

TEHNIČKE ZNAČAJKE PRIKLJUČENJA MALIH SUNČANIH ELEKTRANA NA NISKONAPONSKU MREŽU

Renato Ćučić, dipl.ing.el.

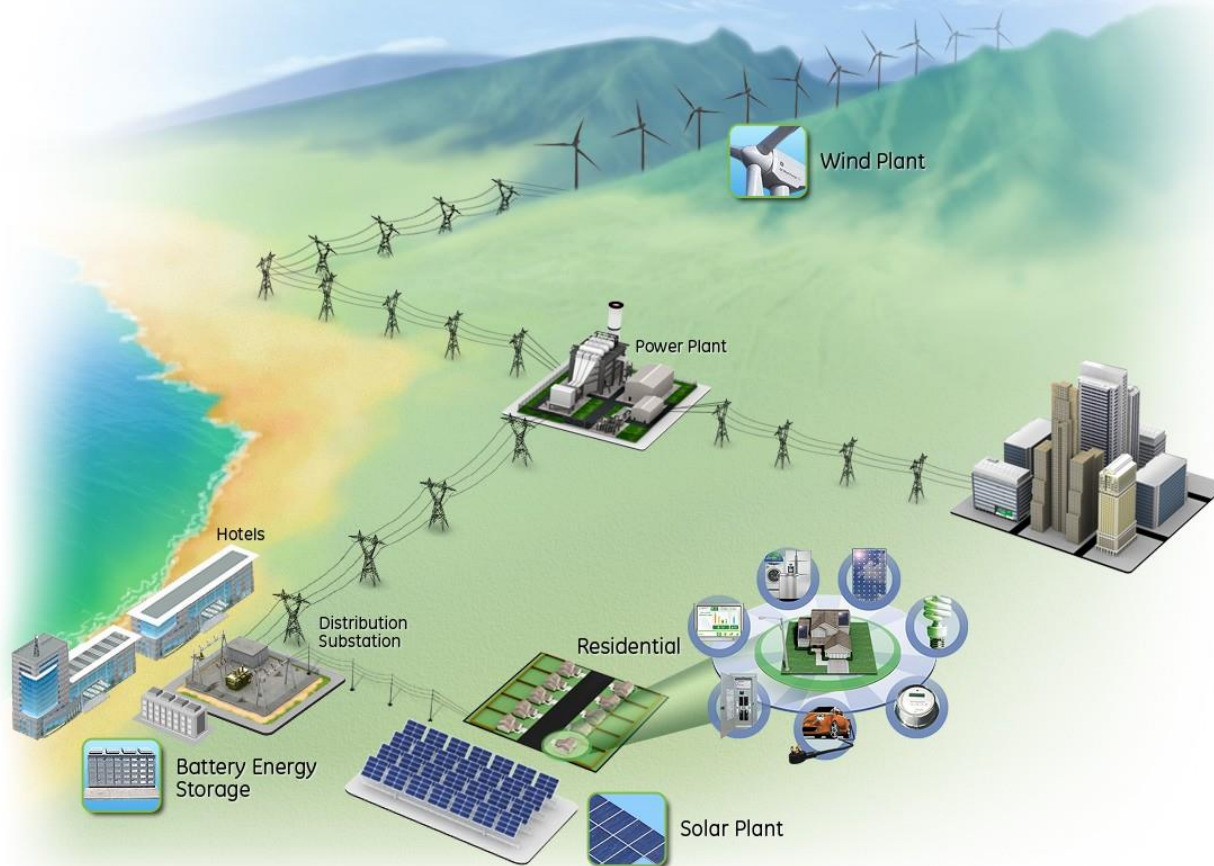
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o., Elektroprimorje Rijeka

SADRŽAJ

1. Uvod
2. Priključak male sunčane elektrane
3. Izvedbe priključaka mSE
4. Oprema (S)PMO-E(+1K;+2K;+3K;+UP)
5. Zaštita od indirektnog napona dodira
6. Zaključak



1. UVOD



Sunčane elektrane - sastavnice *Smart Grid-a*

Danas (tradicionalna mreža, priključak):

- jednosmjerni tok električne energije
- jednosmjerni tok informacija

Sutra (trend razvoja mreže, budućnost):

- dvosmjerni tok električne energije
- dvosmjerni tok informacija
- napredna mjerenja



Kuće postaju 'napredne' ('pametne') - *Smart Home*





**‘Napredne kuće’ => ‘napredna naselja, gradovi’, ...
(budućnost)**



korak prema 'naprednoj kući' (sadašnjost) - *'use less, make more'*

=> fotonaponski sustav + energetska učinkovitost

Izazov pri određivanju tehničkih značajki priključenja mSE na NN mrežu

⇒ *tehničke značajke priključenja mSE moraju pomiriti:*

- ❖ *težnju ka tipiziranju sastavnica priključka*
- ❖ *i potrebu za prilagodbom priključka zatečenim specifičnostima u mreži*

2. PRIKLJUČAK MALE SUNČANE ELEKTRANE

Osnovne sastavnice (komponente) male sunčane elektrane

- ⇒ *fotonaponski moduli*
- ⇒ *oprema DC dijela (DC ormar)*
- ⇒ *izmjenjivač*
- ⇒ *oprema AC dijela (AC ormar)*

Sastavnice priključka

- ⇒ *priključno-mjerni ormar elektrane (PMO-E ormar)
(priključna, sklopna i zaštitna oprema, brojilo)*
- ⇒ *priključni vod*



Priključak

- ⇒ elektroenergetska (EE) *poveznica* obračunskog mjernog mjesta (OMM) s postojećom EE mrežom
- ⇒ priključak se izvodi *tipskom (tipiziranom)* opremom
- ⇒ priključak je u *vlasništvu HEP-a*
 - ❖ priključak *projektira* (tehničko rješenje), *izvodi i održava HEP ODS*
 - ❖ puštanjem priključka u (trajni) pogon on postaje *sastavni dio* distribucijske mreže (OU, čl. 5)

Tehničko rješenje priključenja

⇒ izrada temeljem *Zahtjeva za PEES*
(*analiza mogućnosti priključenja*)

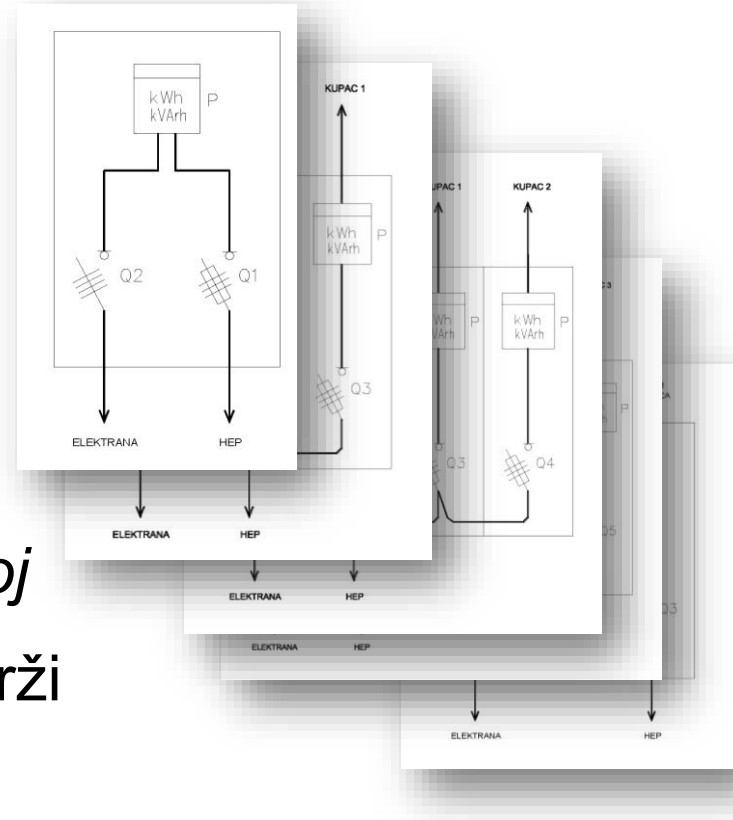
⇒ obuhvaća:

- ❖ tehničko rješenje *priključka*
- ❖ tehničko rješenje *stvaranja tehničkih uvjeta u mreži*
(ukoliko su potrebni i *dodatni zahvati* u postojećoj mreži)

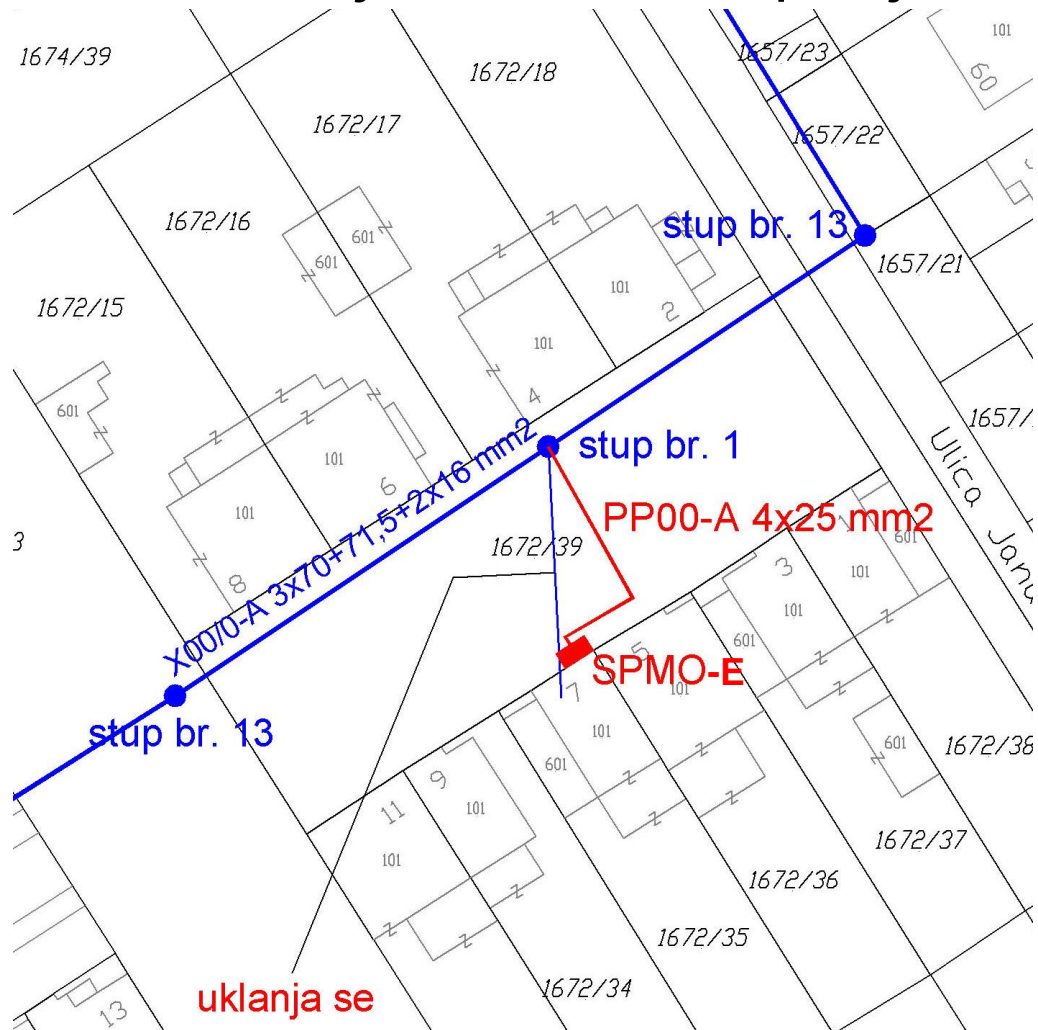
⇒ opis tehničkog rješenja priključenja *sadržava*

(*prilog PEES*):

