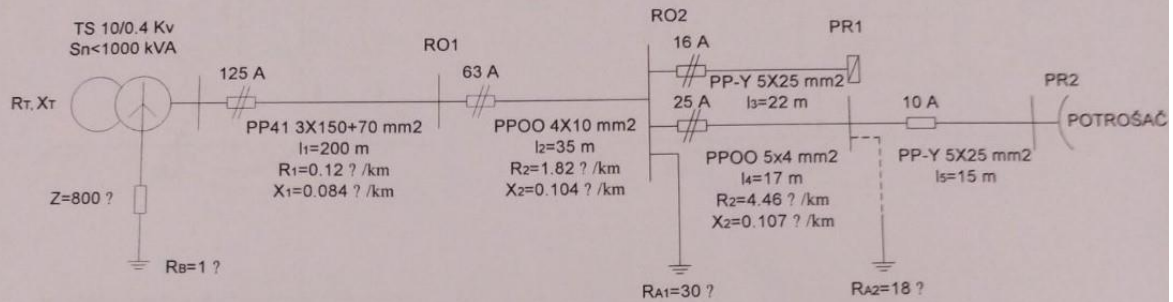


### Zadatak 7.

U električnoj instalaciji jendog industrijskog objekta prikazano na slici primjenjen je IT sustav zaštite (neutralna točka sekundara transformatora uzemljena je preko impedancije  $Z=800 \Omega$  i uzemljivača otpornosti uzemljenja  $R_e=1 \Omega$ ).



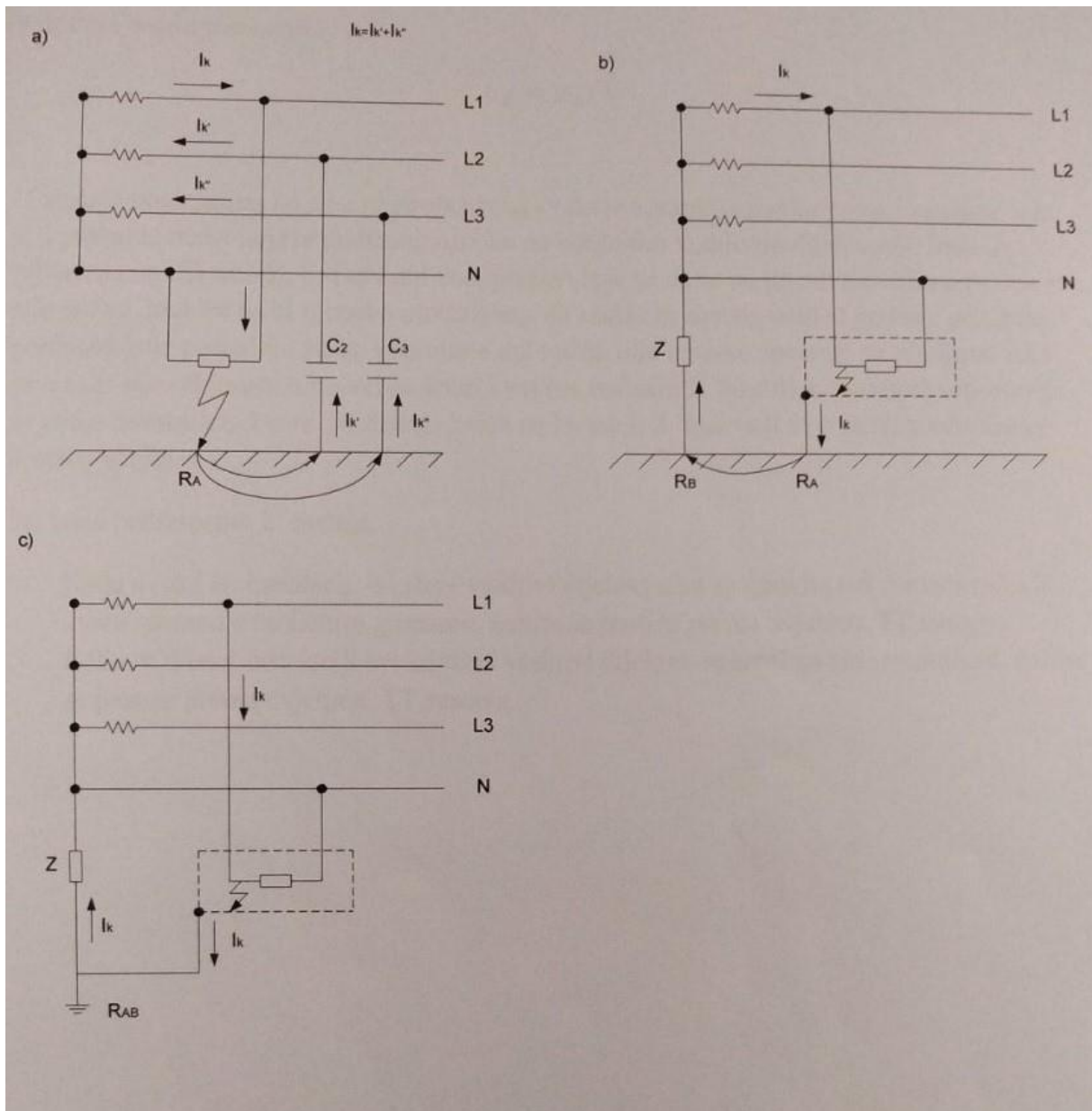
Najprije dolazi do proboja izolacija na fazi  $L_1$  razdjelnog ormara  $PR_1$  koji je uzemljen preko ormara  $RO_2$  i ima otpor uzemljenja  $R_{A1}$ . Potrebno je izračunati dodirni napon za ovaj slučaj, a prije nego što se otkloni kvar na  $PR_1$  dođe do proboja izolacije na fazi  $L_2$  potrošača  $PR_2$ , ako je:

