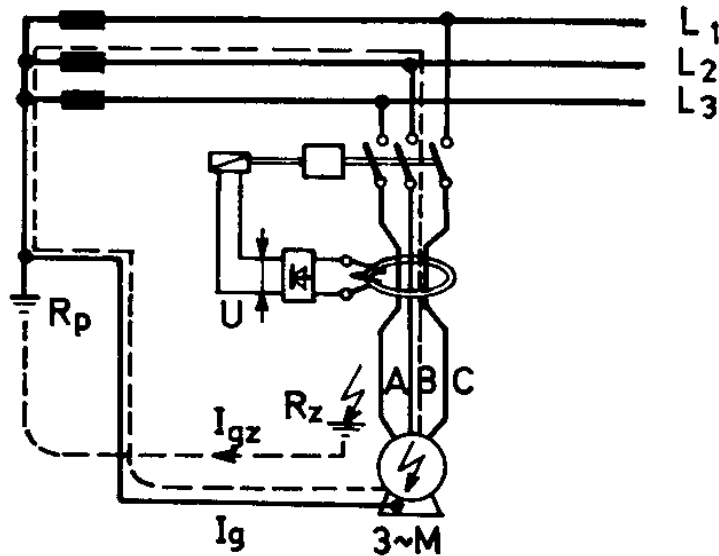
u rudarstvu samo TN-S

Strujna zaštita (sustav struje greške)

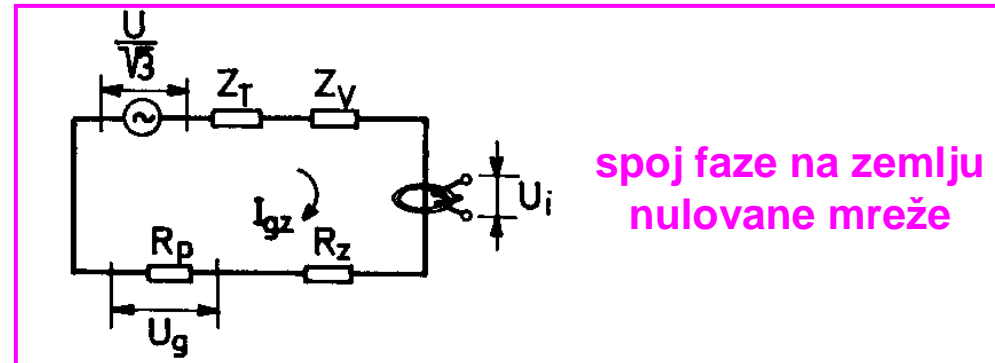


$$\Sigma i = 0$$

Struje faza sa i bez greške na električnoj izolaciji trošila



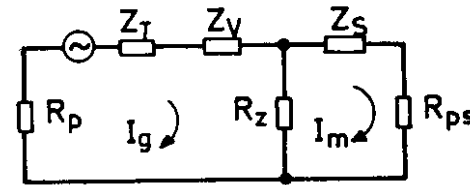
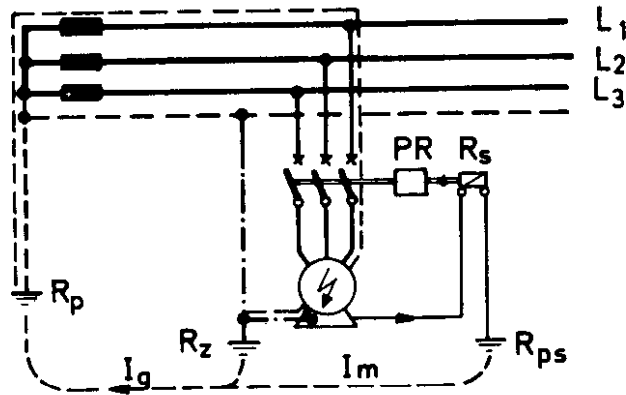
spoj faze i kućišta
nulovane mreže



spoj faze na zemlju
nulovane mreže

Strujna zaštitna sklopka

Naponska zaštita (sustav napona greške)



$$Z_T + Z_V \ll R_P + R_Z$$

$$I_g \approx \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{R_P + R_Z} > 10 \cdot I_m$$