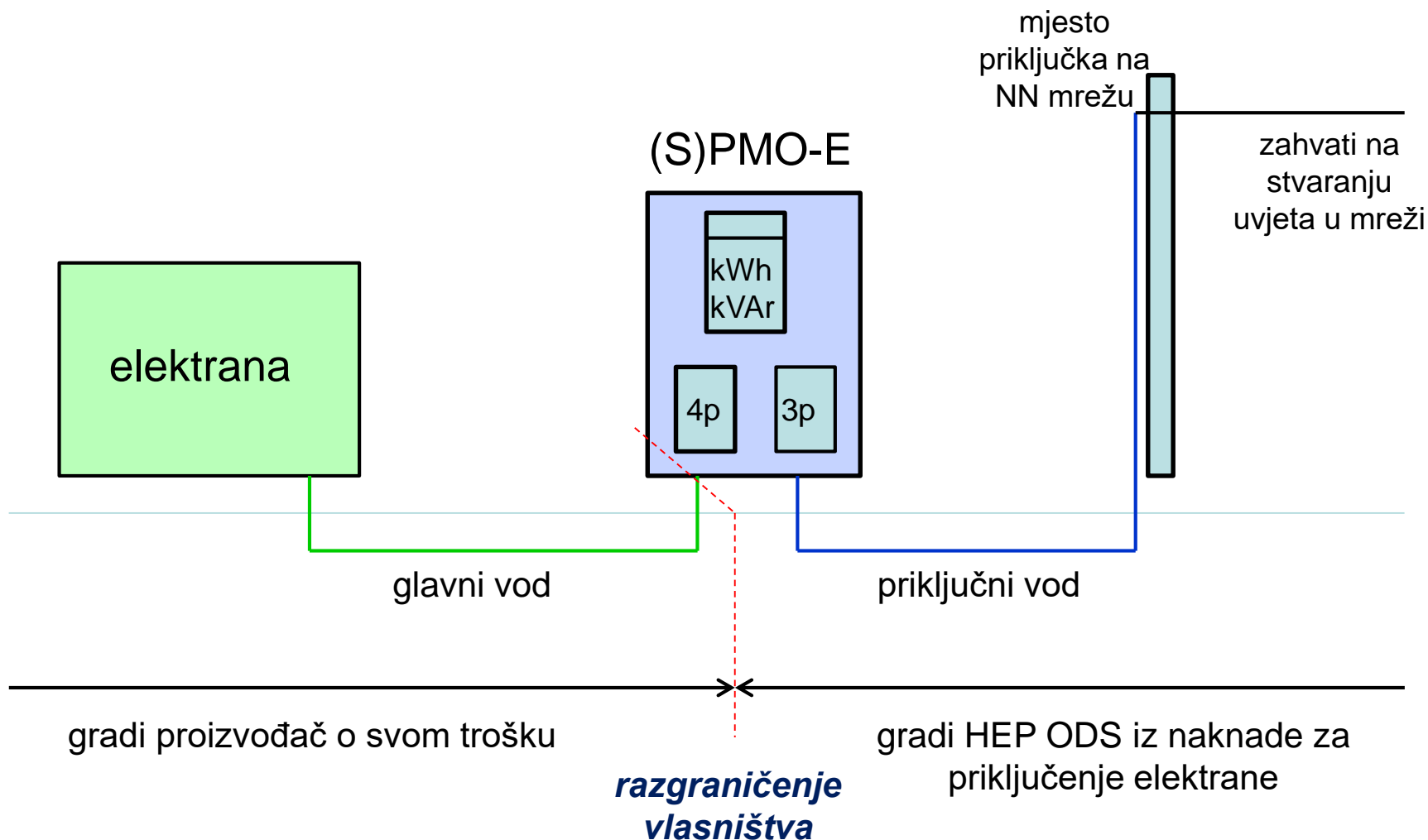
- ❖ *jednopolnu shemu* opremanja PMO-E ormara
- ❖ *prikaz priključka elektrane na EE mrežu na razmatranoj lokaciji* (na podlozi koja sadrži kopiju katastarskog plana)



⇒ detalj prikaza lokacije sa ucrtanim priključkom (primjer)



Načelni prikaz priključka elektrane <30 kW



Osnovni tehnički uvjeti za izvedbu priključka

- ⇒ *nije dopušteno* priključenje (ugradnja OMM) elektrane *na unutrašnji priključak*
- ⇒ NN *priključak* u pravilu se *izvodi kabelski* (podzemno), osim izuzetno
- ❖ u slučaju kada *nije izvediv kab. (podz.)* priključak, prihvatljiv je i *nadzemni* priključak uz uvjet:
 - ⇒ *priključni SKS* treba biti položen *podžbukno ili nadžbukno* u proturnoj *cijevi* koja mora omogućiti jednostavno održavanje i zamjenu priključnog voda bez ulaska u građevinu korisnika mreže, kao i osigurati kontrolu integriteta i *neprekinutosti* vodiča priključnog voda (*nije dopušteno* postavljanje *nadzemnog priključka kroz građevinu kupca*)

Osnovni tehnički uvjeti za izvedbu priključka

- ⇒ u slučaju više OMM na jednoj građevini, *jedna građevina smije imati samo jedan (vanjski) priključak* (osim izuzetno, npr. kada kupac na lokaciji ima OMM na SN)
- ⇒ za priključak elektrane na postojećoj građevini *treba koristiti postojeći (vanjski) priključak građevine* (u pravilu priključak postojećeg kupca)
- ⇒ u slučaju postavljanja elektrane na postojeću građevinu, u kojoj su *do (uključivo) tri OMM* napajana preko unutrašnjeg priključka, načelno *sva OMM se izmještaju u jedan novi PMO-E(+1K;+2K;+3K)*
- *troškovi izmještanja* (novi glavni vod) OMM kupaca, su *na teret elektrane*



Osnovni tehnički uvjeti za izvedbu priključka

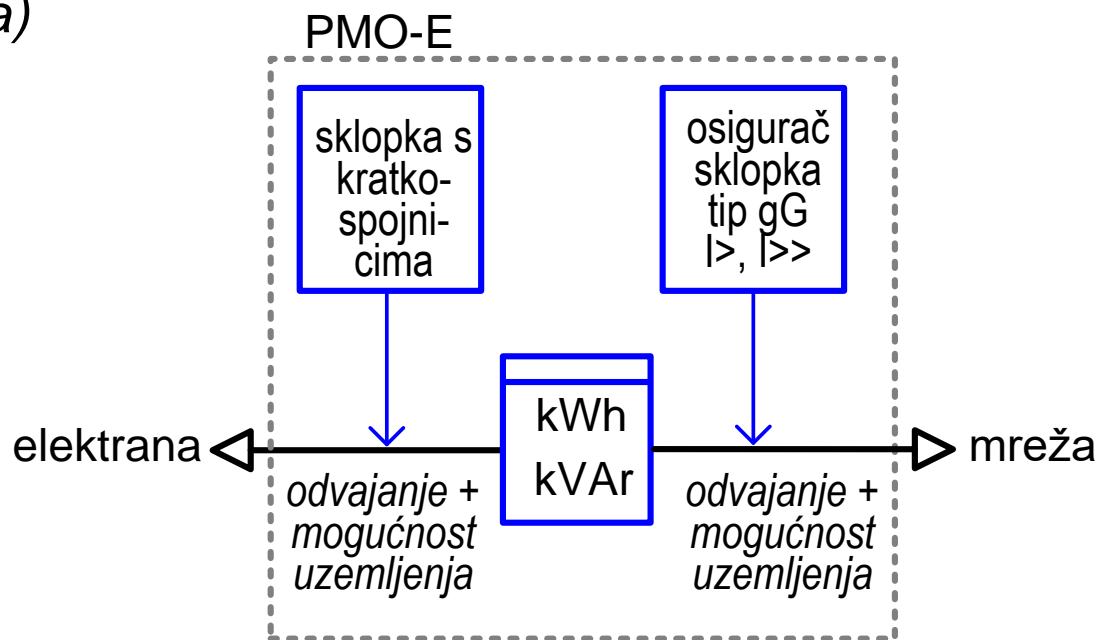
⇒ u slučaju *kada se ne mogu izmjestiti* sva OMM u zajednički PMO-E(+1K;+2K;+3K)

- *tada se PMO-E+UP interpolira u postojeći vanjski priključak po principu ulaz-izlaz*
- *rješenje u PMO-E+UP u odlazu prema GRO obuhvaća mogućnost odvajanja kupaca (osigurač-sklopka)*

⇒ u PMO-E(+1K;+2K;+3K;+UP) predvidjeti i prostor za ugradnju *prijenosnog uređaja za praćenje kvalitete* električne energije

Osnovni tehnički uvjeti za izvedbu priključka

- ⇒ *nadstrujna i kratkospojna zaštita u PMO-E ormaru*: NH (NV) osigurači u 3.(1)polnoj osigurač-sklopki (i mogućnost uzemljivanja)
- *sklopka se ugrađuje između brojila i odlaza prema mreži (kao i kod OMM kupca)*



Osnovni tehnički uvjeti za izvedbu priključka

⇒ *uređaj za odvajanje (i mogućnost uzemljivanja):*

4.(2.)polna osigurač-sklopka s kratkospojnicima (za mSE do 30 kW)

- ugrađuje se između brojila i odlaza prema elektrani, odnosno *na mjestu razgraničenja vlasništva (kabelske priključnice korisnikovog NN kabela)*
- *funkcije:*
 - ❖ služi za *vidno* odvajanje EE mreže od elektrane
 - ❖ mogućnost *uzemljivanja* (s ciljem izoliranja povratnog napona iz elektrane u mrežu)

3. IZVEDBE PRIKLJUČAKA MSE

Izvedbe priključaka ovise o:

- ⇒ *vrsti priključnog voda*
 - ❖ *podzemni (kabelski)*
 - ❖ *(postojeći) nadzemni (SKS)*
- ⇒ *vrsti priključno-mjernog ormarića*
 - ❖ *slobodnostojeći*
 - ❖ *ugradbeni (u fasadi, u ogradnom zidu)*
- ⇒ *kupcima na lokaciji*
 - ❖ *broju OMM kupaca*
 - ❖ *smještaju postojećih OMM*



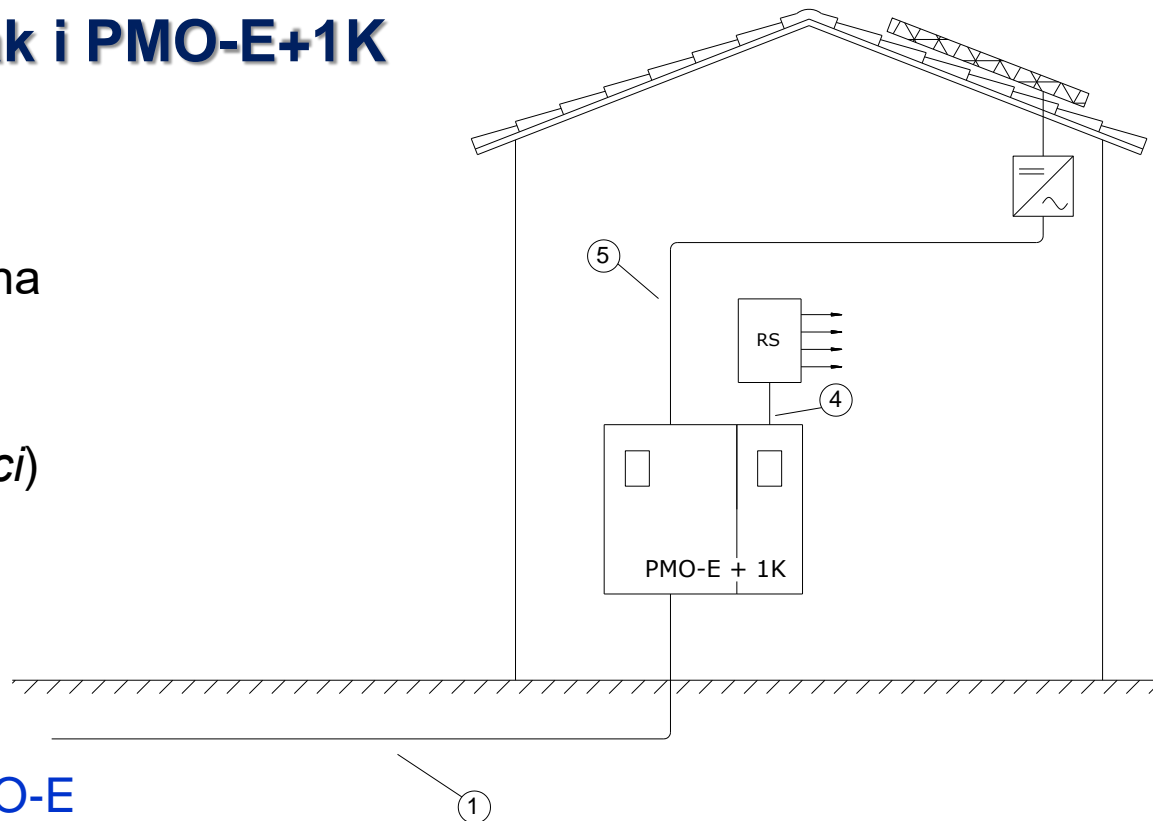
1. Podzemni priključak i PMO-E+1K

⇒ elektrana se priključuje ugradnjom *novog* ormarića na fasadi građevine kupca

⇒ moguće izvedbe ormarića:
PMO-E+1K (za slučaj na slici)
 ili PMO-E+2K ili PMO-E+3K