- Prijamnik  $PR_2$  uzemljen preko istog uzemljivača  $R_{A1}$  (ne postoji  $R_{A2}$ )
- $PR_2$  uzemljen preko uzemljivača  $R_{B2}$

Sustav zaštite (IT) sporazumijeva:

- Da je nultočka izolirana, ili uzemljena preko nulte impedancije (slovo I u oznaci IT)
- Da su svi izloženi vodljiviji dijelovi instalacije koji u normalnom pogonu nisu pod jednakim naponom uzemljenja pojedinačno, po grupama ili zajedno (T u IT)

S obzirom da je u slučaju pojave prvog kvara na izolaciji jedne faze struja kvara vrlo mala i ograničena kapacitivnim impedancijama preostale dvije faze prema zemlji, odnosno velikom impedancijom  $Z$  preko koje je uzemljena nultočka transformatora, te u pravilu ne dolazi do reagiranja zaštitne komponente i isključenja mjesta kvara niti se uspostavlja u opremi dodirni napon. Dakle i pored pojave kvara svi potrošači nastavljaju da rade.



Zbog toga se IT sustav zaštite primjenjuje na svim onim mjestima na kojima kvar na bilo kojem prijemniku ne smije da isključi niti taj potrošač niti ostale potrošače (potrošači u pogonu kemijske industrije itd.)

S obzirom na mogućnosti pojave drugog kvara, kada se IT sustav prevodi u TT ili u motor, preporučuje se uporaba uređaja za nadzor izolacije. Ovaj uređaj zvučno ili vizualno signalizira pojavu prvog kvara poslije čega je nužno da se kvar brzo pronađe i eliminiira.

U slučaju prikazanom na slici b) struja prvog kvara određena je formulom:

$$I_k \approx \frac{U_f}{R_A + R_B + Z}$$

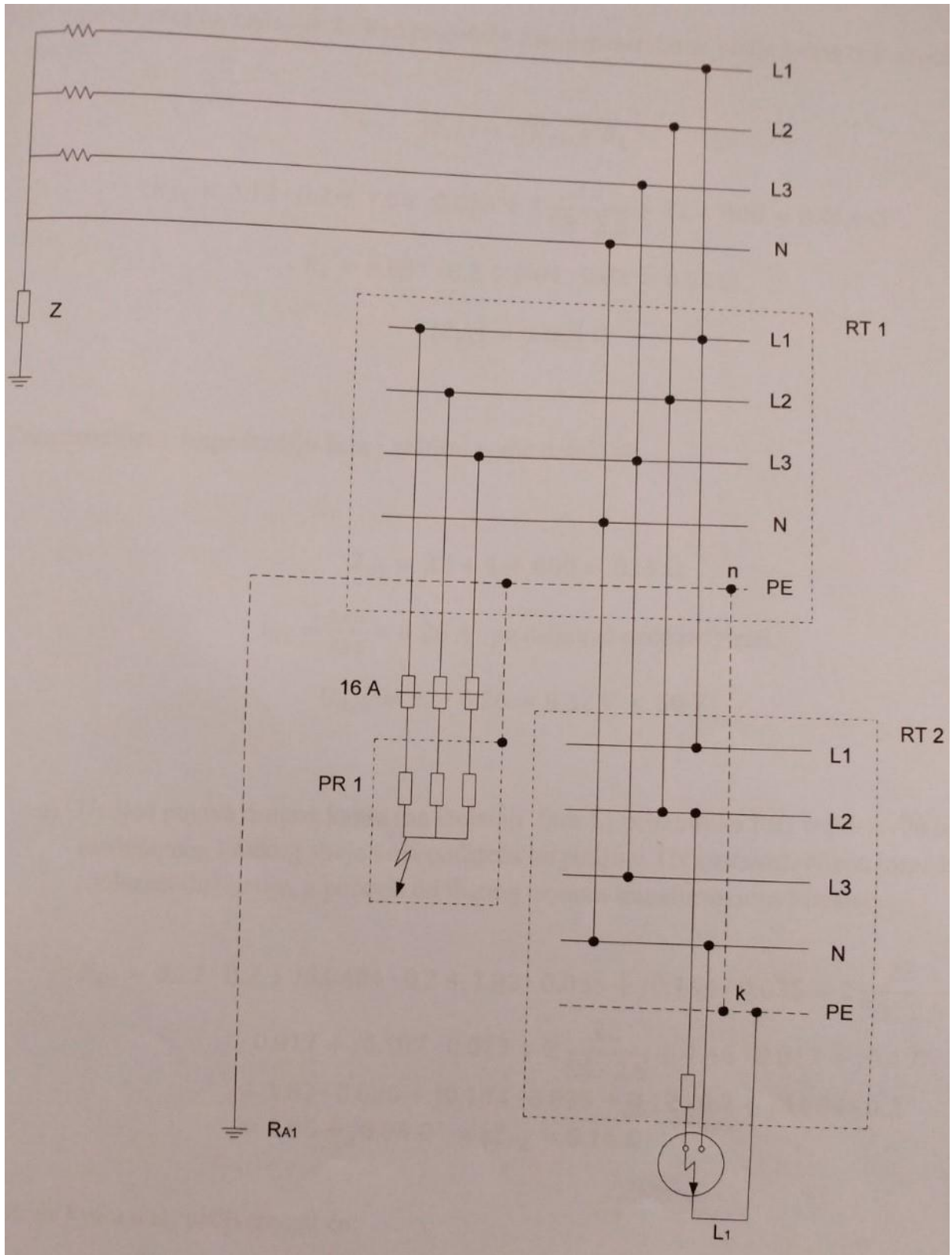
a dodirni napon formulom:

$$U_d = R_A \cdot I_k$$

U slučaju prikazanom na slici c) struja prvog kvara je ograničena jediničnom impedancijom  $Z$  i praktički nema pojave dodirnog napona na izloženim vodljivim dijelovima. Malo je prikazano na slikama a), b) i c) i nul vod, preporučuje se da se ne izvodi u ovim sustavima ako nije nužno, buduće da bi njegovo povezivanje sa zemljom nastalo uslijed greške, poništilo prednosti koje posjeduju sustavi u kojima nul točka nije izravno spojena sa zemljom. Ako prvi kvar nije otklonjen, a pojavi se drugi kvar (na izolaciji 2. faze ili nulvodiča) uspostavlja se struja dvostrukog kvara (u slučaju kvara na izolaciji 2. faze radi se o struji međufaznog kratkog spoja).

Pri tome razlikujemo 2. slučaja:

- Kada u istoj el. instalaciji izloženi vodljivi dijelovi nisu spojeni na isti uzemljivač, a 2 kvara nastanu u različitim grupama, zaštita se postiže prema uvjetima TT sustava
- Kada su u istoj instalaciji svi izloženi vodljivi dijelovi spojeni na isti uzemljivač, zaštita se postiže prema uvjetima TT sustava.