PR — zaštitna sklopka

R_s — mjerni svitak opasnog napona (impedancije Z_s i otpor R_s)

R_z — otpor rasprostiranja zaštitnog uzemljenja uređaja

R_{ps} — otpor rasprostiranja pomoćne sonde za uzemljenje struje mjernog kruga (I_m)

R_p — otpor pogonskog uzemljenja

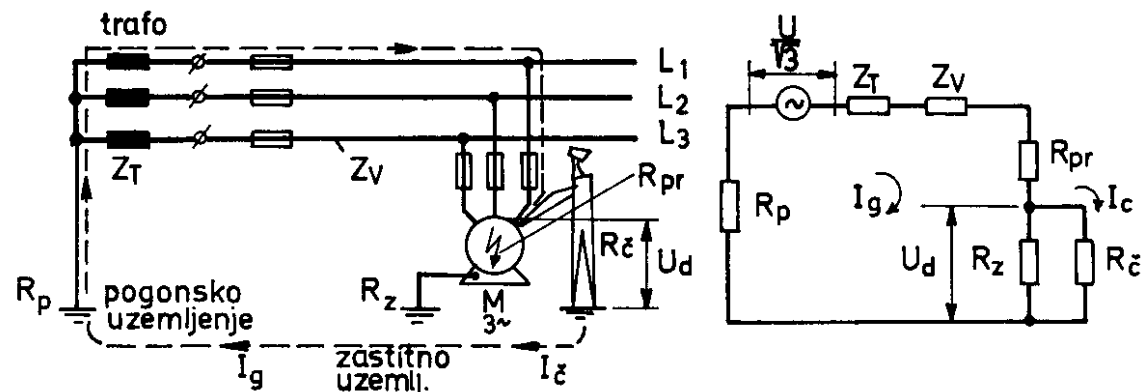
Naponska zaštitna sklopka

dva zahtjeva $\left\{ \begin{array}{l} R_P < \frac{1}{10} R_S \quad (\text{otpor rasprostiranja i do } 500 \Omega) \\ \text{isklapanje kod dodirnog napona } > \text{ od } 50 \text{ V} \end{array} \right.$

dopunski sustav zaštite

- u sustavu zaštitnog uzemljenja za veća trošila
- u sustavu nulovanja kad je prevelik otpor petlje

Zaštita uzemljenjem (zaštitno uzemljenje)



$$Z_T + Z_V \ll R_Z + R_P (+ R_{pr})$$

$$I_g \approx \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{R_P + R_Z (+ R_{pr})}$$

$$I_g = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (R_p + R_z)}$$

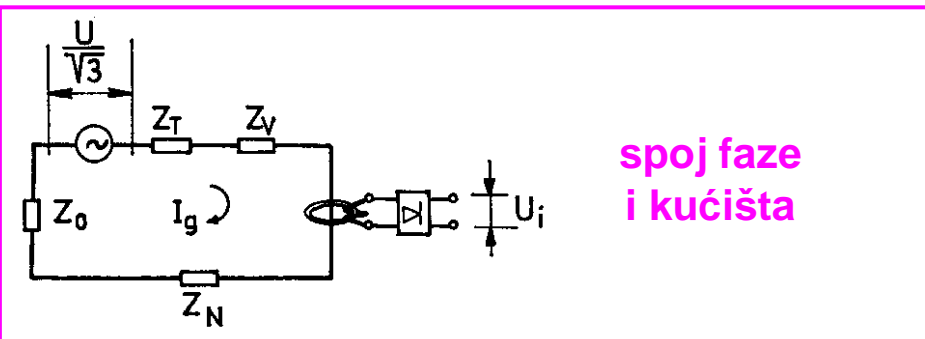
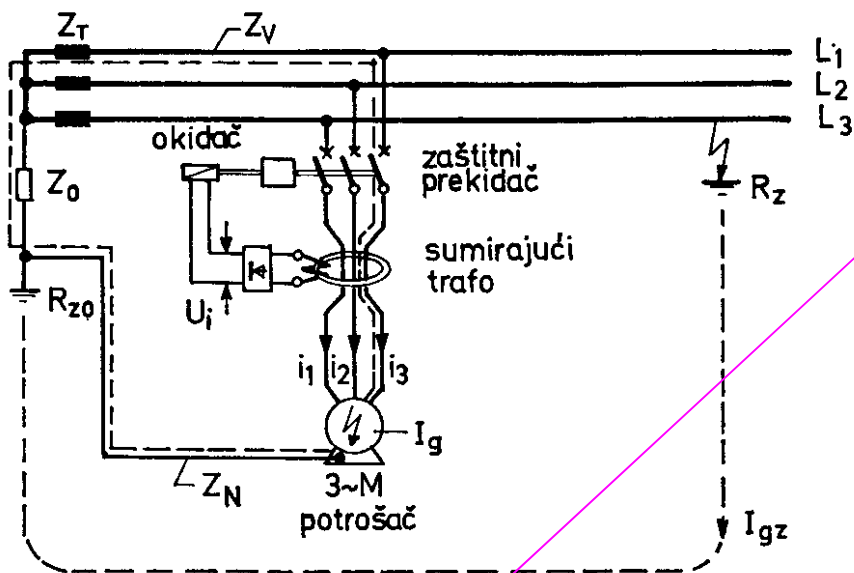
- Z_T — impedancija izvora (transformatora)
- Z_V — impedancija faznog vodiča
- R_{pr} — prelazni otpor greške, npr. el. luk
- R_Z — otpor zaštitnog uzemljenja
- R_P — otpor pogonskog uzemljenja
- $R_{\check{c}}$ — otpor čovjeka
- U_d — dodirni napon greške