⇒ *iznimno* je moguća i izvedba ugradnjom (dogradnjom) *novog* PMO-E uz *postojeći* KPMO na fasadi postojeće građevine

⇒ ormarići u tom slučaju moraju biti *skladni* (izgled)



Legenda:

1 - priključak

4 - instalacija kupca

5 - instalacija elektrane

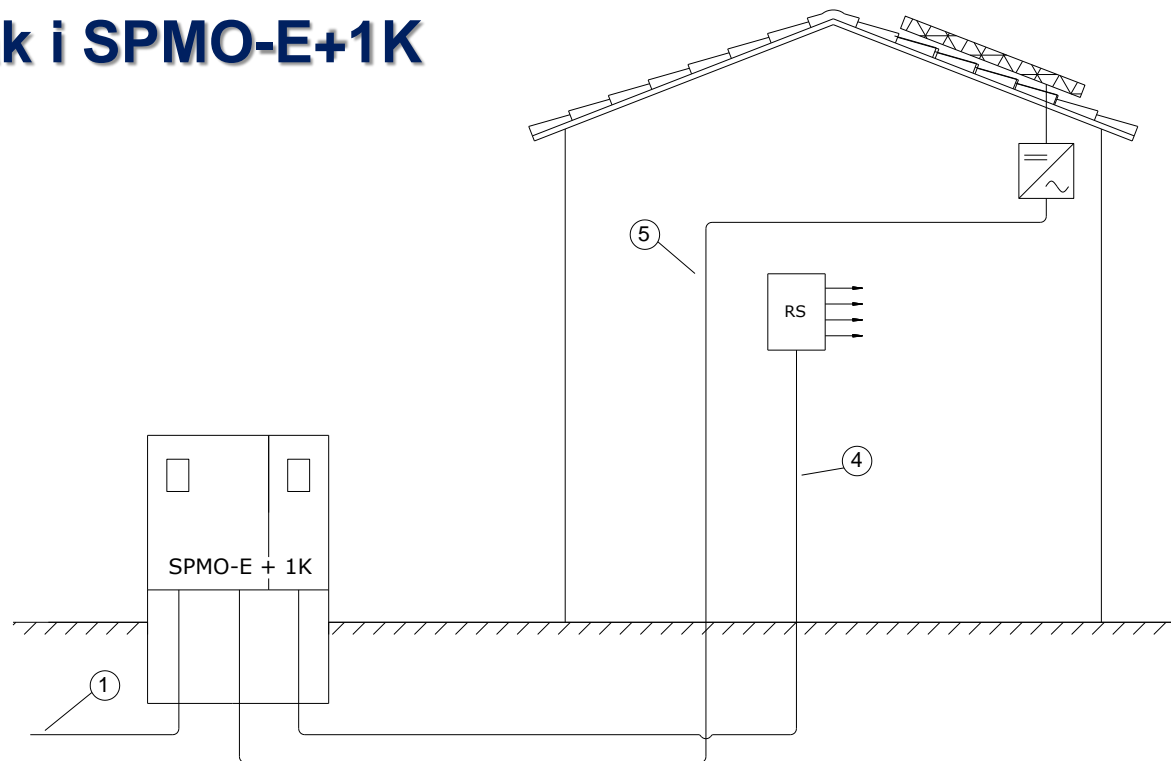
2. Podzemni priključak i SPMO-E+1K

⇒ elektrana se priključuje ugradnjom *novog slobodnostojećeg* ormarića

⇒ moguće izvedbe ormarića: **SPMO-E+1K** (za slučaj na slici) ili SPMO-E+2K ili SPMO-E+3K

⇒ *iznimno* je moguća i izvedba ugradnjom (dogradnjom) novog SPMO-E uz postojeći S-KPMO

⇒ ormarići u tom slučaju moraju biti *skladni* (izgled)



Legenda:

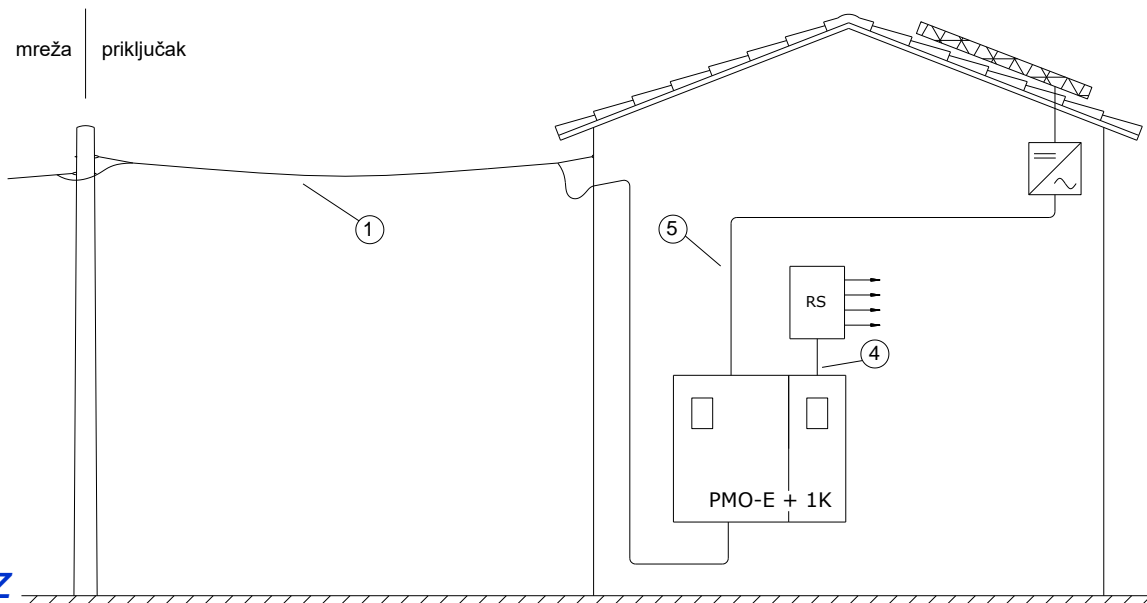
1 - priključak

4 - instalacija kupca

5 - instalacija elektrane

3. Nadzemni priključak i PMO-E+1K

- ⇒ ovo rješenje se *iznimno* primjenjuje, ako podzemni priključak nije izvediv
- ⇒ elektrana se priključuje SKS-om i ugradnjom *novog* ormarića PMO-E+1K
- ⇒ SKS po građevini položiti podžbukno ili nadžbukno *kroz cijev*



- ⇒ *iznimno* je moguća i izvedba ugradnjom (*dogradnjom*) *novog* PMO-E uz *postojeći* KPMO
- ⇒ ormarići u tom slučaju moraju biti *skladni (izgled)*

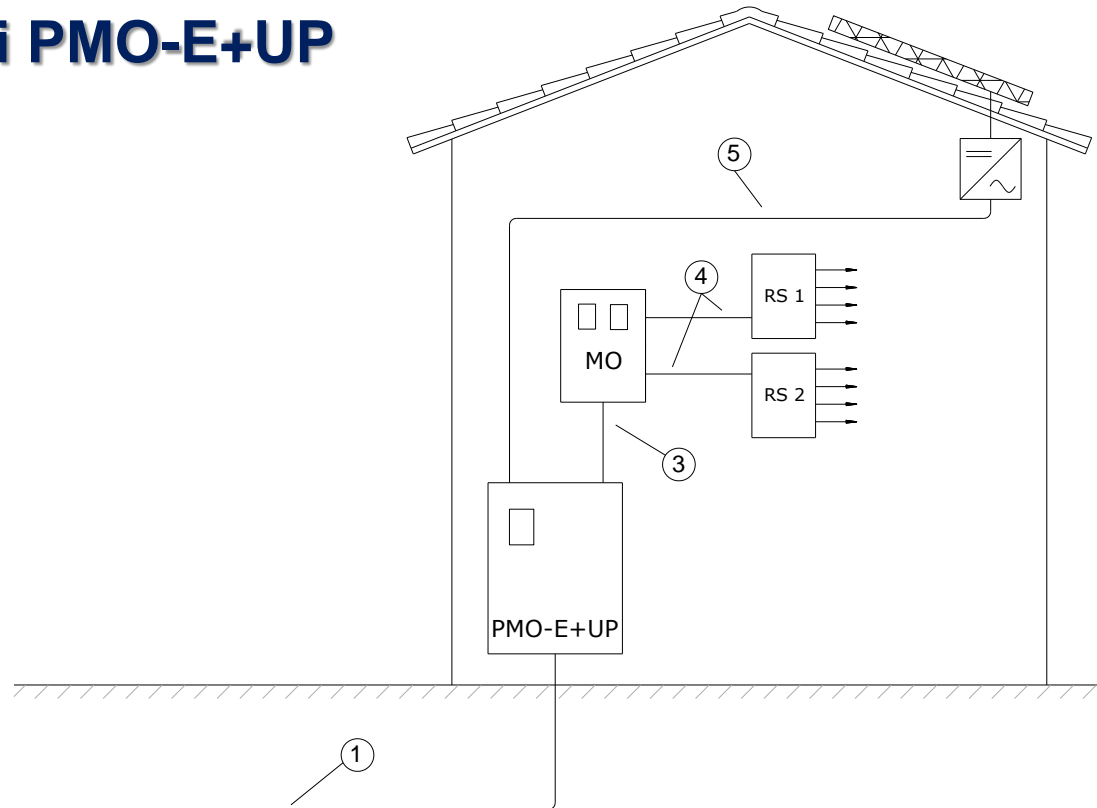
Legenda:
 1 - priključak
 4 - instalacija kupca
 5 - instalacija elektrane

4. Podzemni priključak i PMO-E+UP

⇒ *interpolacija* PMO-E+UP u priključni vod (postojećeg priključka)

⇒ ovo rješenje se primjenjuje kada se OMM iz unutrašnjosti građevine *ne izmještaju* na fasadu (slučaj kada je *više od 3 OMM* ili je *izmještanje tehnički neopravdano*)

⇒ *u odlazu* prema unutrašnjem priključku u PMO-E+UP ugrađuje se *osigurač-sklopka*

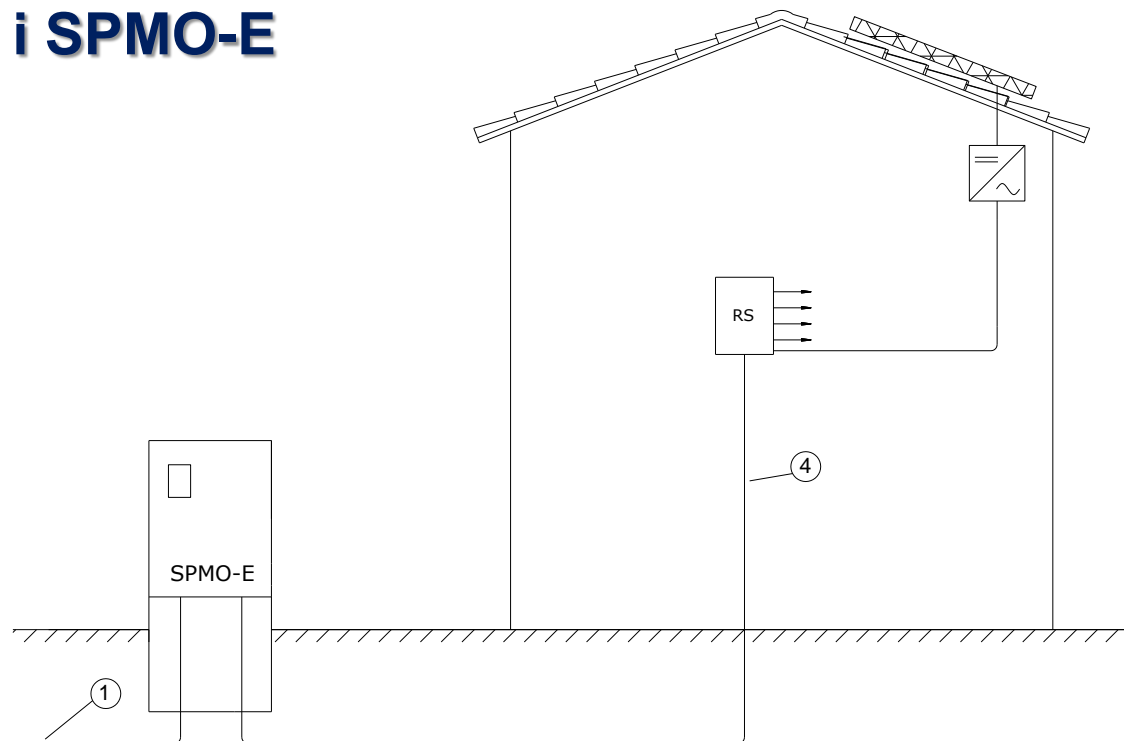


Legenda:

