

TIPIZACIJA MERILNIH MEST

1 Uvod

1.1 Splošno

Tipizacija merilnih mest je izdelana v smislu 137. člena Zakona o oskrbi z električno energijo (Uradni list RS, št. 172/21 – v nadaljevanju ZOEE) v skladu z veljavnimi tehničnimi predpisi in standardi in mora zagotavljati tehnično varno obratovanje in zanesljivost oskrbe z električno energijo in mora biti objektivna in nepristranska. Uporabljeni pojmi in izrazi so opredeljeni v ZOEE, SONDSEE in aktu Agencije za energijo, ki ureja obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje.

1.2 Namen in območje uporabe

Tipizacija merilnih mest ureja tehnične rešitve izvajanja meritev prejete ali proizvedene električne energije ob upoštevanju zadnjega stanja tehnike na področju merjenja električne energije za potrebe obračuna. Predstavljene tipizirane rešitve zagotavljajo strategijo, nepristranskost, kakovost, varnost in zanesljivost vsem uporabnikom sistema.

1.3 Zakoni, uredbe, pravilniki in navodila

- Zakon o oskrbi z električno energijo (Uradni list RS, št. 172/21 in 47/25),
- Zakon o meroslovju (Uradni list RS, št. 26/05 – uradno prečiščeno besedilo),
- Zakon o izvajanju Uredbe (EU) o splošni varnosti proizvodov (Uradni list RS, št. 2/24),
- Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 39/06 – UPB, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15, 30/16, 61/17 – GZ, 21/18 – ZNOrg, 84/18 – ZIURKOE, 158/20 in 44/22 – ZVO-2),
- Pravilnik o overitvah števecv električne energije (Uradni list RS, št. 18/13, 40/13-popr. in 66/16),
- Uredba o tehničnih zahtevah za okoljsko primerno zasnovo proizvodov, povezanih z energijo (Uradni list RS, št. 76/14 in 158/20 – ZURE),
- Akt o metodologiji za obračunavanje omrežnine za elektrooperaterje (Uradni list RS, št. 146/22, 161/22, 50/23, 71/23, 117/23, 5/24, 30/24, 107/24, 27/25, 49/24 in 76/25),
- Akt o metodologiji za določitev regulativnega okvira za elektrooperaterje (Uradni list RS, št. 123/22, 2/23-popr., 49/24, 53/24, 27/25, 28/25-popr. in 102/25),
- Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1),
- Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1),
- Pravilnik o elektromagnetni združljivosti (EMC) (Uradni list RS, št. 39/16 in 9/20),
- Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih postrojev (Uradni list RS, št. 98/15 in 38/24 – EZ-2),
- Pravilnik o omogočanju dostopnosti električne opreme na trgu, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej (Uradni list RS, št. 39/16),
- Tehnična smernica TSG-N-002:2021,
- Tehnična smernica TSG-N-003:2021,
- Navodila za vzdrževanje distribucijskega elektroenergetskega omrežja, SODO.

1.4 Standardi

- SIST HD 60364-4-41 Nizkonapetostne električne inštalacije – 4-41. del: Zaščitni ukrepi - Zaščita pred električnim udarom,
- SIST HD 60364-4-43 Nizkonapetostne električne inštalacije – 4-43. del: Zaščitni ukrepi - Zaščita pred nadtoki,
- SIST HD 60364-4-443 Nizkonapetostne električne inštalacije - 4-44. del: Zaščitni ukrepi - Zaščita pred napetostnimi in elektromagnetnimi motnjami - 443. točka: Zaščita pred atmosferskimi in stikalnimi prenapetostmi

- SIST HD 60364-4-42 Nizkonapetostne električne inštalacije – 4-42. del: Zaščitni ukrepi - Zaščita pred toplotnimi učinki,
- SIST HD 60364-5-54 Nizkonapetostne električne inštalacije – 5-54. del: Izbira in namestitvev električne opreme - Ozemljitve in zaščitni vodniki,
- SIST HD 60364-5-52 Nizkonapetostne električne inštalacije – 5-52. del: Izbira in namestitvev električne opreme - Inštalacijski sistemi,
- SIST EN 60947-1 Nizkonapetostne stikalne naprave – 1. del: Splošna pravila,
- SIST EN 60947-7-1 Nizkonapetostne stikalne in krmilne naprave – 7-1. del: Pomožna oprema - Priključni bloki za bakrene vodnike,
- SIST EN 60947-7-2 Nizkonapetostne stikalne in krmilne naprave – 7-2. del: Pomožna oprema - Priključni bloki zaščitnih vodnikov za bakrene vodnike,
- SIST EN 60998-2-1 Povezovalne naprave v nizkonapetostnih tokokrogih za uporabo v gospodinjstvu in za podobne namene – 2-1. del: Posebne zahteve za samostojne povezovalne naprave z vijačnimi pritrdilnimi enotami,
- SIST EN 60998-1 Povezovalne naprave v nizkonapetostnih tokokrogih za uporabo v gospodinjstvu in za podobne namene – 1. del: Splošne zahteve,
- SIST EN 62305-4 Zaščita pred delovanjem strele – 4. del: Električni in elektronski sistemi v zgradbah,
- SIST EN 62305-3 Zaščita pred delovanjem strele – 3. del: Fizična škoda na zgradbah in nevarnost za živa bitja,
- SIST EN 60664-1 Uskladitev izolacije za opremo v okviru nizkonapetostnih sistemov – 1. del: Načela, zahteve in preskusi,
- SIST EN 61643-11 Nizkonapetostne naprave za zaščito pred prenapetostnimi udari – 11. del: Naprave za zaščito pred prenapetostnimi udari za nizkonapetostne napajalne sisteme – Zahteve in preskusi,
- SIST HD 472: Nazivne napetosti za javna nizkonapetostna električna omrežja,
- SIST EN 61935-1 Preskušanje simetričnega komunikacijskega okabljenja v skladu z ISO/IEC 11801 – 1. del: Vgrajeno okabljenje,
- SIST EN 61935-2 Specifikacija za preskušanje simetričnega in koaksialnega okabljenja v informacijski tehnologiji – 2. del: Vrvice po specifikaciji iz ISO/IEC 11801 in sorodnih standardov,
- SIST EN 61935-2-20 Preskušanje simetričnega komunikacijskega okabljenja v skladu z ISO/IEC 11801 – 2-20. del: Prevezovalne vrvice in vrvice na delovnih območjih – Okvirna podrobna specifikacija za aplikacije razreda D.

1.5 Seznam tabel

Tabela 1: Izbira nazivne moči MTT v [VA] v odvisnosti od dolžine uporabljenih kablov	16
Tabela 2: Izbira preseka vodnikov v kablu v odvisnosti od dolžine kabla.....	16
Tabela 3: Minimalni prerezi Cu vodnikov za ožičenje in dopustne impedance okvarnih zank glede na naznačeno vrednost naprav za omejevanje toka in sistem TN, TT	39

1.6 Seznam risb

Slika 1: Zaporedje namestitvev naprav na merilnem mestu.....	11
Slika 2: Sestava merilno priključne garniture	11
Slika 3: Način priključitve merilnega mesta	12
Slika 4: Vezalna shema primarno prevezljivih MTT	14
Slika 5: Vezalna shema NMT za primer, ko zaščitno navitje 100/3 V ni uporabljeno za zaščitne namene.....	15
Slika 6: Izvedba 1, sistem TN, z varovalko in stikalno napravo za omejevanje toka	21
Slika 7: Izvedba 1, sistem TT, z varovalko in stikalno napravo za omejevanje toka	22
Slika 8: Izvedba 2, sistem TN, z varovalkami in stikalno napravo za omejevanje toka	23
Slika 9: Izvedba 2, sistem TN, z varovalkami in stikalno napravo za omejevanje toka	24
Slika 10: Izvedba 3	25
Slika 11: Izvedba 4	26
Slika 12: Izvedba 1, enofazno, sistem TN, z varovalko in stikalno napravo za omejevanje toka.....	27
Slika 13: Izvedba 1, enofazno, sistem TT, z varovalko in stikalno napravo za omejevanje toka	28

Slika 14: Izvedba 1, trifazno, sistem TN, z varovalkami in stikalno napravo za omejevanje toka	29
Slika 15: Izvedba 1, trifazno, sistem TT, z varovalko in stikalno napravo za omejevanje toka.....	30
Slika 16: Direktni način, izvedba 2, shema priključitve PS.2	31
Slika 17: Polindirektni način, izvedba 1, shema priključitve PS.1	32
Slika 18: Polindirektni način, izvedba 2, shema priključitve PS.2.....	32
Slika 19: Polindirektni način, izvedba 3, shema priključitve PS.2.....	33
Slika 20: Indirektni način, izvedba 1, shema priključitve PS.1	34
Slika 21: Indirektni način, izvedba 2, shema priključitve PS.2.....	35
Slika 22: Indirektni način, izvedba 3, shema priključitve PS.2.....	36
Slika 23: Indirektni način, izvedba 4, shema priključitve PS. 2.....	37

1.7 Seznam simbolov

A+	delovna energija prejem (iz omrežja k porabniku)
A-	delovna energija oddaja (od proizvajalca v omrežje)
R+	jalova energija prejem (iz omrežja k porabniku)
R-	jalova energija oddaja (od proizvajalca v omrežje)
P_{max}	povprečna 15 minutna maksimalna moč
LP	registracija obremenitvenega diagrama (<i>»load profile«</i>)
U_n	nazivna napetost števca električne energije
U_p	zaščitni napetostni nivo
U_w	napetostna trdnost najšibkejšega vgrajenega elementa na merilnem mestu
I_n	nazivni tok števca električne energije
I_{ref}	referenčni tok števca električne energije
I_{max}	maksimalni tok števca električne energije, ki je usklajen z vrednostjo omejevalnika toka
r	razred točnosti za števec električne energije
=A	priključna merilna omarica
=B	omarica za glavno izenačitev potenciala
=C	glavni razdelilnik (stikalni blok) za lastni odjem (LO)
=D	glavni razdelilnik (stikalni blok) za proizvodno napravo
=E	razdelilec za lastno rabo (LR) proizvodne naprave
+A1	merilni del omarice
+A2	priključni del omarice
-F	zaščitne naprave (varovalke, odvodniki prenapetosti)
-GOS	glavna ozemljitvena sponka
-X	priključne sponke
-P1-5	števec električne energije
-P11	komunikacijska enota
-P12	integracijska naprava (OSM) za povezavo I1 vmesnika na uporabnikovo HAN omrežje
-Q	odklopnik merilnega mesta proizvodnih naprav
-Q2	bistabilno stikalo
-K	Močnostni kontaktor
-S1	tipkalo za vklop stikalne naprave za omejevanje toka
-S2	ločilno stikalo proti povratni napetosti
-MTT	merilni tokovni transformator
-MNT	merilni napetostni transformator
-T	transformator
-TR	distribucijski transformator
-G	proizvodni vir
L, N, PE, PEN	označbe vodnikov
MPG	merilna priključna garnitura
DIS	javno distribucijsko omrežje
DO	distribucijski operater
SZP	soglasje za priključitev

LR	lastna raba
LO	lastni odjem

2 Merilno mesto

2.1 Splošno

Merilno mesto je mesto, kjer se meri prejeta ali oddana električna energija in je sestavljeno iz zaščitnih, merilno obračunskih naprav, komunikacijskih naprav in ožičenja.