Pri pojavi kvara na izolaciji  $L_1$  kod potrošača  $PR_1$  uspostavlja se petlja kvara čija impedancija iznosi:

$$|Z_{P1}| = \sqrt{R_{p1} + R_1}$$

$$R_{p1} = 0.12 \cdot 0.2 + 1.08 \cdot 0.635 + 2 \frac{22}{58 \cdot 2.5} + 32 + 800 = 833.4 \Omega$$

$$R_1 = 0.08^4 \cdot 0.2 + 0.04 \cdot 0.03 = 0.02 \Omega$$

$$|Z_{p1}| = 832.4 \Omega$$

Zanemarenjem impedanciju faze i zaštitni vodič dobili bi:

$$Z_{p1} = 32 + 1 + 800 = 833 \Omega$$

$$I_{R1} = \frac{220}{833} = 0.26 \text{ A} \text{ pa osigurač neće reagirati}$$

$$U_{dod} = 32 \cdot 0.26 = 8.32 \text{ V} < 50 \text{ V}$$

- a) Uslijed pojave drugog kvara (na izolaciji faze  $L_2$  prijamnika  $PR_2$  uspostavlja se petlja međufaznog kratkog spoja koja podsjeća na petlju u TN sustavu). Njena impedancija (dolazeći duž petlje, a počevši od faznog namota transformatora ) iznosi:

$$\begin{aligned} R_{p2} &= 0.12 \cdot 0.2 + j0.0484 \cdot 0.2 + 1.82 \cdot 0.035 + j0.104 \cdot 0.035 + 2 \frac{22}{56 \cdot 2.5} + 4.46 \\ &\cdot 0.017 + j0.107 \cdot 0.017 + 2 \frac{22}{56 \cdot 2.5} + 4.46 \cdot 0.017 + j0.107 \cdot 0.017 \\ &+ 1.82 \cdot 0.035 + j0.104 \cdot 0.035 + 0.12 \cdot 0.2 + j0.084 \cdot 0.2 \\ &= 0.86 + j0.04 \Omega \approx |Z_{P2} = 0.16 \Omega| \end{aligned}$$

Struja kvara u toj petlji iznosit će:

$$I_{k2} = \frac{380}{0.86} = 442 \text{ A}$$

- prvo će reagirati osigurač od 10 A u strujnom krugu prijamnika  $PR_2$  i za ovu struju kvara vrijeme njegovog reagiranja iznosit će 2 ms što je manje od 30 ms, koliko je manja ima IEC normu i dopušteno trajanje dodirnog napona od 380 V.

Zaštita je izolirana neovisno od iznosa dodirnog napona u ovom slučaju prijavnika  $PR_1$  će moći raditi.

- b) Ako postoji uzemljivač  $R_{A2}$ . U tom slučaju podrazumijeva da ne postoji vodič PE između tički  $k$  i  $n$ , tada pojavom drugog kvara na izolaciji faze  $L_2$  potrošača  $PR_2$  uspostavlja se petlja međufaznog kratkog spoja koja podsjeća na petlju TT sustava. Njena impedancija praktički jednaka:

$$Z_{pq} = R_{A1} + R_{A2} = 32 + 18 = 50 \Omega$$

$$I_{k2}'' = \frac{380}{50} = 7,6 A < 10 A$$

Neće reagirati osigurač od 10 A i 16 A, a što znači praktički održavanje drugog kvara i pored opasnih dodirnih napona:

$$U_{d1} = 32 \cdot 7,6 = 243,2 V$$

$$U_{d2} = 18 \cdot 7,6 = 136,8 V$$

Da bi se ovo izbjeglo ponekad se kao dopunska mejra zaštite instalira zaštitni naponski  $Z_n$  prekidač tako da jedan kraj njegovog elektromagneta poveže sa zaštitnom sabirnicom razvedene table koja je galvanski povezana sa uzemljivačem objekta, a drugi kraj s pomičnim mjernim uzemljenjem otpornosti  $\approx 800 \Omega$  koje se izvodi na razmaku u kraćem od 10 m od najbliže točke uzemljivača objekta (uzima se da to pomoćno uzemljenje predstavlja referentnu točku nulte petlje). Ako je dodirni napon, napon na krajevima el. magnetskog voda od 50 V dolazi do reagiranja  $Z_n$  prekidača koji ne prenosi na odgovarajući galvanski prekidač koji prekida obstrbu mijesta kvara.