- 1 - priključak
- 3 - unutrašnji priključak
- 4 - instalacija kupca
- 5 - instalacija elektrane

5. Podzemni priključak i SPMO-E

- ⇒ elektrana se priključuje ugradnjom *novog slobodnostojećeg* ormarića SPMO-E
- ⇒ ovo se rješenje primjenjuje u slučaju kada u građevini nema posebnog OMM kupca, tj. ukoliko se *proizvedena energija primarno troši na lokaciji*, te se *u mrežu predaje samo razlika* između proizvedene i potrošene energije (OMM je *zajedničko* za elektranu i za kupca na lokaciji)
- ⇒ tada se obično ne radi o povlaštenom proizvođaču



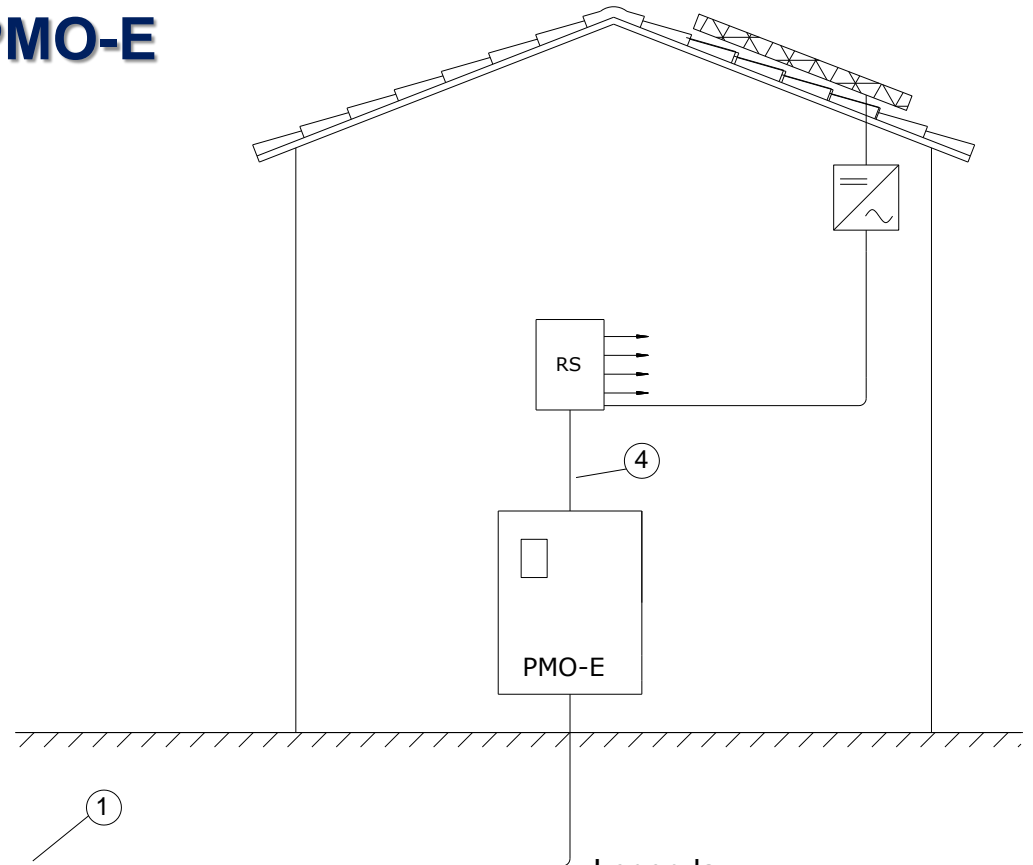
Legenda:

1 - priključak

4 - instalacija kupca i elektrane

6. Podzemni priključak i PMO-E

- ⇒ elektrana se priključuje ugradnjom *novog* ormarića PMO-E na fasadi
- ⇒ *proizvedena energija primarno se troši na lokaciji*, te se *u mrežu predaje samo razlika* između proizvedene i potrošene energije (OMM je *zajedničko* za elektranu i za kupca na lokaciji)
- ⇒ razlika ju odnosu na prethodni slučaj je samo primjena *ugradbenog* umjesto slobodnostojećeg ormarića

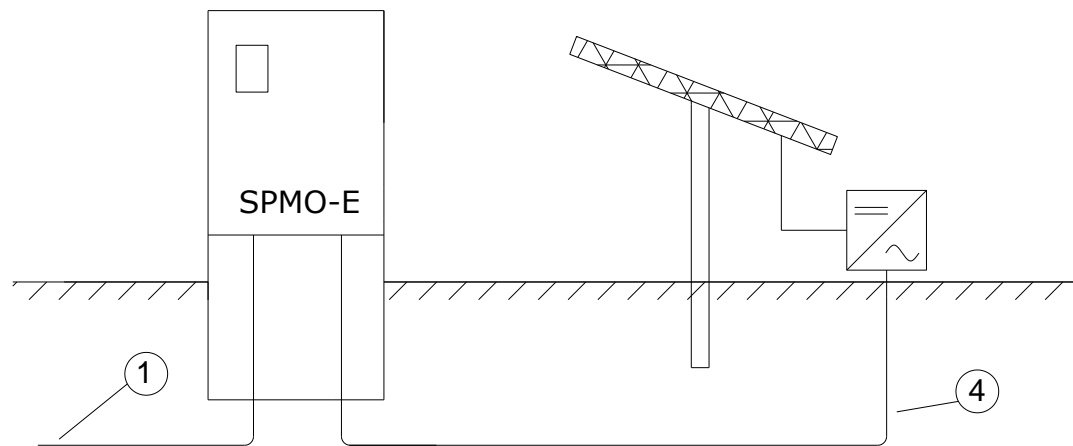


Legenda:
 1 - priključak
 4 - instalacija kupca i elektrane

7. Podzemni priključak i SPMO-E

⇒ elektrana se priključuje ugradnjom *novog slobodnostojećeg* ormarića SPMO-E

⇒ ovo se rješenje primjenjuje u slučaju kada se **elektrana montira na zemlji**



Legenda:

1 - priključak

4 - instalacija elektrane

4. OPREMA (S)PMO-E(+1K;+2K;+3K;+UP)

⇒ **funkcija:**

- ❖ *priključenje i smještaj opreme OMM*
 - ❖ *OMM proizvođača (elektrane)*
 - ❖ *OMM kupaca (0, 1, 2 ili 3)*

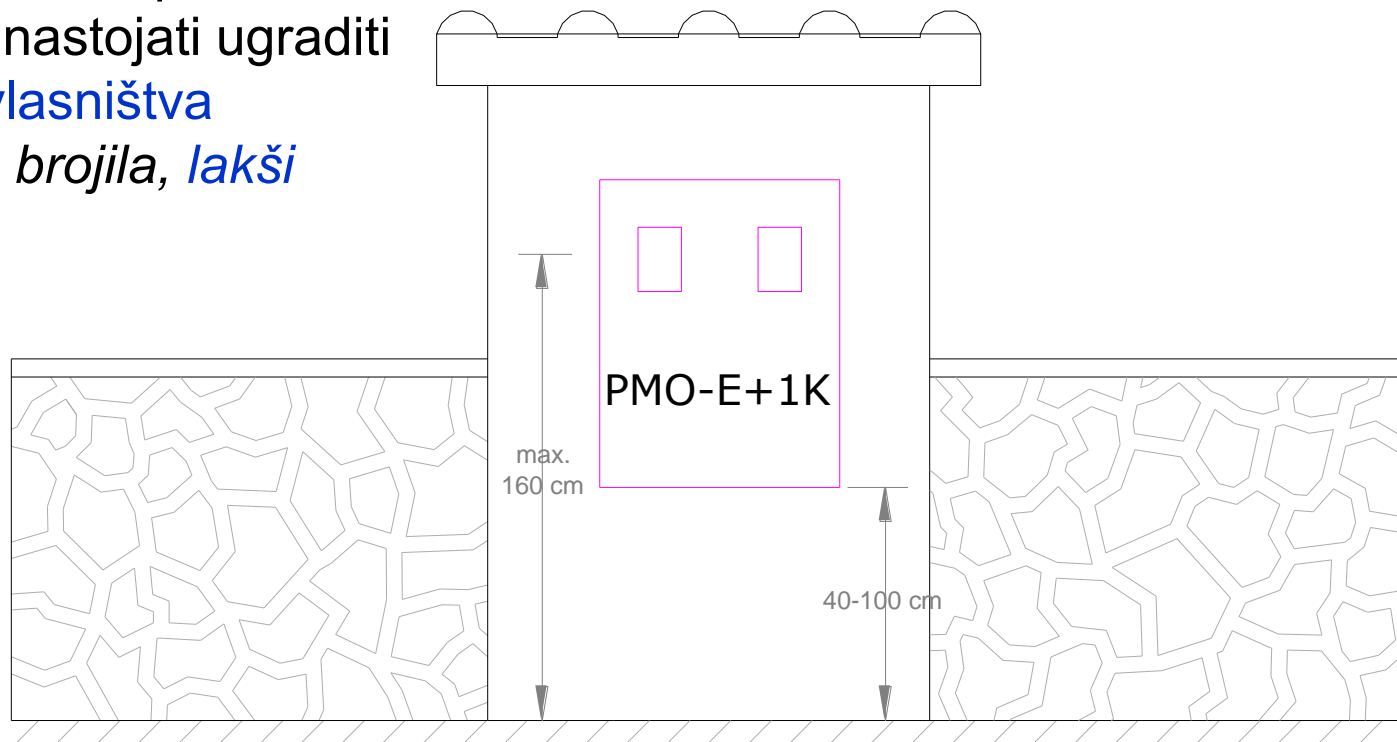
⇒ **vrste priključnih ormarića**

- ❖ *slobodnostojeći*
- ❖ *ugradbeni*
 - *u fasadi*
 - *u ogradnom zidu*

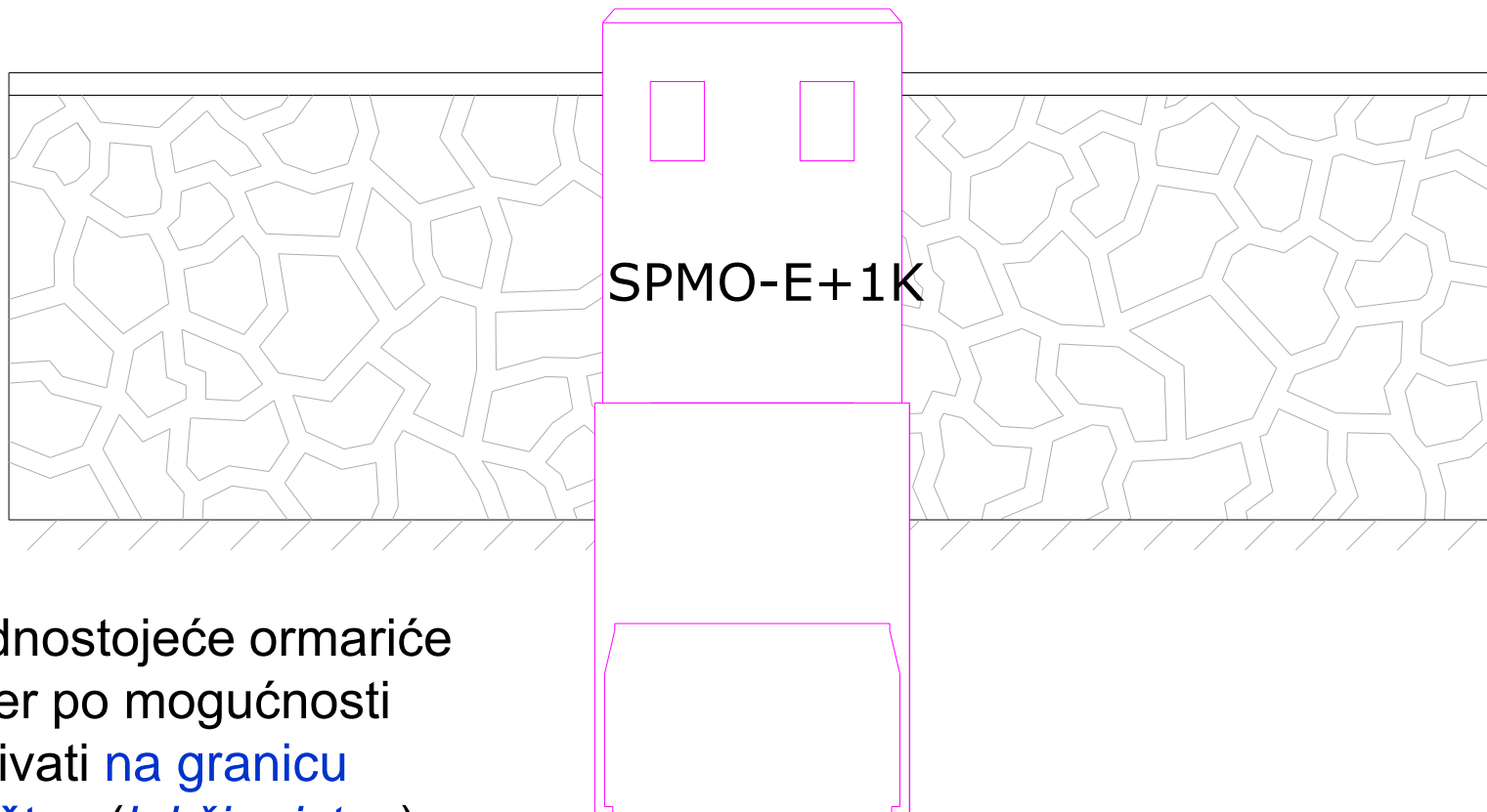


Ugradnja PMO-E+1K u ogradni zid

- ugradbeni ormarić po mogućnosti nastojati ugraditi na granicu vlasništva (izmještanje brojila, lakši pristup)