Merilna oprema mora biti nameščena v merilnih omaricah, v zato projektiranih prostorih – razdelilnikih ali SN merilnih celicah. Podrobneje so opredeljene v Tipizaciji omrežnih priključkov in NN priključnih omaricah SODO in Tipizaciji transformatorskih postaj SODO.

Merilna oprema mora biti nameščena tako, da je omogočena hitra in varna menjava posameznih elementov in mora biti nameščena na taki višini, da je možno izvajati vsa dela na njih brez sklanjanja in brez uporabe lestve ali podobnih pripomočkov. Podrobnosti so navedene v Tipizaciji omrežnih priključkov in NN priključnih omaric.

Merilno mesto za polindirektno ali indirektno merjenje mora zagotoviti ustrezno varnost pri menjavi števecv električne energije, ter opreme za komunikacijo, tudi v primeru, ko so uporabnikove naprave pod napetostjo.

Vsako merilno mesto mora imeti svojo kratkostično zaščito in obračunski element – napravo za omejevanje toka. V primeru, ko je uporabljen za obračunski element števec s stikalno napravo za omejevanje toka, je v vrata omarice potrebno namestiti tipko, ki uporabniku sistema omogoča ponovno vzpostavitev normalnega napajanja po izklopu zaradi delovanja stikalne naprave.

Kratkostična zaščita in/ali obračunski elementi morajo biti nameščeni v merilni omarici, ki mora biti opremljena s ključavnico distribucijskega operaterja. V kolikor ima števec električne energije dodano ali integrirano stikalno napravo za omejevanje toka, se le-ta uporabi kot obračunski element za moč pod pogoji, ki so določeni v SONDSEE in v dokumentu »Navodilo za uporabo stikalne naprave za omejevanje toka v kombinaciji s števcem električne energije«.

Na vseh obračunskih elementih in elementih, ki lahko vplivajo na obračun porabe ali oddaje električne energije mora biti nameščena plomba. Vse merilne naprave morajo biti konstrukcijsko izdelane tako, da to omogočajo (npr. obračunske glavne varovalke ali varovalka za krmilni vod je varovalno podnožje opremljeno s pokrovom).

Merilna mesta morajo biti opremljena z vezalnim načrtom v obstojni obliki (plastificiran papir ali metalizirana nalepka) in nameščena na notranji strani merilne omarice (npr. vrata).

Merilna mesta morajo biti nameščena v zaprte in suhe prostore. Temperaturno območje okolja -25°C do $+60^{\circ}\text{C}$.

2.2 Merilno mesto, kjer se energija meri s polindirektnim ali indirektnim načinom

Na merilnem mestu, kjer se električna energija meri polindirektno ali indirektno, mora biti nameščen poleg ustreznega števca, ki omogoča merjenje in registracijo delovne in jalove energije, še ustrezni merilni transformatorji in merilna priključna letev v skladu s to tipizacijo.

Na merilnih mestih, kjer se meri električna energija indirektno in ima uporabnik dostop v srednje napetostni del stikališča, morajo biti merilne celice, pogoni ločilnih stikal merilnih napetostnih transformatorjev in merilna omarica zaklenjeni s ključavnico in opremljena z varnostnimi plombami.

3 Izvedbe merilnih mest

3.1 Merilna mesta z direktnim načinom merjenja

Izvedba 1: Direktno, nizkonapetostno, 1 fazno

Izvedba 2: Direktno, nizkonapetostno, 3 fazno

Izvedba	Oprema merilnega mesta
1	<p>Direktno, nizkonapetostno, 1 fazno</p> <p>Oprema:</p> <p>1 kos Enofazni števec delovne in jalove energije; $A +, A - ; r = A$ $R +, R - ; r = 2$</p> <p>Napetost: $U_n = 230 \text{ V}$ Merilno območje: $I_{ref} = 5 \text{ A}, I_{max} = 80 \text{ A} \leq I \leq 100 \text{ A}$</p> <p>1 kos Glavna varovalka 16 A do 35 A</p>
2	<p>Direktno, nizkonapetostno, 3 fazno</p> <p>Oprema:</p> <p>1 kos Trifazni števec delovne energije; $A +, A - ; r = A$ $R +, R - ; r = 2$</p> <p>Napetost: $U_n = 3 \times 230/400 \text{ V}$ Merilno območje: $I_{ref} = 5 \text{ A}, I_{max} = 80 \text{ A} \leq I \leq 100 \text{ A}$</p> <p>3 kosi Glavna varovalka 16 A do 63 A</p>

3.2 Merilna mesta uporabnikov omrežja s polindirektnim in indirektnim načinom merjenja

Izvedba 3: Polindirektno, nizkonapetostno, 3 fazno

Izvedba	Oprema merilnega mesta
3	<p>Polindirektno, nizkonapetostno, 3 fazno, delovna in jalova energija</p> <p>Oprema:</p> <p>1 kos Industrijski trifazni števec delovne in jalove energije; $A+, A-; r = B;$ $R+, R-; r = 2;$</p> <p>Napetost: $3 \times 57,7/100 \text{ V} \dots 3 \times 240/415 \text{ V}$ Merilno območje: $I_{tr} = 0,015 \text{ A}, I_n = 1 \text{ A}, I_{max} = 6 \text{ A},$</p> <p>3 kos Merilni tokovni transformator ($x/5\text{A}, x \text{ VA}, F_s x$);</p> <p>1 kos Merilna priključna garnitura;</p> <p>1 komplet Prenapetostna zaščita merilne opreme;</p>

Opomba: Izvedba 3 se uporabi na merilnih mestih uporabnikov omrežja s priključno močjo do 330 kW (na 10 kV nivoju) oziroma 660kW (na 20 kV nivoju)

Izvedba 4: Indirektno, srednje napetostno, 3 fazno

Izvedba	Oprema merilnega mesta
4	<p>Indirektno, srednje napetostno, 3 fazno, delovna in jalova energija</p> <p>Oprema:</p> <p>1 kos Industrijski trifazni števec delovne in jalove energije $A+, A-; r = B; R+, R-; r = 2$ (pod 1 MW priključne moči) $A+, A-; r = C; R+, R-; r = 1$ ali 2 (nad 1 MW priključne moči)</p> <p>Napetost: 3 x 57,7/100 V....3 x240/415 V Merilno območje: $I_{tr}= 0,015$ A, $I_n= 1$ A, $I_{max}= 6$ A,</p> <p>3 kos Merilni tokovni transformator (x/5 A, x VA, F_sx)</p> <p>3 kos Merilni napetostni transformator (x kV/$\sqrt{3}$ / 100/$\sqrt{3}$ V, x VA) z rezervnim kompletom SN varovalk</p> <p>1 kos Merilna priključna garnitura</p> <p>1 komplet Prenapetostna zaščita merilne opreme;</p>

Opomba: Izvedba 4 se praviloma uporabi na merilnih mestih uporabnikov omrežja s priključno močjo večjo od 330 kW (na 10 kV nivoju) oziroma 660 kW (na 20 kV nivoju)

4 Merilna oprema

Merilna oprema so števeci električne energije, merilni tokovni transformatorji in merilni napetostni transformatorji.

Merilna oprema, ki se vgrajuje na merilna mesta distribucijskega omrežja in jo določa distribucijski operater v soglasju za priključitev, je natančneje opredeljena v Prilogi 13 - Tehnične zahteve za merilno in komunikacijsko opremo.

Naprava za omejevanje toka je naprava, ki omejuje odjem ali oddajo električne energije. Izvedena je lahko kot glavna varovalka ali nastavljivi omejevalnik toka.

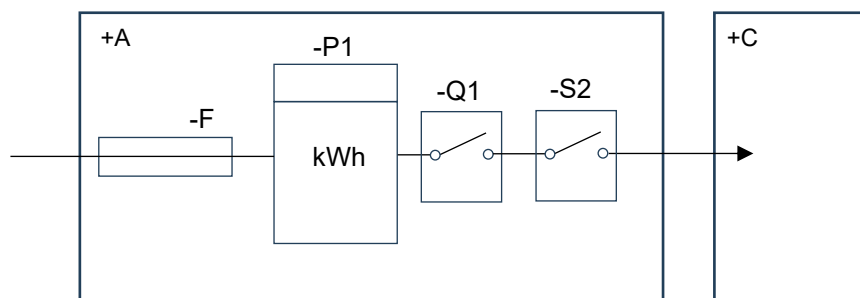
Stikalna naprava za omejevanje toka v kombinaciji s števcem, kjer števec izvaja meritve veličin in v primeru prekoračitve naprej določenih mejnih vrednosti sproži stikalno napravo za izklop. Ponovni vklop izvede uporabnik sistema s pomočjo tipke na števcu ali tipke nameščene na uporabniku dostopnem mestu. Vsak izklop in ponovni vklop stikalne naprave mora biti ustrezno zabeležen s časovno značko.

Stikalna naprava v kombinaciji s števcem ni predviden za izklop kratkostičnih tokov, to nalogo opravlja glavna varovalka. Ni dovoljena vgradnja števca s stikalno napravo za omejevanja toka brez vgradnje glavne varovalke.

Zaporedje priključitve naprav na merilnem mestu, gledano s strani napajanja, mora biti naslednje:

- glavne varovalke;
- števec električne energije;
- stikalna naprava za omejevanja toka krmiljena s strani števca;
- ločilno stikalo proti povratni napetosti (pri merilnih mestih z direktnim načinom merjenja).