$$U_g = I_g \cdot R_z \leq U_d \text{ (V)}$$

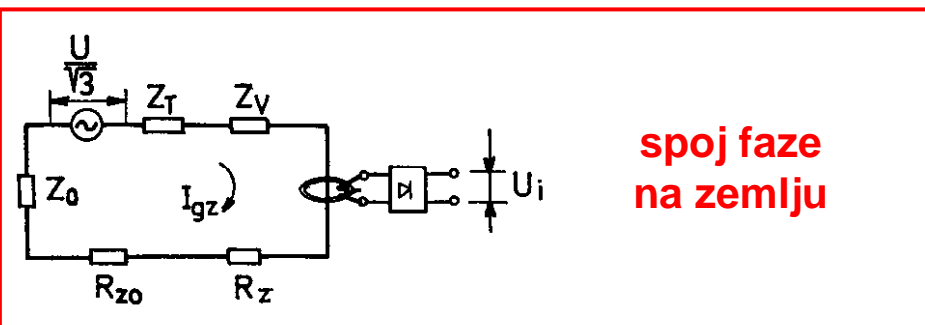
Zaštitno uzemljenje

prema propisima $I_g = 5 I_n \rightarrow$ teško ili nikako izvedivo

Sustav strujne zaštite kod mreža uzemljenih preko impedancije - sustav mreže IT (Z)



spoj faze
i kućišta



spoj faze
na zemlju

$$Z_T + Z_V + Z_N \ll Z_0$$

$$Z_T + Z_V + (R_Z + R_{Z0}) \ll Z_0$$

$$I_g \approx \frac{U}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{Z_0}$$

Z_T — impedancija izvora (transformatora)