Ugradnja SPMO-E+1K uz ogradni zid



- slobodnostojeće ormariće također po mogućnosti ugrađivati **na granicu vlasništva** (*lakši pristup*)

Tipizirane izvedbe ormarića za priključak elektrana do 30 kW:

1. (S)PMO-E ⇒ PMO za 1 OMM elektrane
2. (S)PMO-E+1K ⇒ PMO za 1 OMM elektrane i 1 OMM kupca
3. (S)PMO-E+2K ⇒ PMO za 1 OMM elektrane i 2 OMM kupaca
4. (S)PMO-E+3K ⇒ PMO za 1 OMM elektrane i 3 OMM kupaca
5. (S)PMO-E+UP ⇒ PMO za 1 OMM elektrane i odlaz prema unutrašnjem priključku (na GRO kupaca)

Osnovna oprema (S)PMO-E ormarića za priključak elektrane

⇒ *3.(1.)polna rastavna sklopka-osigurač*, 160 A

❖ od brojila prema NN mreži

⇒ *brojilo*

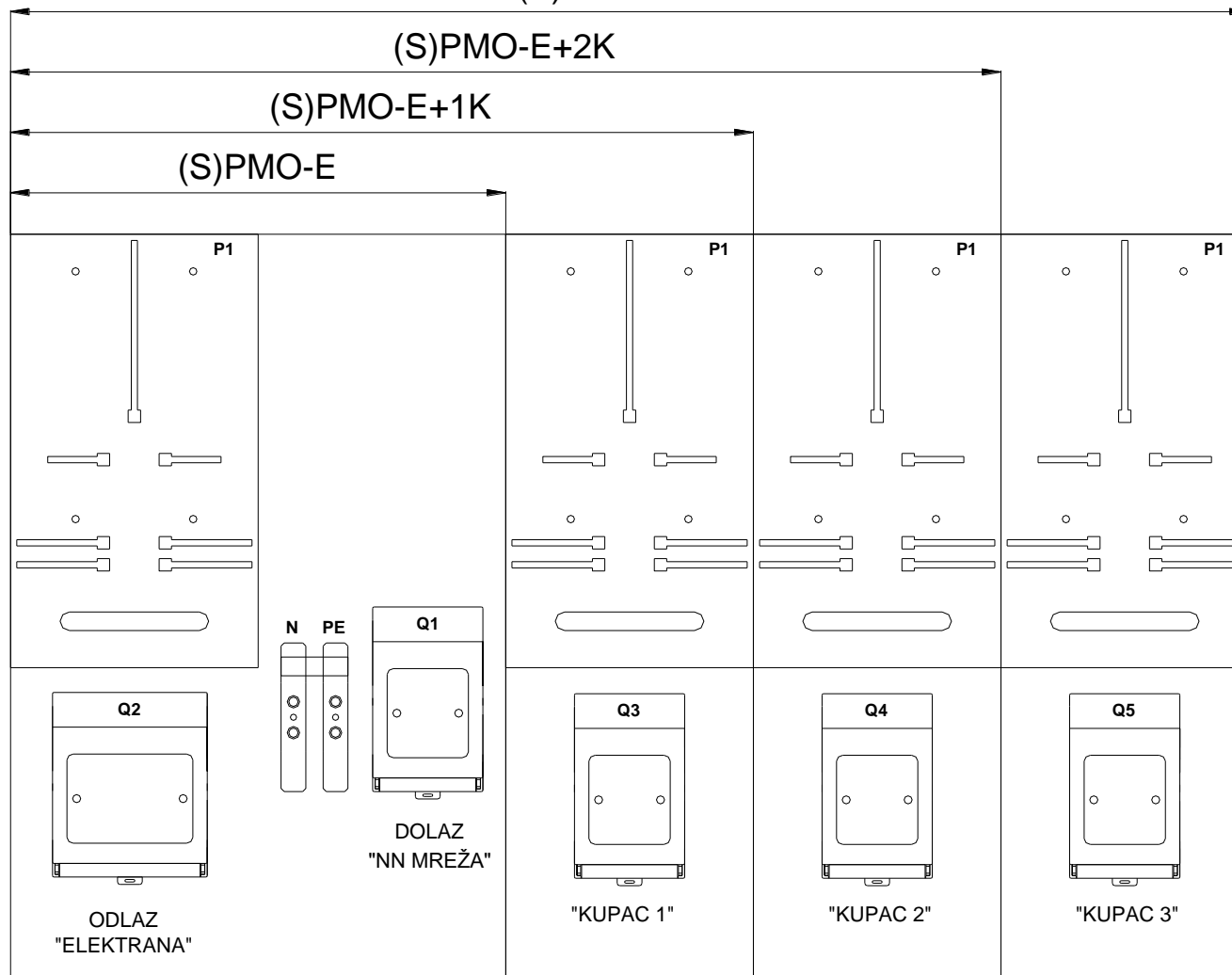
⇒ *4.(2.)polna rastavna sklopka-osigurač*, 160 A (sa 4(2) kratkospojnika)

❖ od brojila prema elektrani

⇒ *u ormaru mora biti osiguran prostor za smještaj uređaja za mjerenje kvalitete el. energije.*

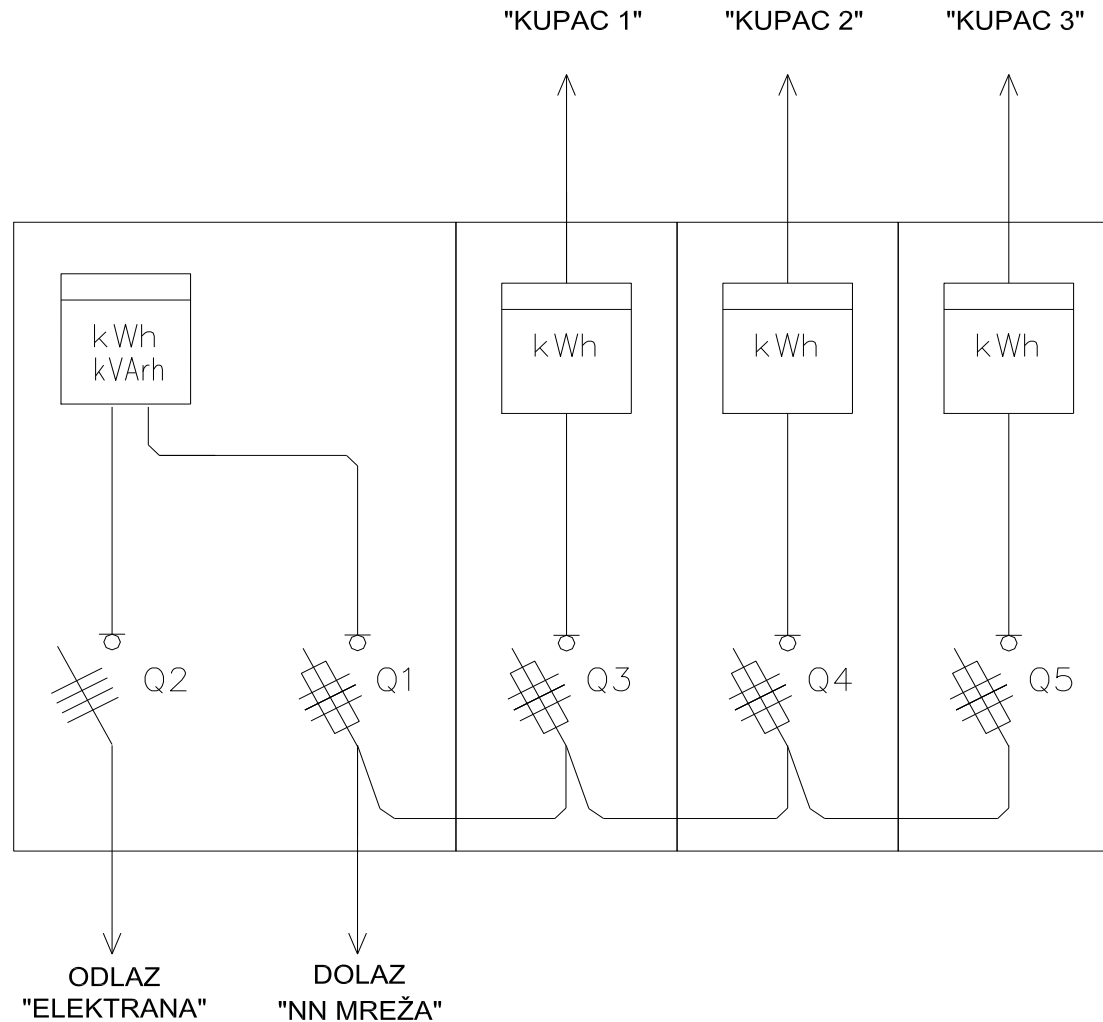
Načelna skica rasporeda opreme unutar ormarića

(S)PMO-E+3K



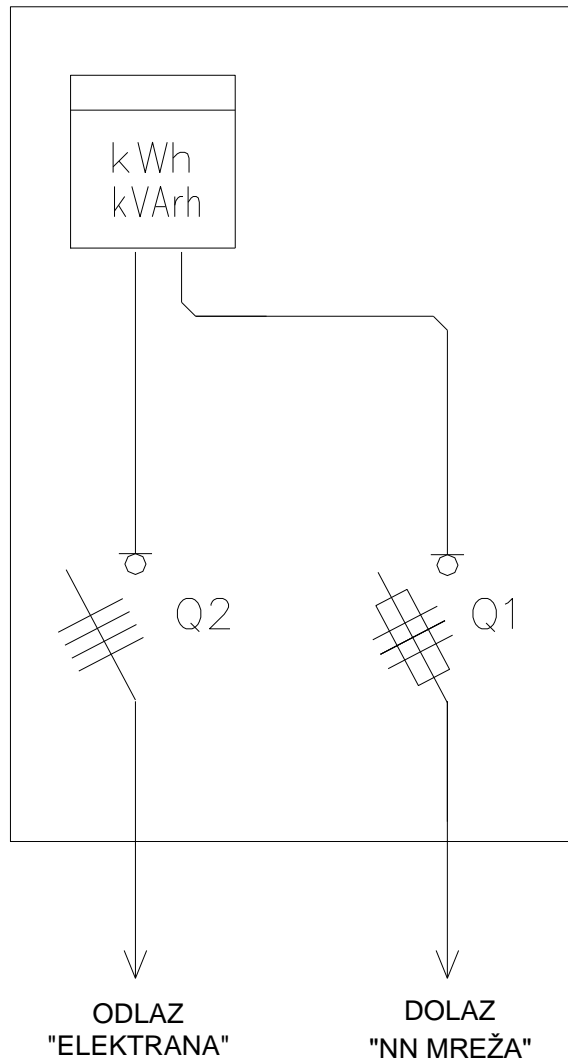
❖ *ormarići:*
 (S)PMO-E,
 (S)PMO-E+1K,
 (S)PMO-E+2K,
 (S)PMO-E+3K