Ob priključevanju novih uporabnikov ali ob rekonstrukciji obstoječih merilnih mest je potrebno upoštevati predpisano postavitev elementov na merilnem mestu, kot je prikazano na sliki 1.



merilnem mestu

Slika 1: Zaporedje namestitev naprav na

Legenda:

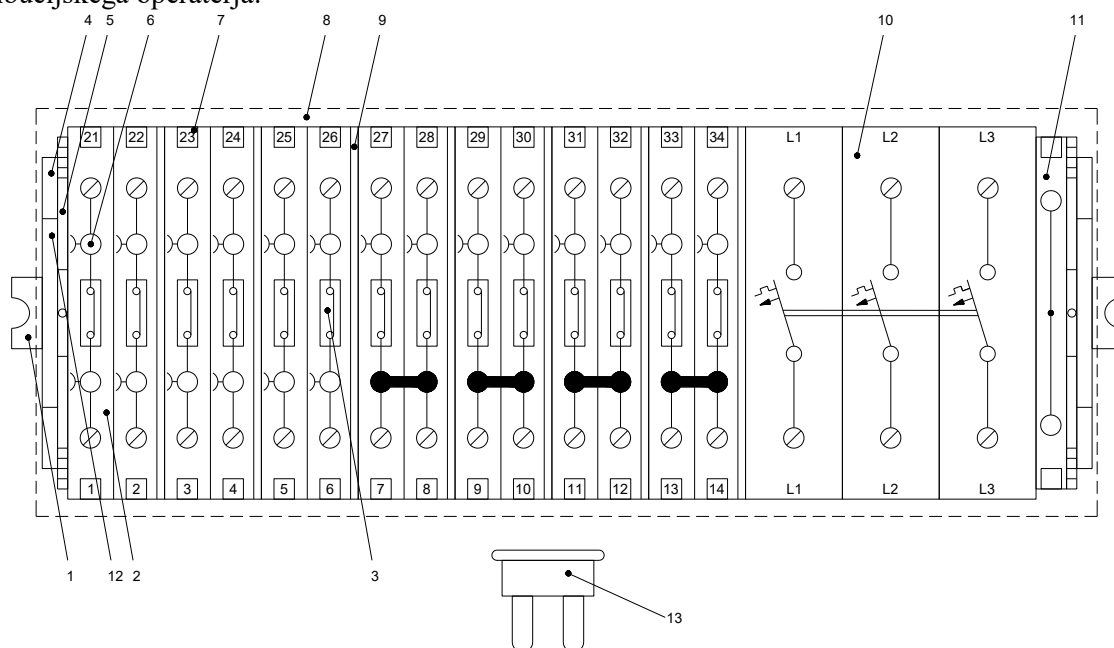
- +A priključna merilna omara
- F glavna varovalka
- P1 števec električne energije
- Q1 stikalna naprava za omejevanje toka (pri direktnem načinu merjenja je integrirana v števcu)
- S2 ločilno stikalo proti povratni napetosti
- +C glavni razdelilnik uporabnika sistema

4.1 Merilna priključna garnitura (MPG)

Merilna priključna garnitura je sestavljena iz štirinajstih merilnih sponk na 35mm letvi. Merilne priključne garniture morajo ustrezati standardom SIST EN IEC 60947-1, SIST EN 60947-7-1, SIST EN 60947-7-2, SIST EN 60998-2-1 in SIST EN 60998-1. Sponke so razdeljene na tokovni del, kjer so 3× po dve sponki na fazo in napetostni del s 3× po dve sponki na fazo in dve za N vodnik.

Vsaka merilna priključna sponka mora biti izvedena tako, da je omogočena prekinitev tokovne ali napetostne veje merilne naprave. Vse priključne sponke morajo biti opremljene z merilnimi pušami ($\phi 4$ mm) za potrebe testiranja in kontrole. Priključne sponke se med seboj vežejo s fiksnimi (napetostni del) ali premičnimi mostički (tokovni del – za kratkostično sklenitev sekundarnih vej merilnega tokovnega transformatorja »S₁« in »S₂«).

Zaščita pred nepooblaščenimi posegi se izvede z ustreznim prosojnim pokrovom, ki se ga zaščiti s plombo distribucijskega operaterja.



Slika 2: Sestava merilno priključne garniture

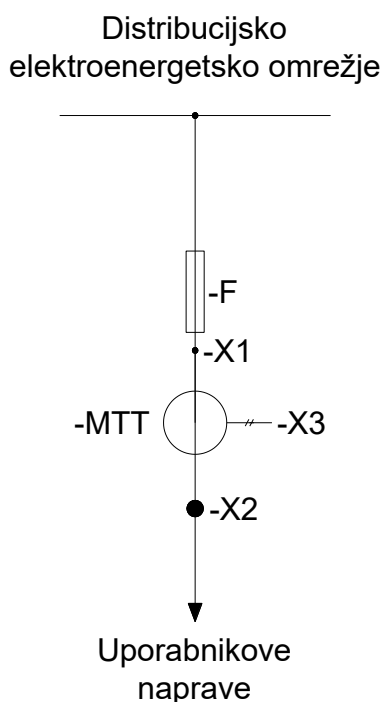
- Poz. 1 - Merilna ločilna garnitura
 2 - Montažna letev TS 35
 3 - Drsno stikalo
 4 - Nosilec oznake merilne priključne letve
 5 - Nosilec pokrova
 6 - Merilna puša ϕ 4mm
 7 - Oznaka sponke
 8 - Prosojni pokrov z možnostjo plombiranja
 9 - Ločilna plošča
 10 - Inštalacijski tripolni odklopnik B6 A
 11 - Ozemljitvena sponka
 12 - Oznaka merilne priključne letve z zaščitno folijo
 13 - Mostiček za kratkostično sklenitev sekundarnih tokokrogov merilnega tokovnega transformatorja-3 kos

5 Priključitev in namestitev merilnih transformatorjev

5.1 Splošno

Merilni tokovni transformator na merilnem mestu se namesti tako, da se na priključno sponko X1 priključi priključek iz distribucijskega omrežja električne energije (pred MTT morajo biti nameščene še zaščitne naprave F), na sponko X2 pa uporabnikove naprave. Takšen način priključitve velja za uporabnika sistema, ki je lahko odjemalec, proizvajalec ali oboje hkrati, ne glede na napetostni nivo priključitve. Tako določena priključitev enoumno določa smer pretoka energije:

- iz distribucijskega omrežja k uporabniku sistema določa smer A+, R+,
- od uporabnika sistema v distribucijsko omrežje določa smer A-, R-.



Slika 3: Način priključitve merilnega mesta

LEGENDA:

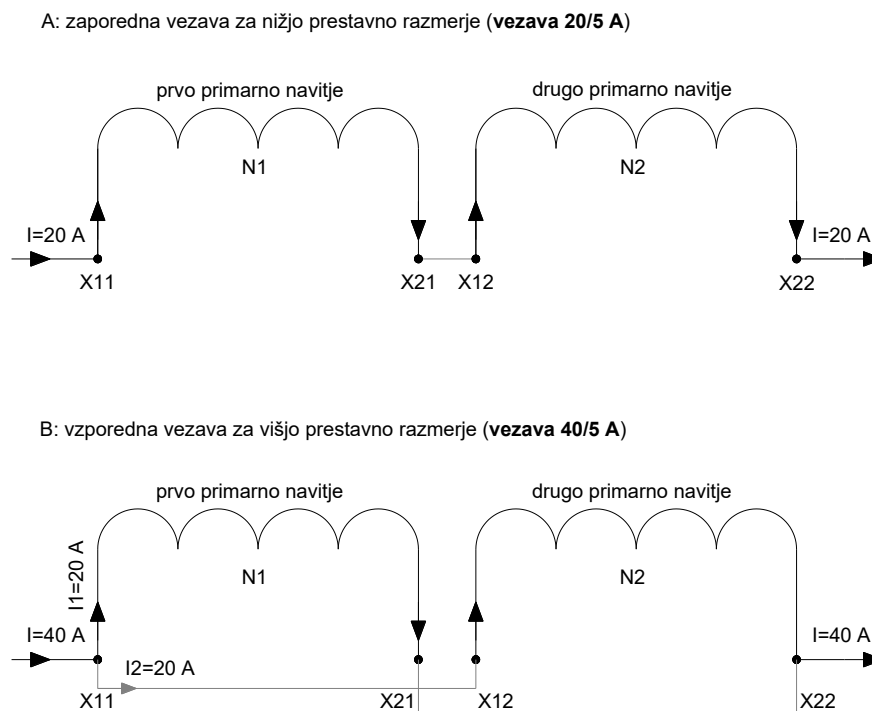
- F – zaščitna naprava
- X1 – priključitev na distribucijsko omrežje
- MTT – merilni tokovni transformator
- X2 – priključitev na naprave uporabnika sistema
- X3 – priključitev merilnih naprav električne energije

5.2 Priključitev SN merilnih tokovnih transformatorjev

Na merilnem mestu na srednji napetosti se lahko uporabi le MTT z dvema primarnima navitjema (primarno prevezljivi MTT). Navitji se lahko povežeta zaporedno ali vzporedno. Način vezave je določen v soglasju za priključitev.

Zaporedna vezava primarnih navitij se uporabi za nižjo prestavno razmerje, vzporedna vezava pa za višjo prestavno razmerje.

Vežalna shema primarno prevezljivih MTT je prikazana na sliki 4.



Slika 4: Vežalna shema primarno prevezljivih MTT

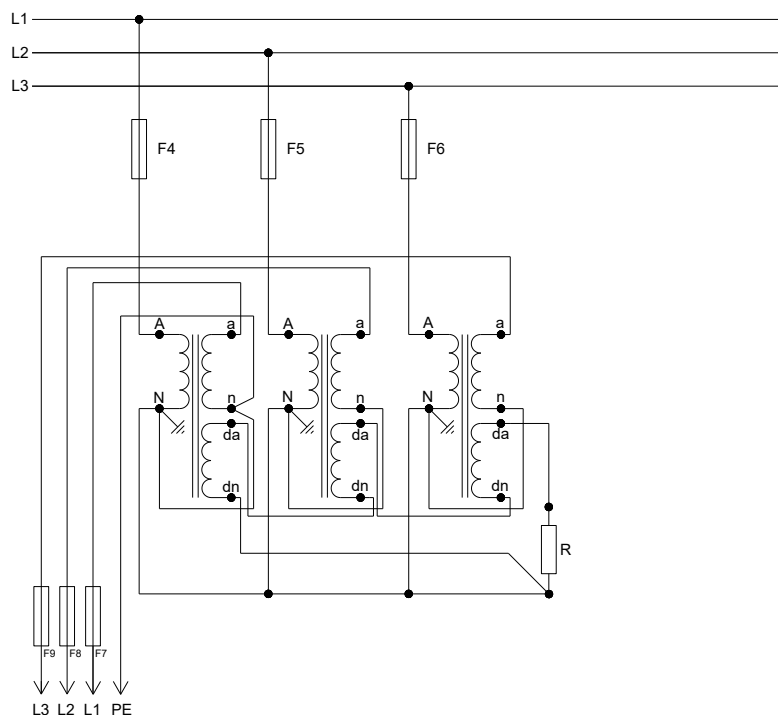
LEGENDA:

- X11 – začetek prvega primarnega navitja
- X21 – konec prvega primarnega navitja
- X12 – začetek drugega primarnega navitja
- X22 – konec drugega primarnega navitja

5.3 Priključitev SN merilnih napetostnih transformatorjev

Na merilnem mestu se lahko uporabi samo enopolno izolirani MNT. MNT mora biti na primarni strani zaščiten z ustrežno zaščitno napravo (varovalko), ki mora biti tako izbrana, da v primeru okvare MNT loči okvarjeni tokokrog pred ostalimi zaščitnimi napravami. MNT mora biti zaščiten z ustrežno varovalko tudi na sekundarni strani, ki mora biti plombirana. Upoštevati je potrebno selektivnost delovanja med posameznimi zaščitnimi napravami.