Z_V — impedancija faznog vodiča

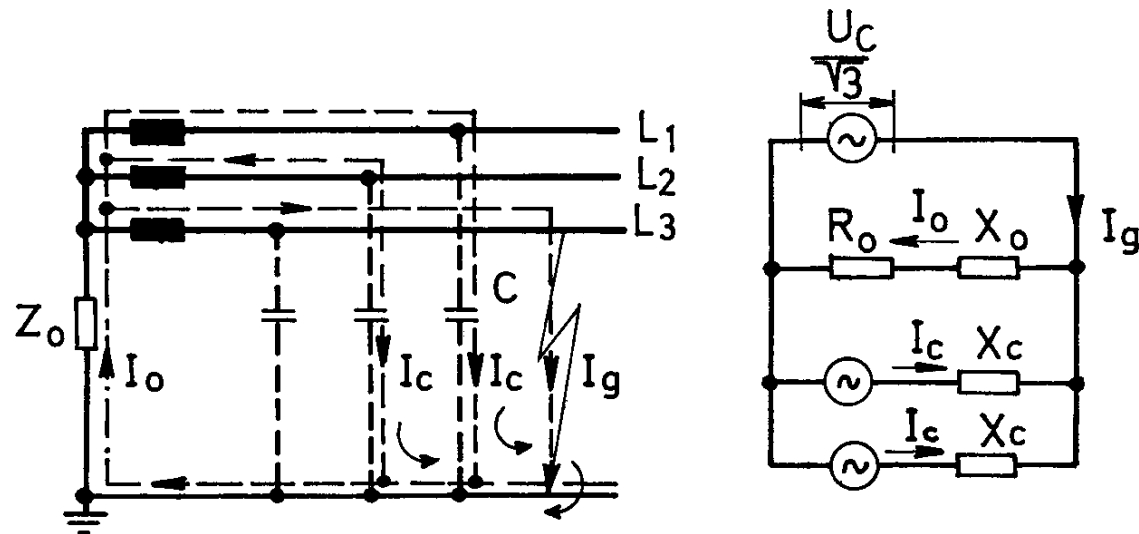
Z_N — impedancija nultog vodiča

Z_0 — impedancija za ograničenje struje greške

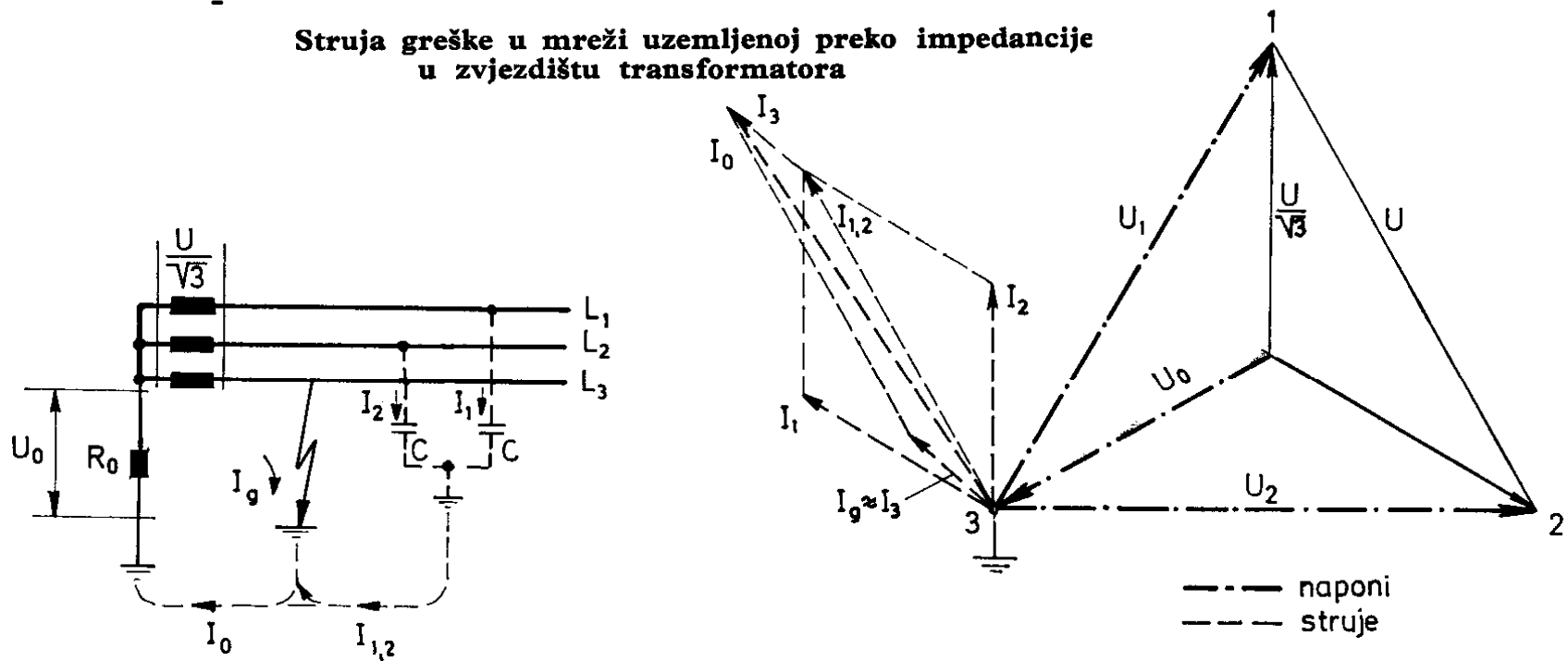
R_{Z0} — otpor uzemljenja impedancije Z_0