Shema ožičenja ormarića



❖ *ormarići:*
 (S)PMO-E,
 (S)PMO-E+1K,
 (S)PMO-E+2K,
 (S)PMO-E+3K

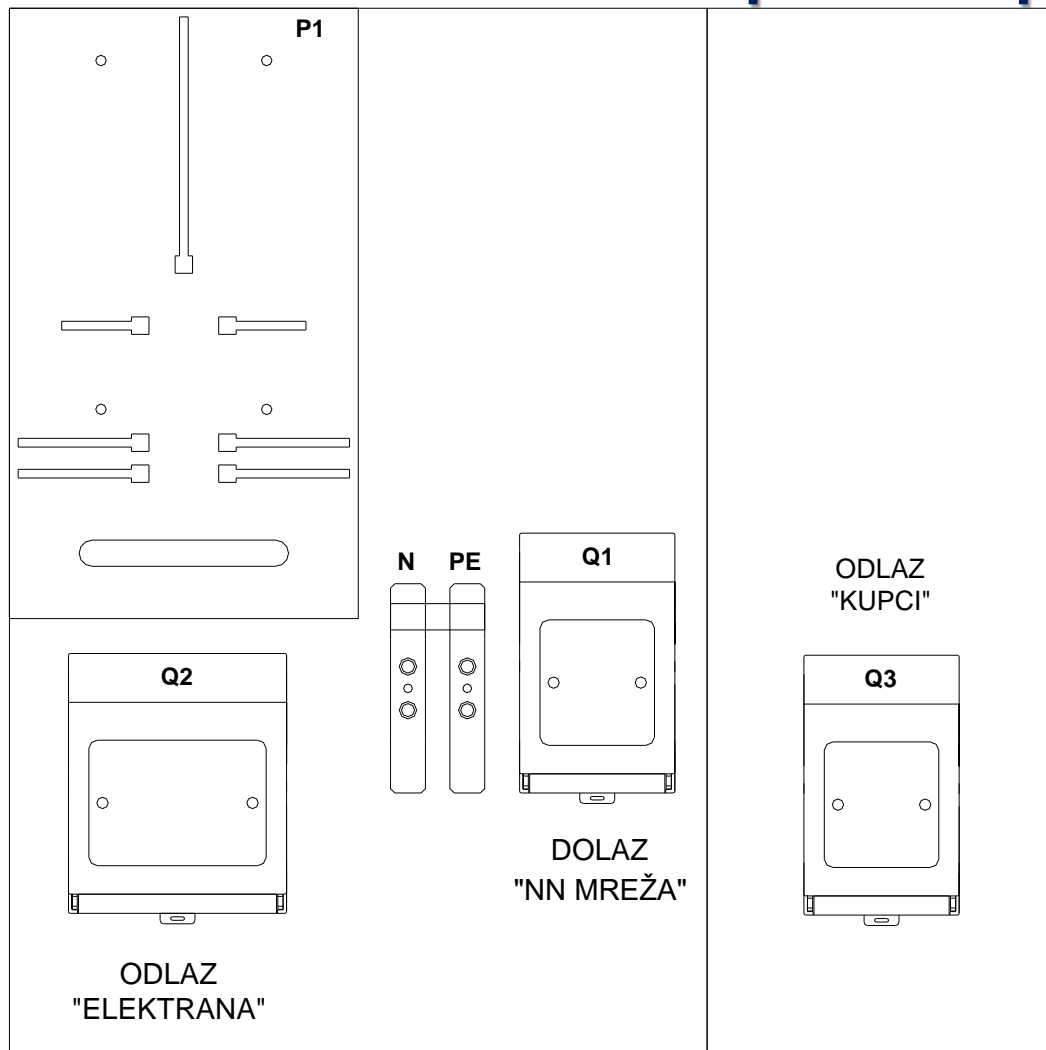
Shema ožičenja ormarića



❖ *ormarić:*
(S)PMO-E

❖ *prigradnja uz postojeći*
(S)KPMO (dovod NN mreže
preko KPMO)

Načelna skica rasporeda opreme unutar ormarića



❖ *ormarić:*

(S)PMO-E+UP

❖ *interpolacija u postojeći priključni vod*

❖ *osnovna oprema:*

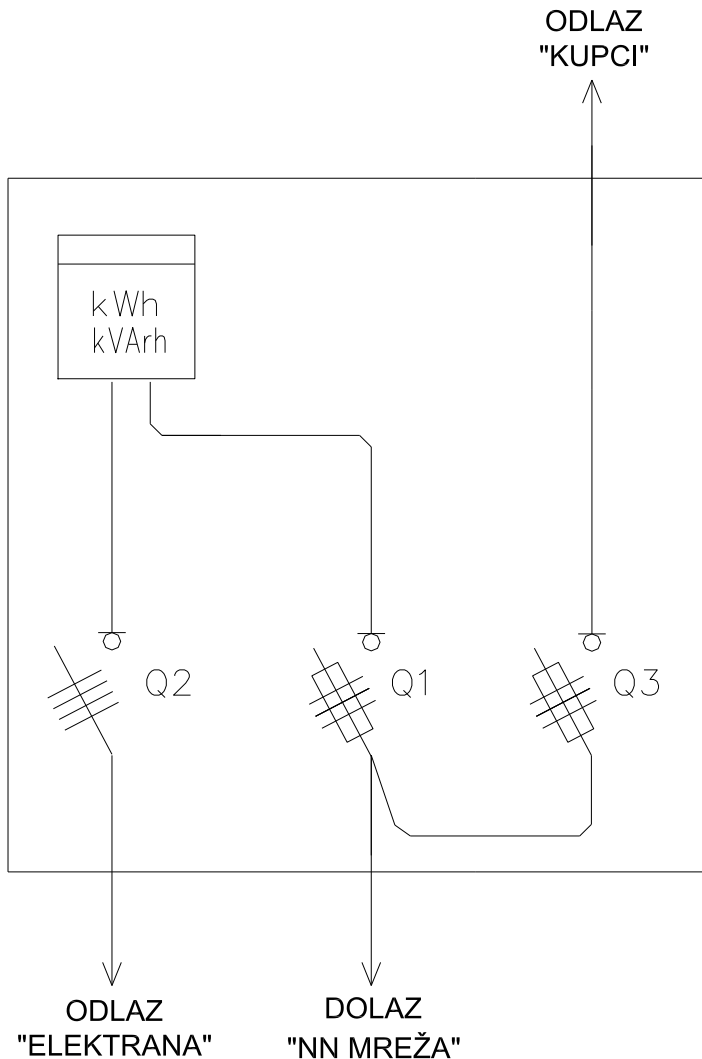
-Q1 => 3p rast. skl. - osig.
(dovod iz NN mreže)

-Q2 => 4p rast. skl. - osig.
(prema elektrani)

-Q3 => 3p rast. skl. - osig.

(prema GRO; priključak kupaca čija OMM ostaju u objektu)

Shema ožičenja ormarića



❖ *ormarić:*

(S)PMO-E+UP

❖ *interpolacija u postojeći priključni vod*

❖ *osnovna oprema:*

-Q1 => 3p rast. skl. - osig.

(dovod iz NN mreže)

-Q2 => 4p rast. skl. - osig.

(prema elektrani)

-Q3 => 3p rast. skl. - osig.

(prema GRO; priključak kupaca čija OMM ostaju u objektu)

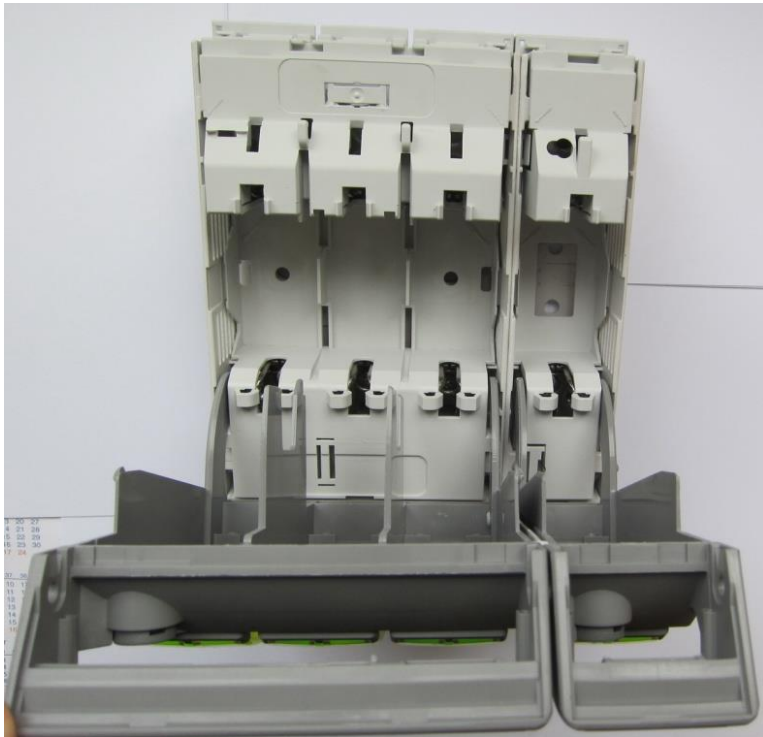
Obračunsko mjerno mjesto (OMM)

- ⇒ brojilo za *proizvođača* (elektranu) uvijek mora biti *dvosmjerno*
- ⇒ brojilo za *kupca s vlastitom elektranom* također mora biti *dvosmjerno*
- ⇒ *OMM* se mora moći *obostrano odvojiti* (i od proizvođača i od EE mreže)
- ⇒ *značajke brojila* za opremanje OMM za izravno mjerenje proizvodnje proizvođača priključne snage $P_v \leq 30 \text{ kW}$ (prema biltenu HEP-a br. 246):

Tip brojila	Naziv brojila	Tip mjerenja	Broj faza	Nazivni napon (V)	Nazivna struja (A)	Mjerenje djelatne energije	Mjerenje jalove energije	Razred točnosti	Mjerenje smjera energije	Mjerenje vršne snage	Pohranjivanje krivulje opterećenja
8	<u>Intervalno kombi komunikacijsko brojilo</u>	Izravno	3	3x230/400	5-60	DA	DA	1 radna 2 jalova	Dvosmjerno (4 kvadranta)	DA	DA