V primeru uporabe MNT z več sekundarnimi navitji je potrebno zaščitno navitje 100/3 V, ki ni uporabljeno za zaščitne namene, vezati v odprti trikotnik in ga zaključiti z uporom ustrezne upornosti $R\ (\Omega)$ in moči $P(W)$. Pri izbiri upora je potrebno upoštevati navodila proizvajalca MNT. Vežalna shema vezave upora v odprti trikotnik je prikazana na sliki 5.



Slika 5: Vezalna shema MNT za primer, ko zaščitno navitje 100/3 V ni uporabljeno za zaščitne namene

6 Ožičenje naprav merilnega mesta

Minimalni prerezi bakrenih vodnikov za ožičenje in dopustne impedance okvarnih zank tokokrogov merilnega mesta morajo ustrezati vrednostim v tabeli 3. Te vrednosti so skladne z uporabljenimi standardi SIST HD 60364-4-4, SIST HD 60364-4-43, SIST HD 60364-4-42, SIST HD 60364-5-54, SIST HD 60364-5-52 in delovnimi karakteristikami za taljive varovalke tipa z oznako gL/gG. Ožičenje je potrebno izvesti z bakrenimi vodniki tipa H07V-U (masivni vodnik) ali H07V-K (fino žični vodnik). V kolikor je izbran vodnik tipa H07V-K, morajo biti na koncih nameščeni ustrezni priključni tulci. Lahko se uporabi tudi kabel z opletom in masivnimi ali finožičnimi vodniki.

6.1 Ožičenje opreme merilnega mesta pri polindirektnem in indirektnem načinu merjenja

6.1.1 Ožičenje med merilnimi tokovnimi transformatorji in merilno priključno garnituro

Za ožičenje med merilnimi tokovnimi transformatorji (v nadaljevanju MTT) in merilno priključno letvijo (v nadaljevanju MPG) nameščeno v merilni omarici se uporabi tipiziran kabel z opletom in masivnimi ali finožičnimi vodniki.

Tipizirane zahteve za kabel za tokovne merilne vode:

- kabel z opletom in masivnimi ali finožičnimi vodniki,
- minimalno število vodnikov v kablu 7,
- presek vodnikov v kablu $2,5 \text{ mm}^2$,
- oštevilčenje vodnikov po celotni dolžini kabla.

Oplet kabla mora biti na eni strani ozemljen (praviloma na stani MTT).

V primeru uporabe kabla s finožičnimi vodniki je potrebno konce vodnikov na strani priključitve MPG opremiti z ustreznimi tulci dolžine 12 mm. Glede na tip priključnih sponk MTT je potrebno namestiti kabelske čevlje z ustrežno luknjo ali ustrezne tulce dolžine 12 mm.

Kabel mora biti položen v ustreznem instalacijskem kanalu ali cevi, v enem kosu in **ni dovoljena** uporaba vmesnih sponk.

Na osnovi potrebne dolžine kabla med MTT in MPG se v tabeli 1 izbere ustrezna nazivna moč MTT. Ostali podatki o MTT so predpisani v soglasju za priključitev. MTT morajo biti nameščeni tako, da je na sponko X1 priključen dovod iz distribucijskega omrežja, na sponko X2 pa odvod, ki je priključen na uporabnikovo (odjemalčevo ali proizvajalčevo) instalacijo.

Tabela 1: Izбира nazivne moči MTT v [VA] v odvisnosti od dolžine uporabljenih kablov

Zap.št.	Skupna dolžina kabla v [m]	Nazivna moč MTT za 0,4 kV [VA]	Nazivna moč MTT za 10, 20 in 35 kV [VA]
1	do 5	2,0 – 2,5	5
2	od 6 do 15	5,0 – 10,0	5-10
3	od 15 do 30	11,0 – 15,0	15

6.1.2 Ožičenje med merilnimi napetostnimi transformatorji in merilno priključno garnituro

Za ožičenje med napetostnimi merilnimi transformatorji (v nadaljevanju NMT) in zaščitnimi nad tokovnimi elementi v merilni celici (obvezna uporaba talilnih vložkov 10 A karakteristike gL/gG ali inštalacijske odklopnike B10) ter MPG v merilni omarici se uporabi tipiziran kabel z opletom in masivnimi ali finožičnimi vodniki.

Določilo velja tudi za polindirekten način priključitve večfunkcijskega števca.

Tipizirane zahteve za kable za napetostne merilne vode:

- kabel z opletom in masivnimi ali finožičnimi vodniki,
- minimalno število vodnikov v kablu je 4,
- presek vodnikov v kablu se določi na osnovi tabele 2,
- oštevilčenje vodnikov po celotni dolžini kabla.

Oplet kabla mora biti na eni strani ozemljen (praviloma na strani MNT).

V primeru uporabe finožičnega kabla je potrebno konce vodnikov pred montažo na MPG opremiti z ustreznimi tulci priključne dolžine 12 mm. Na strani MNT je potrebno namestiti kabske čevlje ali ustrezne tulce dolžine 12 mm (odvisno od tipa priključnice).

Kabel mora biti položen v ustreznem instalacijskem kanalu ali cevi, v enem kosu in ni dovoljena uporaba vmesnih sponk.

Glede na potrebno dolžino kabla med MNT in MPG se v tabeli 2 izbere ustrezen presek vodnikov. Ostali podatki o MNT so predpisani v soglasju za priključitev.

Tabela 2: Izбира preseka vodnikov v kablu v odvisnosti od dolžine kabla

Zap.št.	Skupna dolžina kabla [m]	Presek vodnikov v kablu [mm ²]
1	do 20	2,5
2	od 21 do 35	4
3	nad 36	6

6.1.3 Ožičenje med MPG in števcem na merilnem mestu

Za ožičenje med MPG in števcem se uporabi tipiziran kabel z opletom in finožičnimi vodniki.

Tipizirane zahteve za kabel za merilne vode so:

- kabel z opletom in finožičnimi vodniki,
- minimalno število vodnikov v kablu 12,

- presek vodnikov v kablu 2,5 mm²,
- oštevilčenje vodnikov po celotni dolžini kabla.

Na koncih vodnikov morajo biti nameščeni ustrezni bakreni tulci priključne dolžine:

- 12 mm na strani priključitve na MPG,
- 18 mm na strani priključitve na števec.

Kabel mora biti položen v instalacijskem kanalu.

7 Merilni tokokrogi in ozemljitve

7.1 Merilni tokokrogi

Primarni in sekundarni tokokrogi napetostnih transformatorjev morajo biti varovani pred kratkimi stiki. Zaščitne naprave je treba izbrati in namestiti tako, da je mogoče opaziti njihovo stanje. Zaščitne naprave sekundarnih tokokrogov je potrebno namestiti čim bližje merilnim napetostnim transformatorjem. Določilo za primarne tokokroge napetostnih transformatorjev iz prvega odstavka tega člena ni obvezujoče v SN stikališčih kjer so nameščene s plinom izolirane stikalne naprave.

Prezrez vodnikov merilnih tokokrogov mora biti izbran tako, da padec napetosti med sekundarnimi sponkami merilnega napetostnega transformatorja in priključnimi sponkami električnega števca, ni višji od:

- 0,1 % merilne napetosti pri razredu točnosti 0,5,
- 0,05 % merilne napetosti pri razredu točnosti 0,2.

7.2 Ozemljitve

Sekundarne tokokroge merilnih tokovnih transformatorjev je potrebno ozemljiti, praviloma sponke "s₁". Vodnik za ozemljitev mora imeti najmanjši prezrez Cu 4 mm² ali odgovarjajoči prezrez drugega materiala.

Za indirektno merjenje se uporabljajo enopolno izolirani merilni napetostni transformatorji, kjer je potrebno ozemljiti sponki »N« in »n«. Vodnik za ozemljitev mora imeti najmanjši prezrez Cu 4 mm² ali odgovarjajoči prezrez drugega materiala.

Kovinske dele merilnih transformatorjev, ki normalno niso pod napetostjo, je potrebno ozemljiti. Ozemljilni vodnik mora imeti prezrez najmanj 16 mm² Cu ali odgovarjajoči prezrez drugega materiala.

8 Prenapetostna zaščita merilnih in komunikacijskih naprav

8.1 Namen vgradnje prenapetostnih zaščitnih naprav

Namen vgradnje prenapetostnih zaščitnih naprav je zaščititi električno inštalacijo in merilno opremo pred udarnim razelektritvenim tokom strele.

Indukcijski in elektronski števci ter stikalne ure morajo ustrezati napetostnemu razredu IV in vzdržati udarne napetosti (oblika napetostnega vala 1,2/50 μs) med 6 in 8 kV. Eksterne komunikacijske naprave morajo ustrezati napetostnemu razredu III in vzdržati udarne napetosti do 4 kV (oblika napetostnega vala 1,2/50 μs).

Prilagoditev zaščitnega napetostnega nivoja najšibkejšemu elementu je zagotovljeno, če je izpolnjen pogoj:

$$U_p < 0,8 \times U_w$$

kjer pomeni:

- U_p - zaščitni napetostni nivo oziroma najvišja napetost, ki se pojavi na sponkah odvodnika prenapetosti v primeru prenapetostnega impulza točno določene oblike in amplitude, sočasno pa opisuje sposobnost omejevanja napetosti udarnega vala na nivo preostale vrednosti;
- U_w - izolacijska trdnost najšibkejšega vgrajenega elementa na mer. mestu (SIST EN 60664-1).