R_Z — otpor zemljospoja faze i zemlje

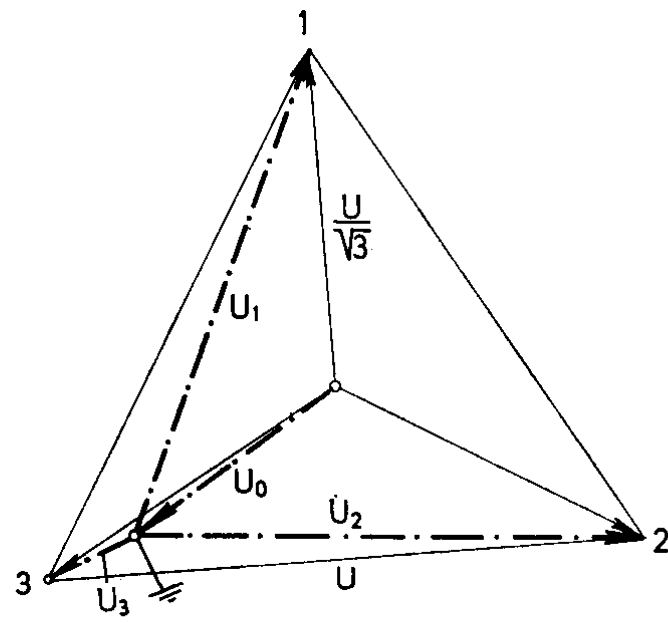
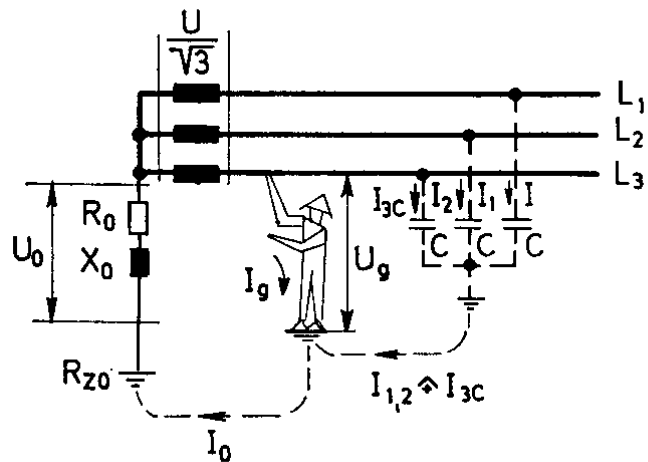
Sustav strujne zaštite mreže uzemljene preko impedancije u zvjezdistu transformatora



Struja greške u mreži uzemljenoj preko impedancije u zvjezdistu transformatora

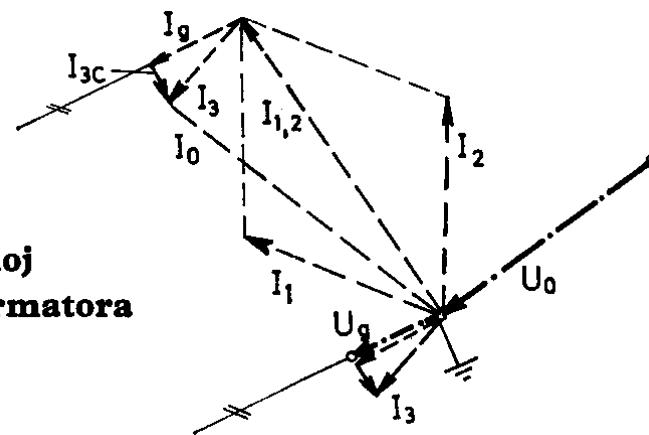


Kazalični dijagram struje greške u mreži uzemljenoj preko impedancije u zvjezdistu transformatora



$$U_g = U_3$$

— · — · — naponi
 - - - - - struje



Dodir čovjeka s fazom u mreži uzemljenoj preko impedancije u zvjezdlištu transformatora