Četveropolna rastavna sklopka - osigurač

- ❖ zajednička ručica kućišta - sklapanje L1, L2, L3 i N

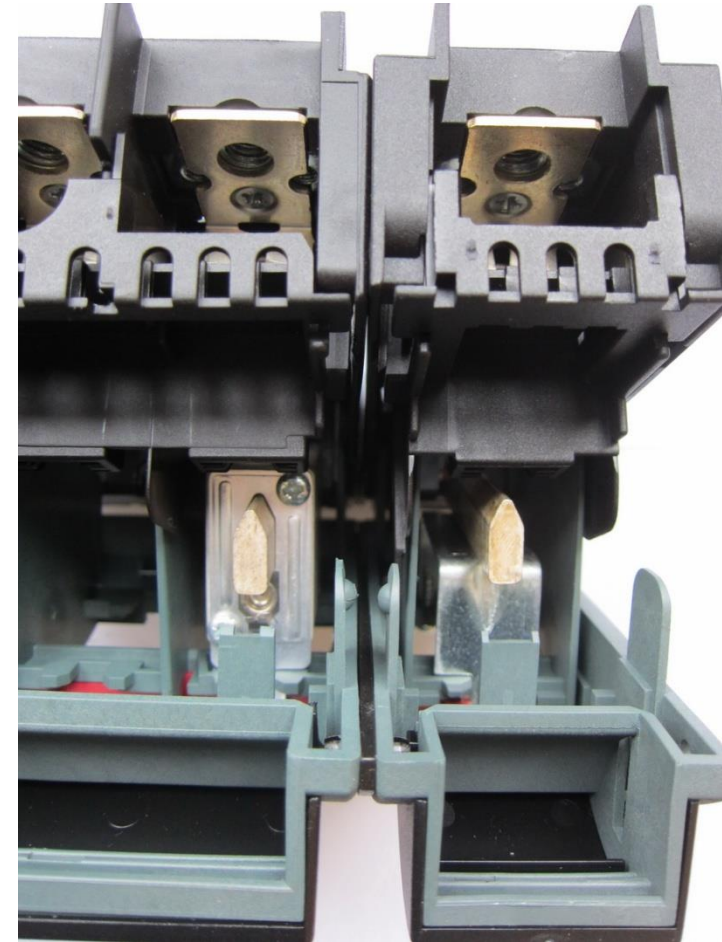
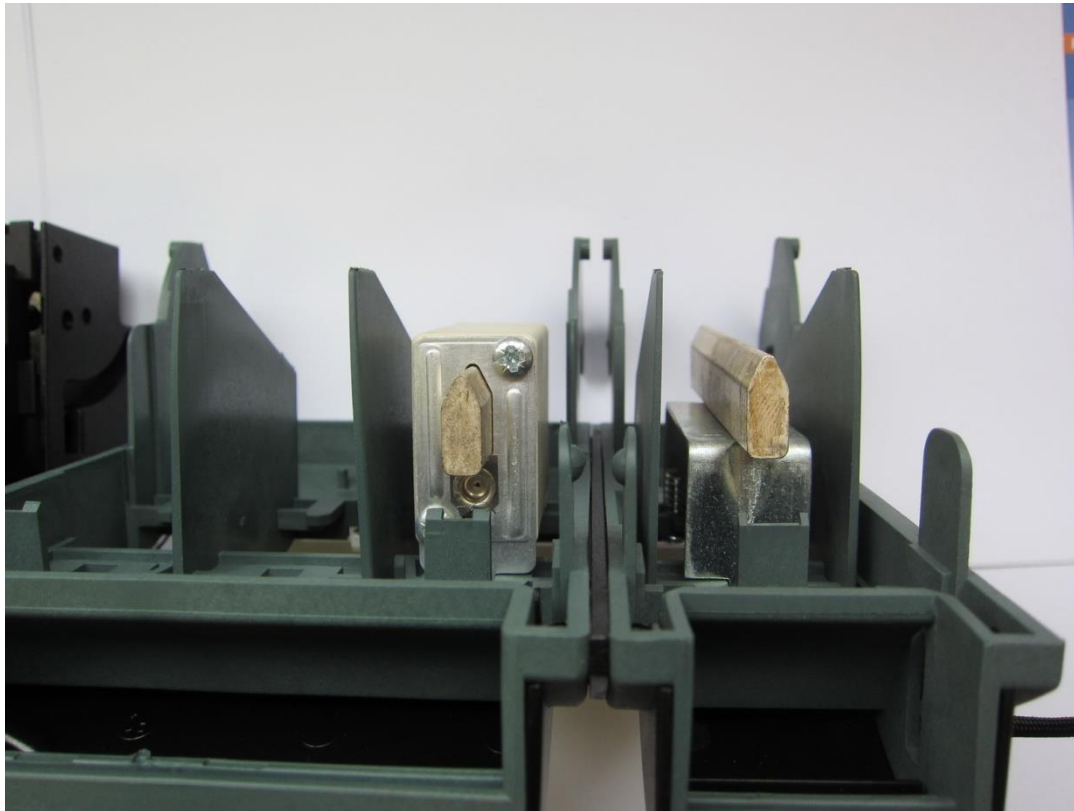


- ❖ postoje sklopke sa sljedećom konstrukcijom:

- ❖ kratkospojnik u N-polu je fiksna
 - ❖ nož kratkospojnika postavljen "iznad" noža osigurača
- => predmetna konstrukcija omogućava da se **kod uklapanja najprije uklapa N pol**, a zatim fazni polovi, dok se **kod isklapanja zadnji isklapa N pol** (simulacija 'čim dulje prisutnosti N')

TEHNIČKE ZNAČAJKE PRIKLJUČENJA mSE NA NN MREŽU

Renato Ćučić, dipl.ing.el.



❖ nož (fiksno) kratkospojnika “**iznad**” noža osigurača

5. ZAŠTITA OD INDIREKTNOG NAPONA DODIRA

Norme i pravilnici

- ⇒ *HRN HD 60364-4-41* - NN el. instalacije - Sigurnosna zaštita - *Zaštita od električnog udara* (IEC 60364-4-41:2005, MOD)
- ⇒ *HRN HD 60364-7-712* - El. instalacije zgrada - Zahtjevi za posebne instalacije ili prostore - *Sustavi za sunčanu fotonaponsku (PV) energetska opskrbu* (IEC 60364-7-712:2002, MOD; HD 60364-7-712:2005)
- ⇒ *Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu niskonaponskih mreža i pripadnih transformatorskih stanica* (SL SFRJ 13/78)

Primijenjeni sustavi zaštite

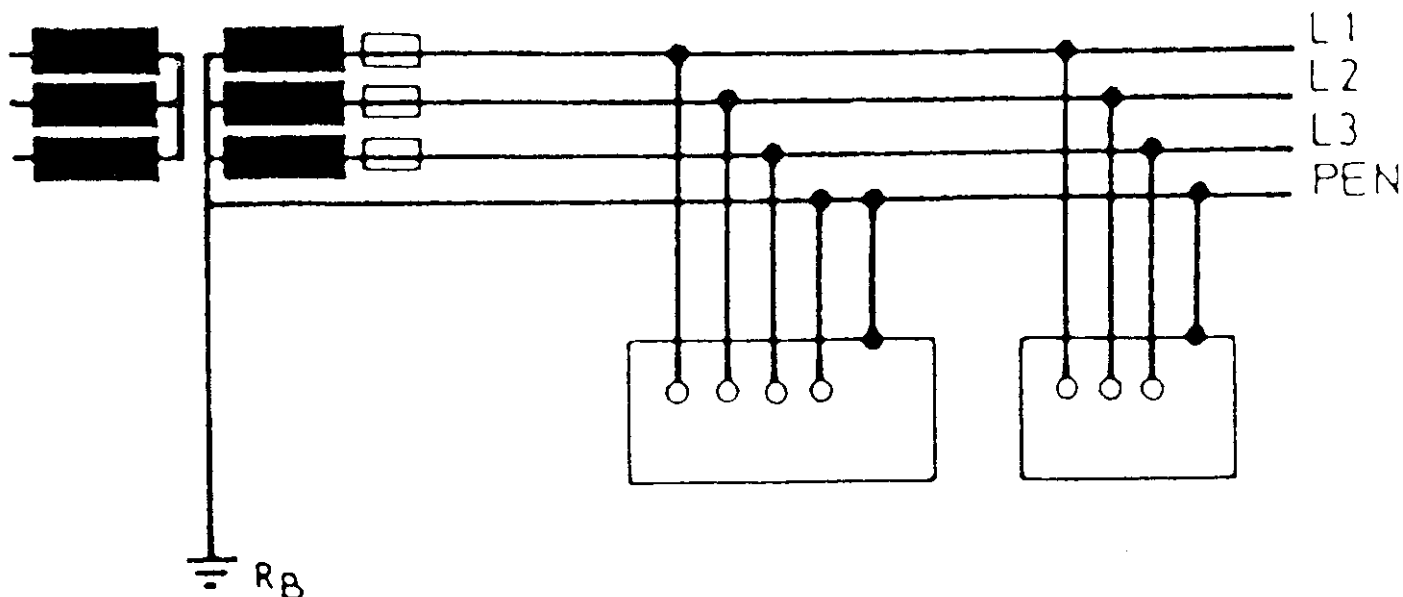
⇒ sustavi zaštite:

- ❖ *TN sustav* (TN-S, TN-C, TN-C-S)
- ❖ *TT sustav*
- ❖ *IT sustav*

⇒ oznake:

- ❖ *prvo slovo* - *T* - izravno uzemljeno zvjezdište sekundarnog namota transformatora u TS SN/NN
- ❖ *drugo slovo* - *N ili T* - način uzemljenja vodljivih kućišta uređaja kod svih kupaca u NN mreži

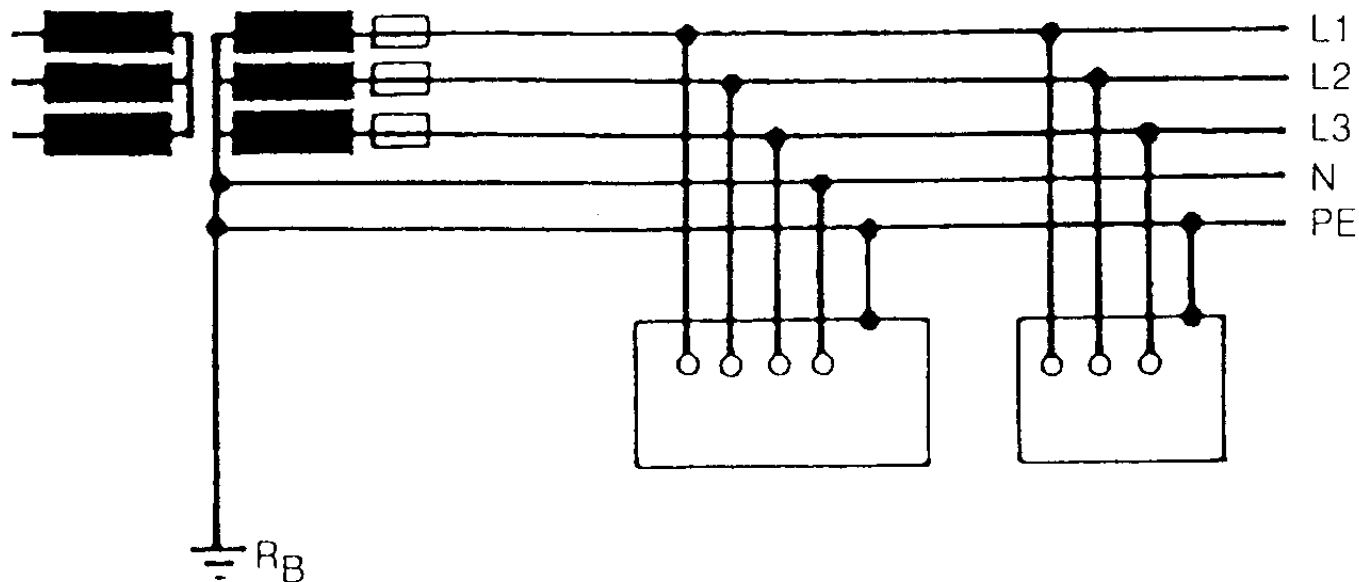
TN-C sustav



⇒ značajke:

- ❖ zajednički PEN vodič u mreži i kod kupca
- ❖ u starijim instalacijama

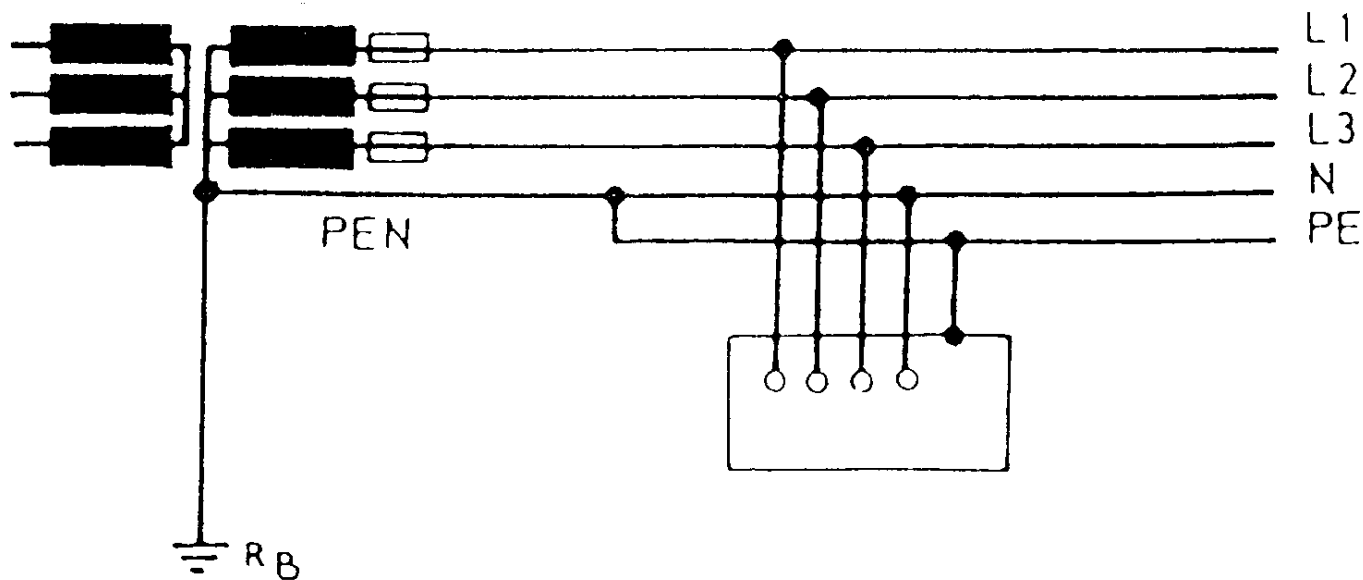
TN-S sustav



⇒ značajke:

- ❖ razdvojeni N i PE vodiči od TS
- ❖ PE vodičem ne teče pogonska struja

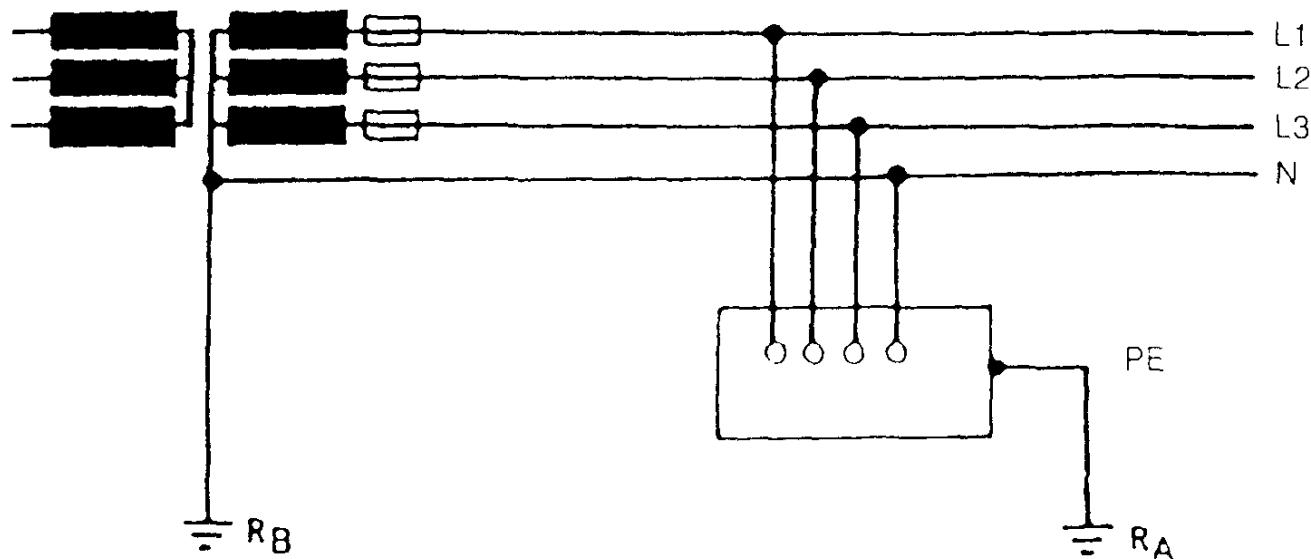
TN-C-S sustav



⇒ značajke:

- ❖ razdvojeni N i PE vodiči kod kupca
- ❖ u NN mreži je PEN vodič

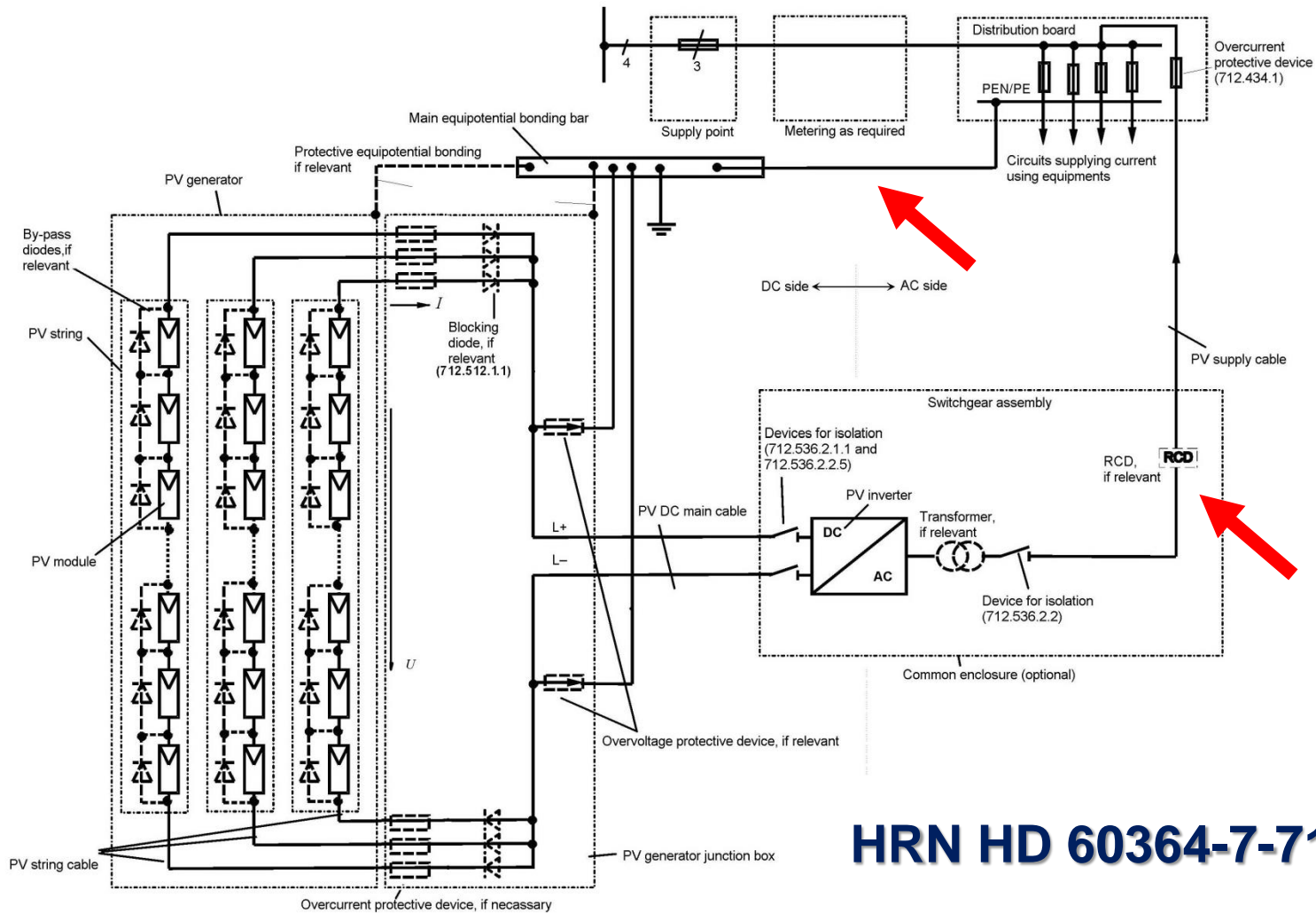
TT sustav



⇒ značajke:

- ❖ zvjezdište transformatora spojeno preko *jednog* uzemljivača, a kućišta potrošača preko *drugog* uzemljivača (koji je električki *neovisan* o uzemljenju transformatora)

Zaštita od indirektnog dodira u elektrani



HRN HD 60364-7-712

Zaštita od indirektnog dodira u elektrani

⇒ **osnovna zaštita od indirektnog dodira:**

- ❖ *automatsko isključenje* napajanja u *TN-C-S sustavu* i provođenje mjera *izjednačavanja potencijala*
 - sva vodljiva kućišta uređaja u elektrani potrebno je povezati vodičima za izjednačenje potencijala na *sabirnicu za izjednačenje potencijala (GIP)* i preko nje na uzemljiivač građevine

Zaštita od indirektnog dodira u elektrani

- ❖ ukoliko postojeća građevina *nema uzemljivača* ili ako postojeći uzemljivač ne zadovoljava uvjete iz *Tehničkog propisa za NN električne instalacije* (NN br. 5/2010) i *Tehničkog propisa za sustave zaštite od djelovanja munje na objektima* (NN br. 87/2008) obavezna je *izgradnja novog* koji će zadovoljiti uvjete
- ❖ provjeru zadovoljenja uvjeta na uzemljivač objekta s elektranom mora provesti *ovlašteni ispitivač* tijekom postupka *završne provjere i ispitivanja* zaštitnih mjera *NN električne instalacije* elektrane

⇒ **zaštita od indirektnog dodira:**

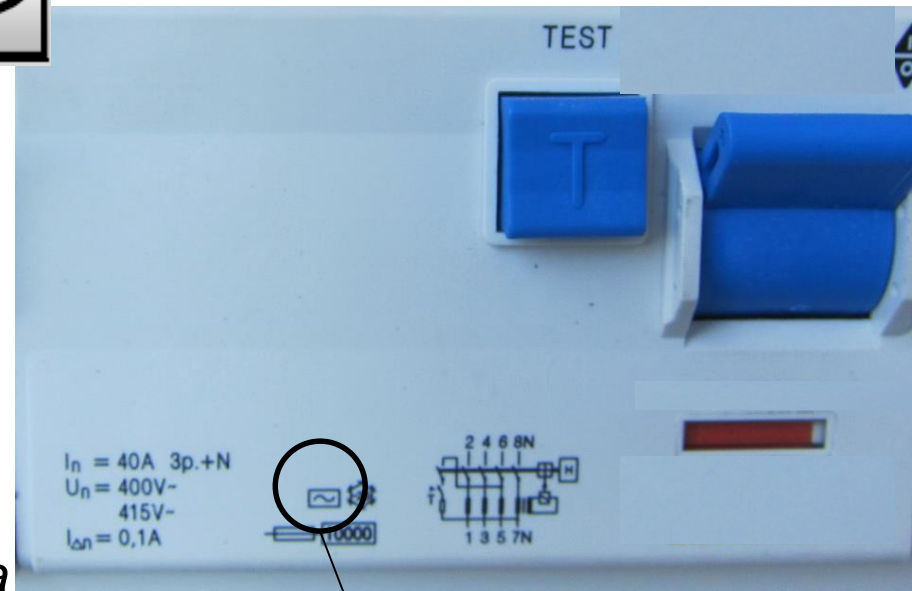
- ❖ *zaštitni uređaj diferencijalne struje (RCD sklopka) (engl. residual current device), $I_n=25-63$ A, $I_{\Delta n}=100-300$ mA:*
 - *tipa A*
 - ❖ *za izmjenjivače koji zapriječavaju prolaz DC struje kvara (može se ostvariti odgovarajućom konstrukcijom izmjenjivača)*
 - *ili tipa B*
 - ❖ *za ostale izmjenjivače*

Tipovi RCD sklopki prema normi IEC 60755

⇒ **tip AC:** ⇒ oznaka tipa:



- ❖ reagira samo kod pojave struje kvara $I\Delta$ **sinusnog** oblika
- ❖ u Njemačkoj, Belgiji i Švicarskoj se **ne koristi**
- ❖ najčešće dostupan RCD
- ❖ **nije adekvatan** za primjenu na AC strani **fotonaponskog** sustava



oznaka tipa na prednjoj strani sklopke

⇒ **tip A:**

⇒ oznaka tipa:



- ❖ reagira kod pojave struje kvara $I\Delta$ **sinusnog** oblika i **pulzirajućih istosmjernih** struja kvara
- ❖ *poželjna primjena uz elektroničke uređaje (veća osjetljivost)*

⇒ **tip B:**

⇒ oznaka tipa:



- ❖ reagira kod pojave struje kvara $I\Delta$ **sinusnog** oblika, **pulzirajućih istosmjernih** struja kvara i **konstantne istosmjerne (DC) struje kvara** ⇒ univerzalno osjetljiva RCD sklopka (za sve tipove struje kvara)
- ❖ preporuka za primjenu na AC strani fotonaponskog sustava prema *HRN EN 60364-7-712*



6. ZAKLJUČAK

- ⇒ dosadašnja praksa potvrđuje *prednost unificiranja i tipiziranja* sastavnica priključka i tehničkih značajki priključenja
- ⇒ to je i *strateško opredjeljenje* HEP ODS-a
- ⇒ na uvijek prisutni izazov *pomirenja težnje za tipizacijom i potrebe za uvažavanjem specifičnosti*
- ⇒ HEP ODS je odgovorio *donošenjem tipiziranih rješenja* priključenja mSE do 30 kW

⇒ temeljem stečenih iskustava *HEP ODS pristupa sljedećem*, još složenijem izazovu:

⇒ *tipiziranju* tehničkih značajki *priključenja SE iznad 30 kW* na distribucijsku mrežu

u cilju postizanja *prednosti koje nudi tipizacija* priključenja za elektrane *iznad 30 kW*

Hvala na Vašoj nazočnosti i pozornosti!

renato.cucic@hep.hr