8.2 Nad tokovna zaščita prenapetostnih zaščitnih naprav

8.2.1 Vgradnja varovalk

Prenapetostne zaščitne naprave morajo biti varovane z nad tokovno zaščito zaradi možne preobremenitve naprav zaradi toka strele, ali pojava prenapetosti in s tem odvodnega toka zaradi enopolnega zemeljskega stika blizu transformatorja. Drugi razlog varovanja je možnost previsokega sledilnega toka, ki ga sam zaščitni element ne more prekiniti.

Kot nad tokovna zaščita zaščitnih naprav lahko služi obračunska glavna varovalka v primeru, ko njena nazivna vrednost ne presega kratkostične trdnosti zaščitne naprave. V nasprotnem primeru se vgradi dodatna varovalka.

Dodatne varovalke za prenapetostne zaščitne naprave morajo vzdržati najvišjo možno energijo udarnega toka strele proti zemlji tako, da ne prekinajo odvodne poti, zato je potrebno vgrajevati varovalke z najvišjim nazivnim tokom, ki ga predpiše proizvajalec prenapetostne zaščitne naprave.

Pri izbiri varovalk je potrebno upoštevati selektivnost. Da dosežemo selektivnost delovanja nad tokovne zaščite pri pojavu kratkega stika preko prenapetostne zaščitne naprave, je potrebno upoštevati razmerje **1,6:1**. Glavne varovalke morajo biti vsaj za dve stopnji višje od varovalk za prenapetostno zaščito.

8.3 Zahteve za prenapetostne zaščitne naprave

Prenapetostne zaščitne naprave za zaščito merilne opreme pred direktnimi in delnimi direktnimi udari strele tipa 1, 2 (SIST EN 61643-11) morajo ustrezati standardom SIST EN 62305-3, SIST EN 62305-4, SIST EN 60664-1, SIST EN 61643-11. Konstrukcija odvodnika mora omogočati montažo na klobučno letev širine 35 mm (SIST EN 60715). Razred po SIST EN 61643-11 T1 in T2.

Izpolnjevati pa morajo še naslednje zahteve:

8.3.1 Prenapetostne zaščitne naprave za priključitev na fazne vodnike v sistemu TN in TT

- zaščitni element:
 - varistor brez sledilnega toka I_F ,
 - ali plinski odvodnik (iskrišče) s samo ugasljivim sledilnim tokom I_F brez izpuha;
- maksimalna delovna napetost U_c :
 - ≥ 320 V AC za priključitev na nazivno napetost 230 V,
 - ≥ 150 V AC za priključitev na nazivno napetost 58 V,
- nazivni odvodni tok $I_n(8/20\mu s)$: $\geq 12,5$ kA;
- maksimalni odvodni tok $I_{max}(8/20\mu s)$: ≥ 60 kA;
- maksimalni odvodni tok $I_{imp}(10/350\mu s)$: $\geq 12,5 (25)^*$ kA;
- odzivni čas t_A :
 - ≤ 25 ns za varistorje in
 - ≤ 100 ns za plinske odvodnike;
- zaščitni nivo Up : < 1500 V (12,5 kA); 1800 V (25 kA)*
- temperaturno območje delovanja: -25°C do $+60^\circ\text{C}$.

Opomba (*) *: velja za območje z visoko intenziteto udarov strel.

8.3.2 Za galvansko ločitev med vodnikoma N in PE v sistemu TT

- zaščitni element: plinski odvodnik (iskrišče) brez izpuha;
- maksimalna delovna napetost U_c : 230 V AC;
- nazivni odvodni tok $I_n(8/20\mu s)$: ≥ 20 kA;

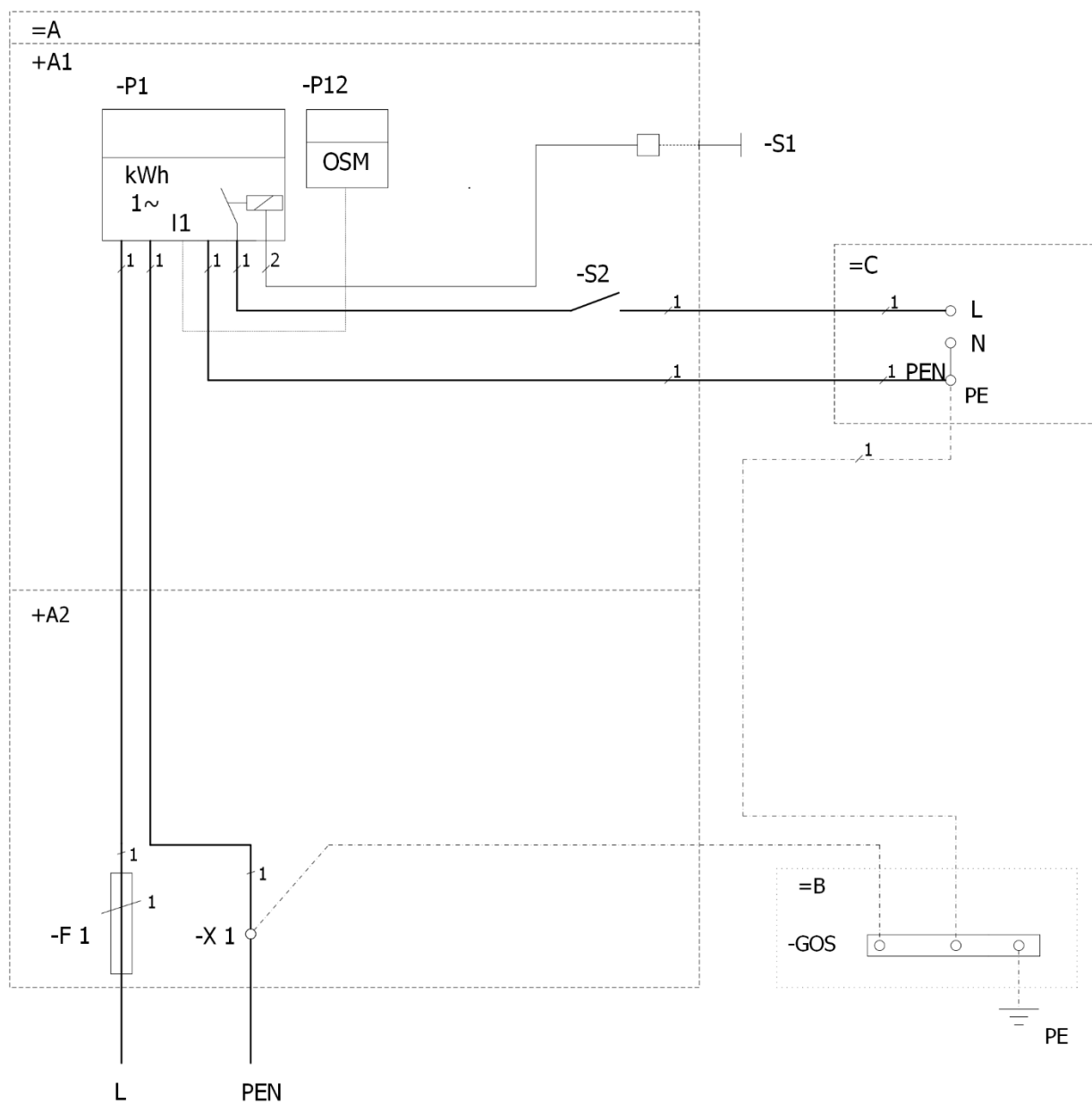
- maksimalni odvodni tok I_{max} (8/20 μ s): ≥ 80 kA;
- maksimalni odvodni tok I_{imp} (10/350 μ s): $\geq 50/100$ kA
- sledilni tok: samougasljiv;
- odzivni čas t_A : < 100 ns;
- zaščitni napetostni nivo Up : < 1500 V (12,5 kA); 1800V (25 kA)*.

Zaščitni elementi morajo biti izvedeni z možnostjo menjave prenapetostnega modula tako, da ostane ohišje na pritrdilni letvi (modularna izvedba).

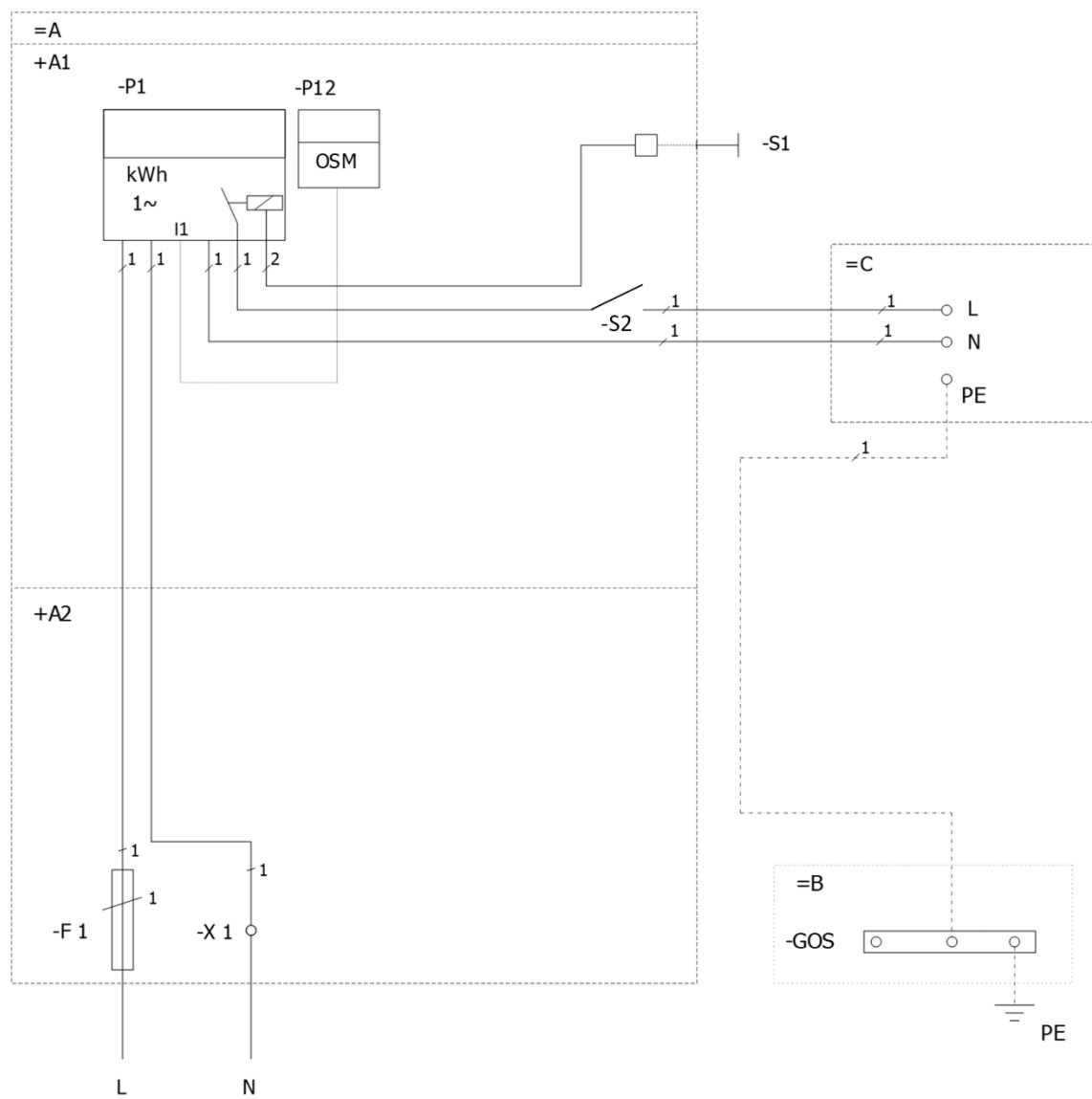
Opomba ()*: velja za območje z visoko intenziteto udarov strel.

9 Enopolne sheme izvedb merilnih mest uporabnikov omrežja

9.1 Izvedba 1: Direktno, nizkonapetostno, 1 fazno

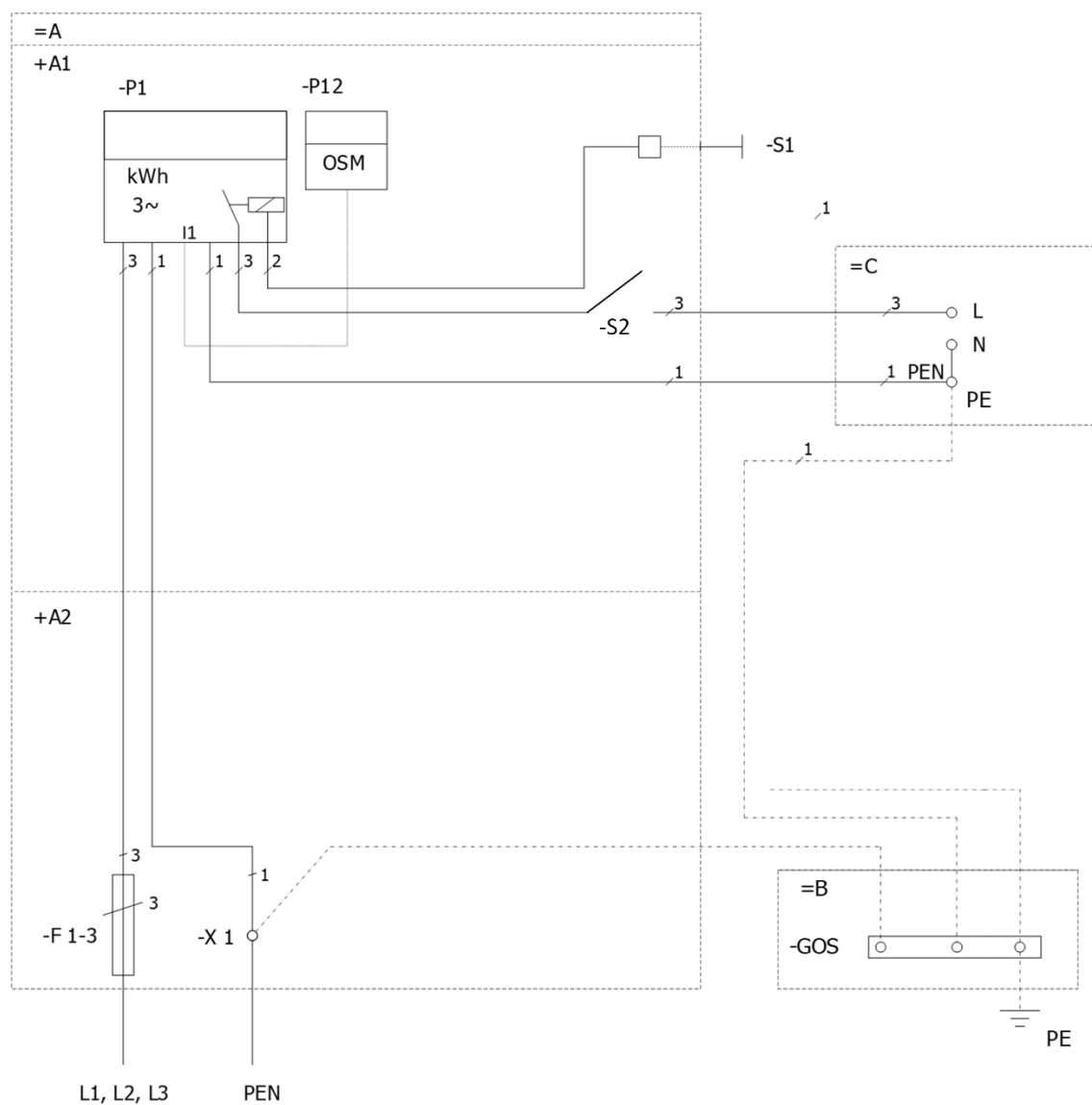


Slika 6: Izvedba 1, sistem TN, z varovalko in stikalno napravo za omejevanje toka

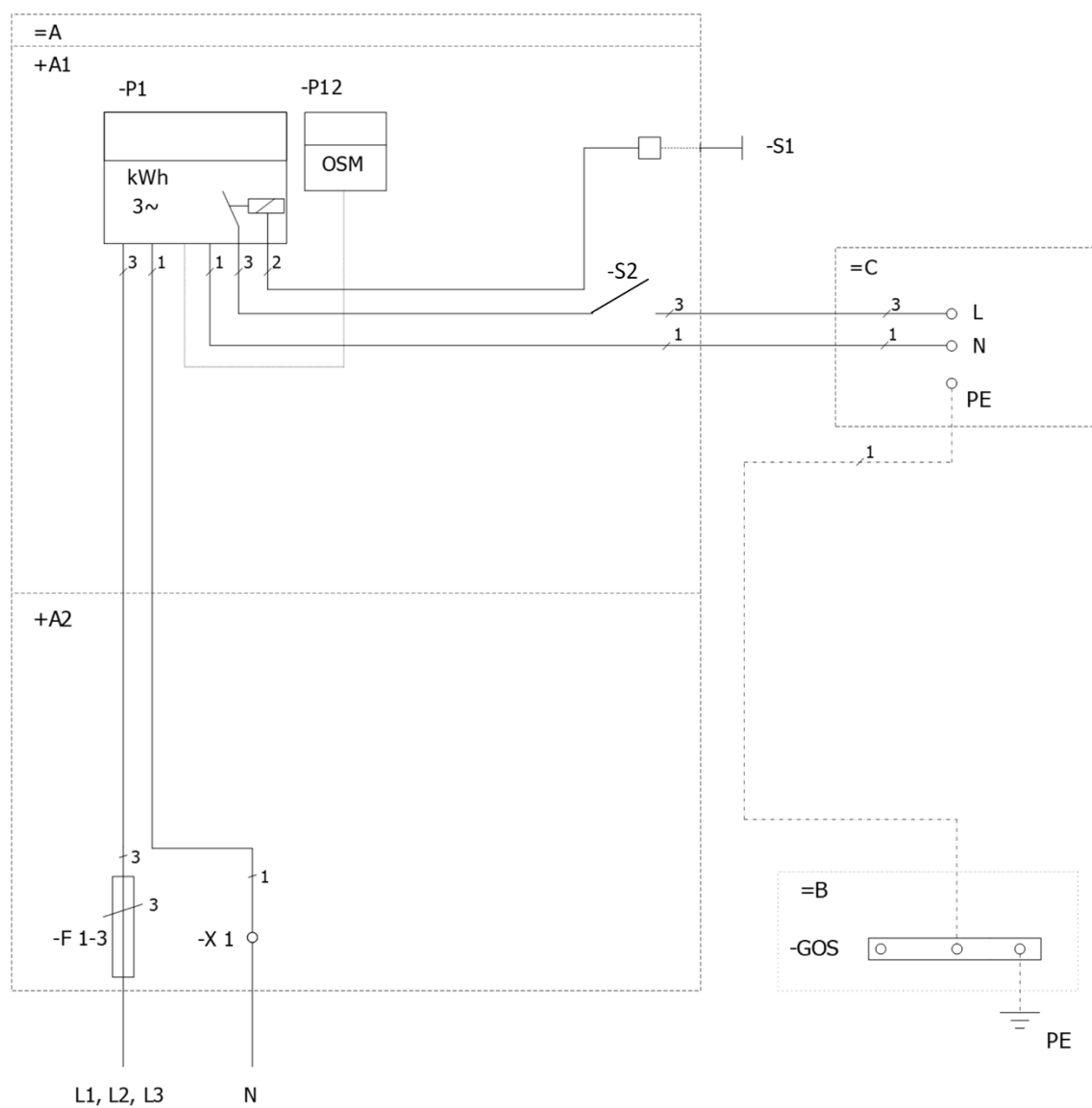


Slika 7: Izvedba 1, sistem TT, z varovalko in stikalno napravo za omejevanje toka

9.2 Izvedba 2: Direktno, nizkonapetostno, 3 fazno

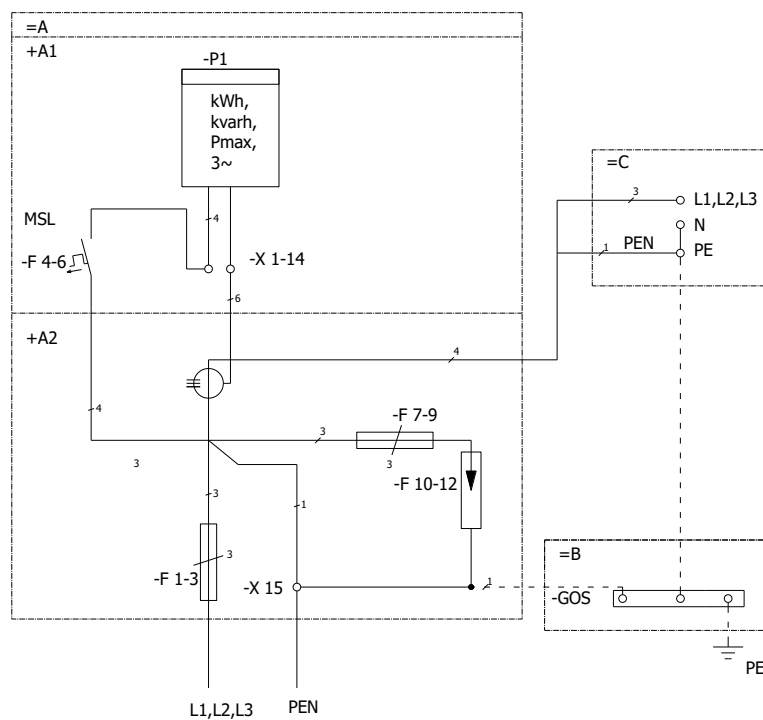


Slika 8: Izvedba 2, sistem TN, z varovalkami in stikalno napravo za omejevanje toka



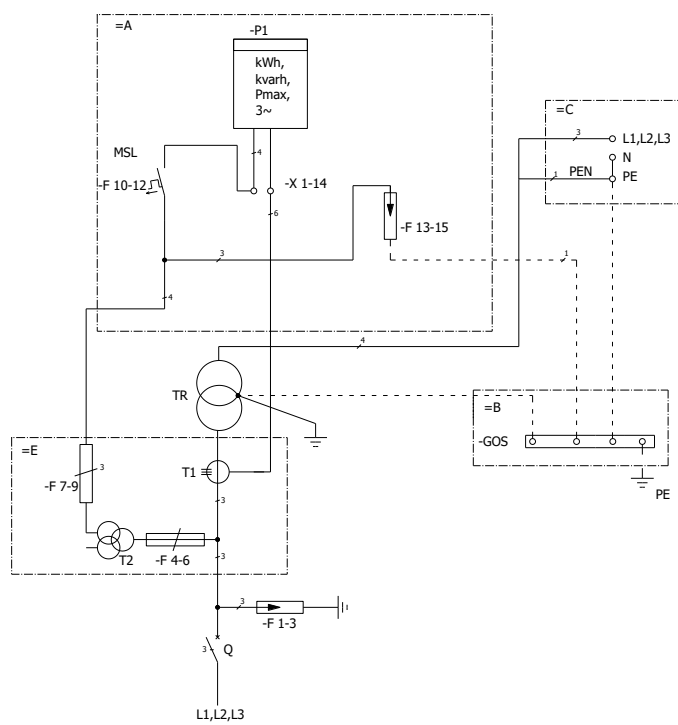
Slika 9: Izvedba 2, sistem TN, z varovalkami in stikalno napravo za omejevanje toka

9.3 Izvedba 3: Polindirektno, nizkonapetostno, 3 fazno



Slika 10: Izvedba 3

9.4 Izvedba 4: Indirektno, srednje napetostno, 3 fazno, 4 vodno

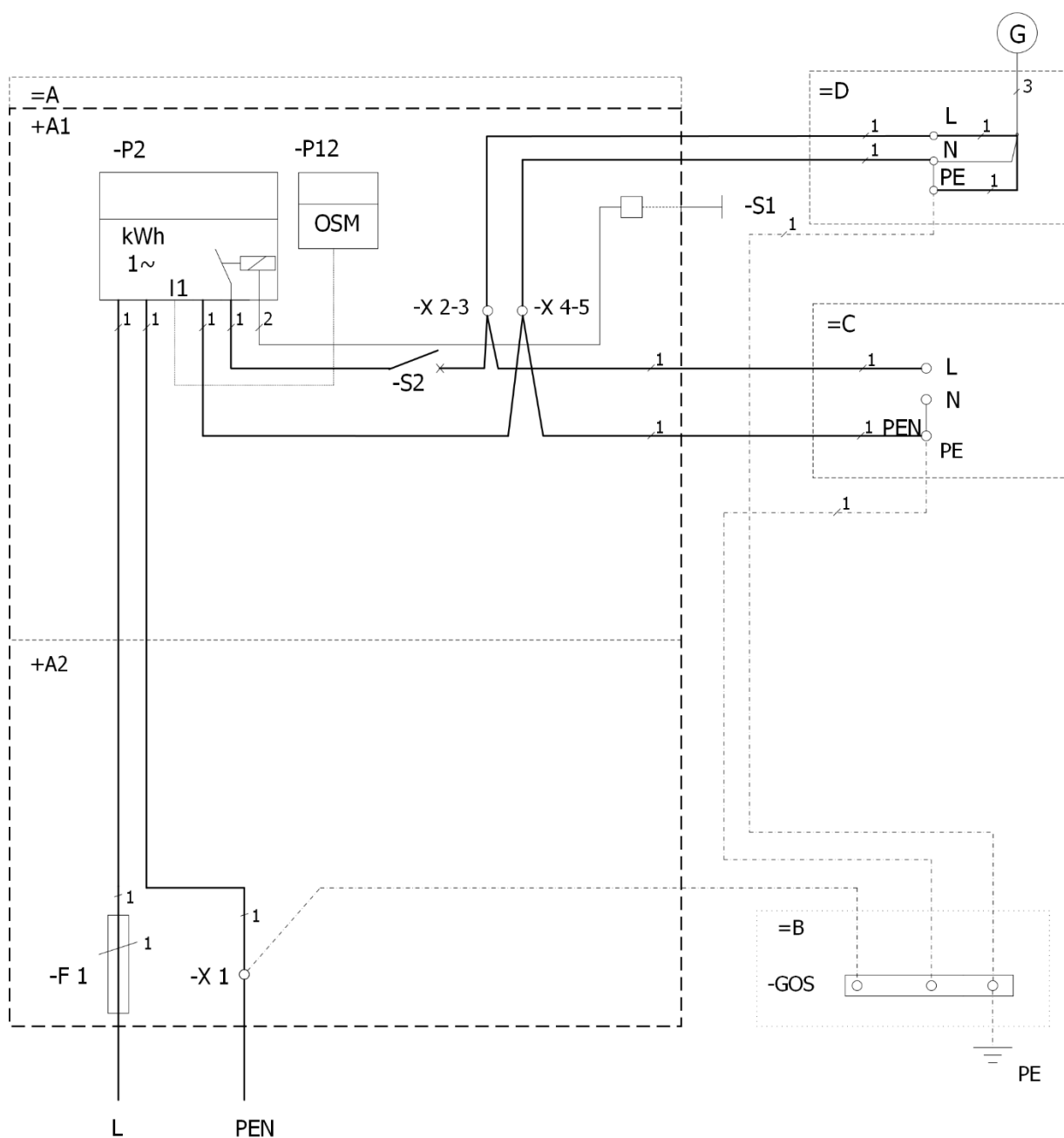


Slika 11: Izvedba 4

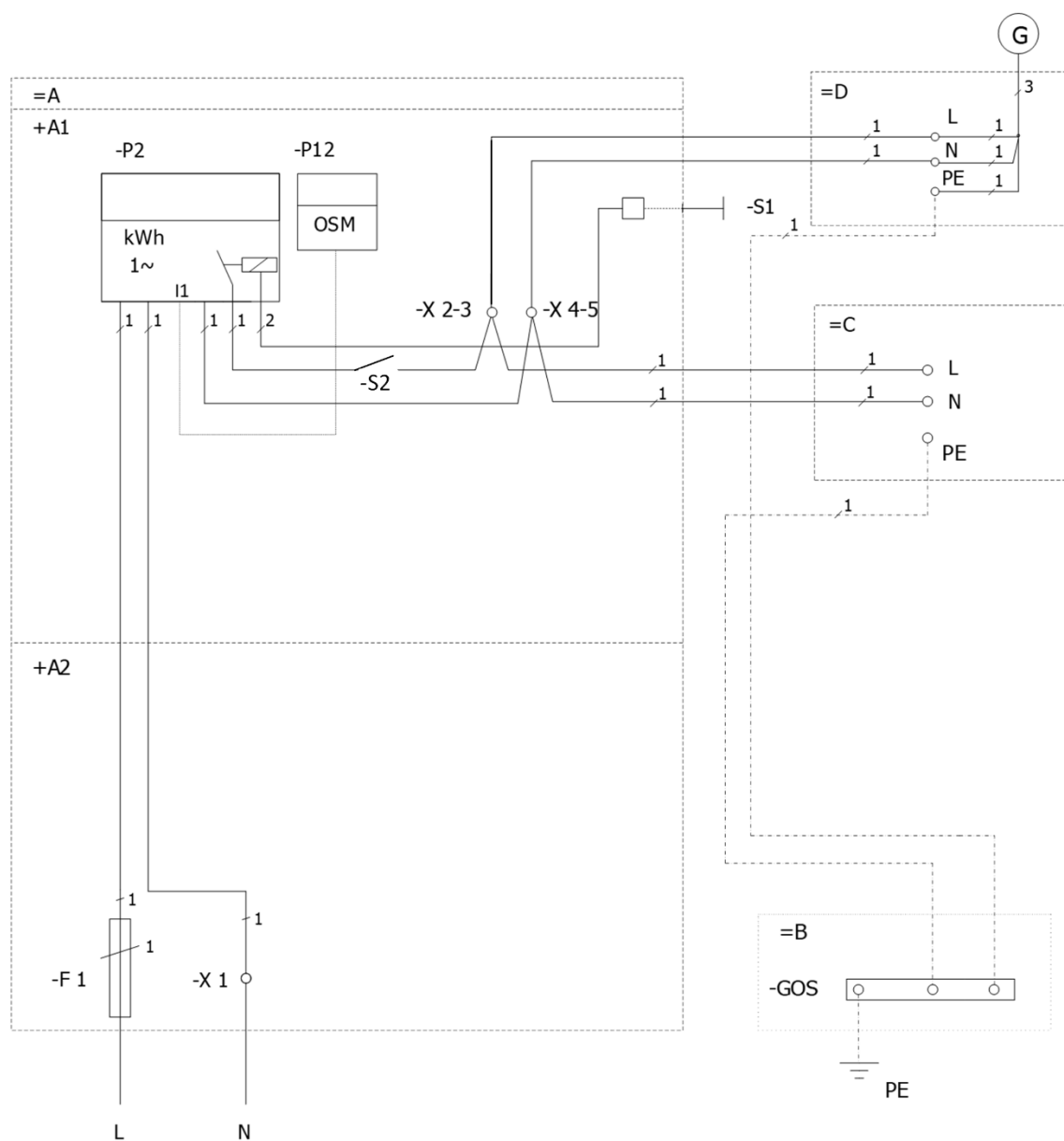
10 Enopolne sheme izvedb merilnih mest proizvodnih naprav

10.1 Merilna mesta proizvodnih naprav z direktnim načinom merjenja

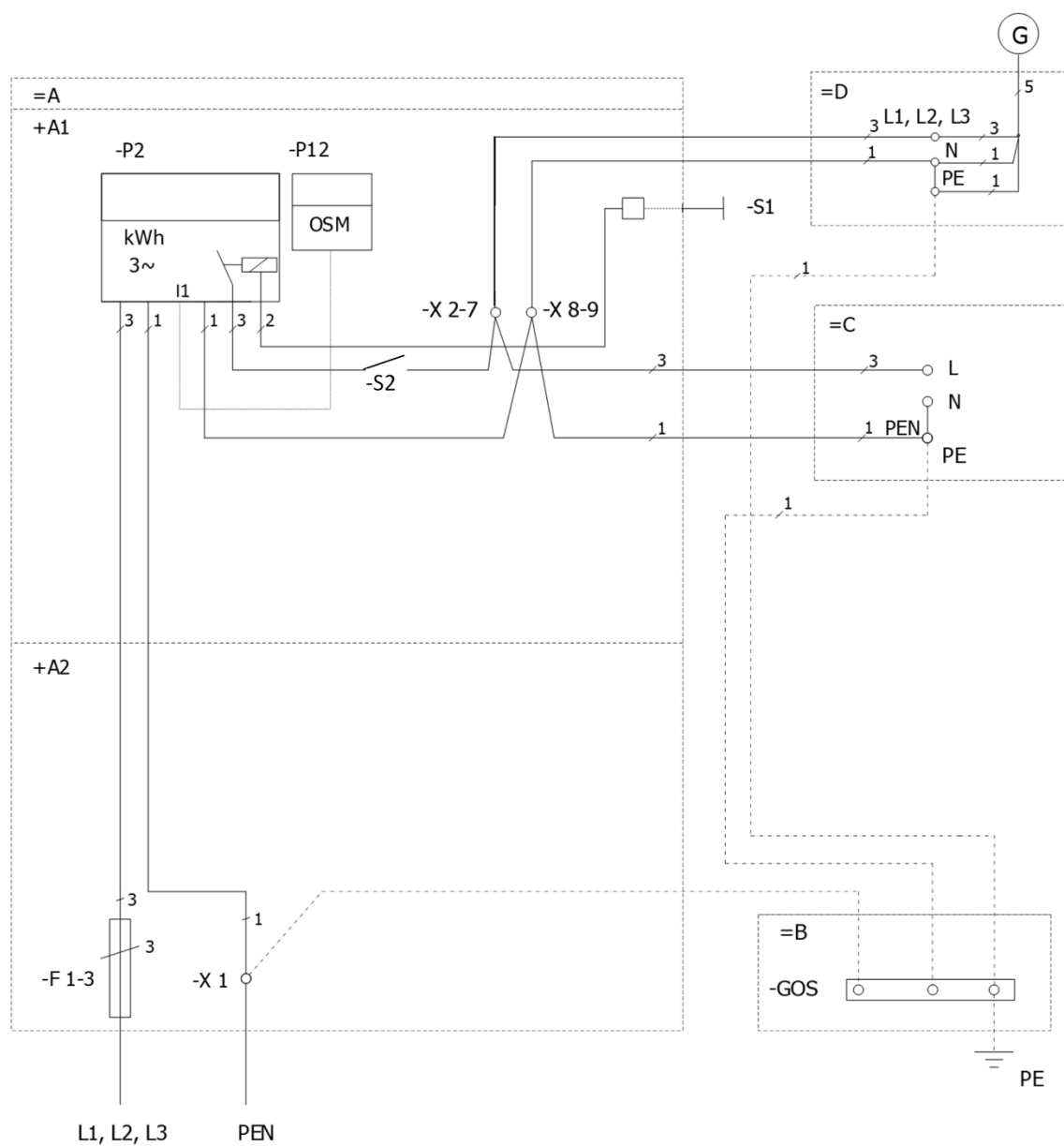
1. Izvedba 1 (shema priključitve: PS 1B in PS.3A):



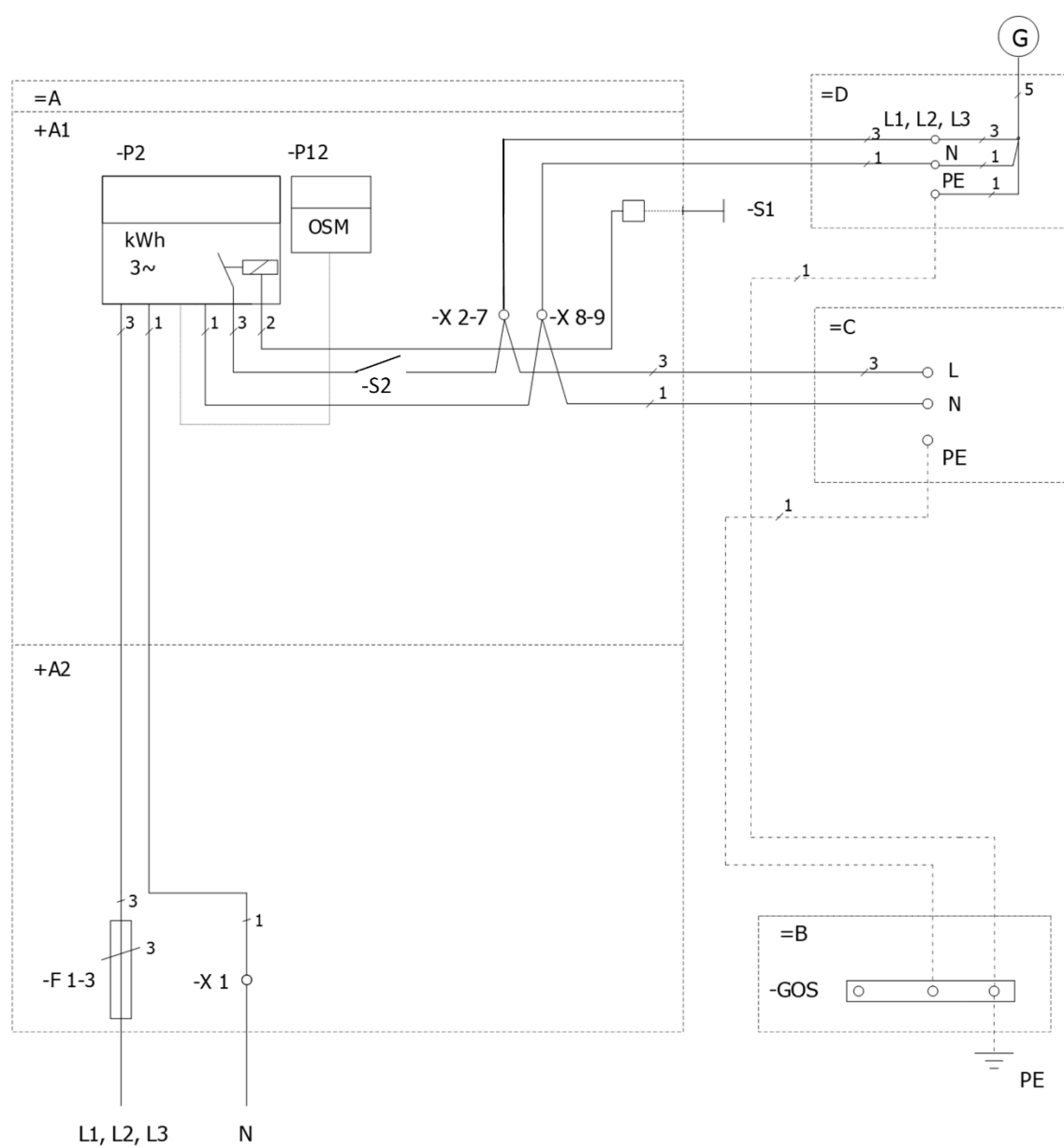
Slika 12: Izvedba 1, enofazno, sistem TN, z varovalko in stikalno napravo za omejevanje toka



Slika 13: Izvedba 1, enofazno, sistem TT, z varovalko in stikalno napravo za omejevanje toka

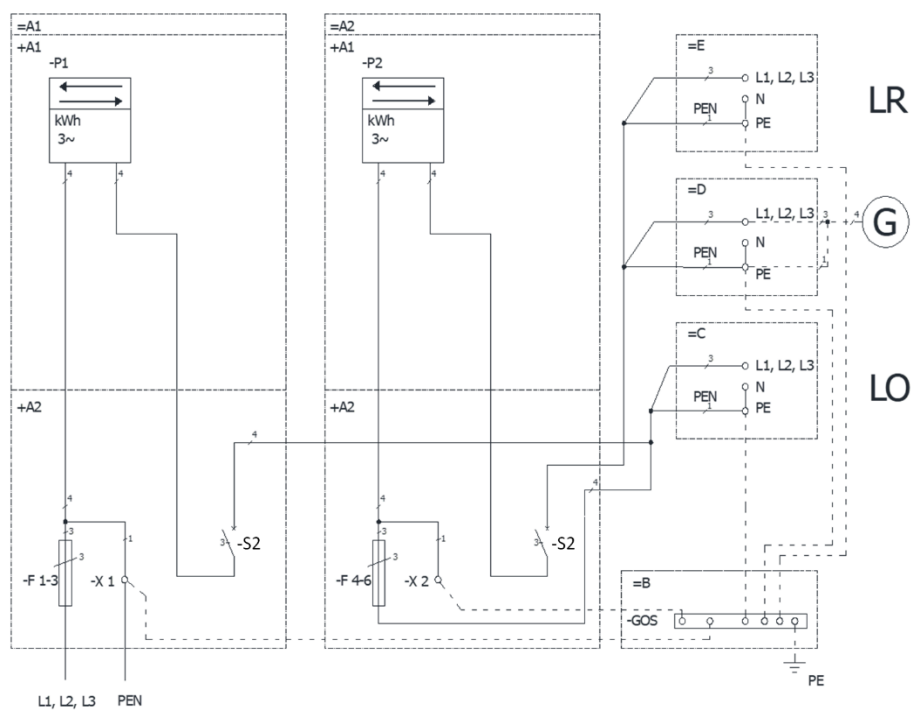


Slika 14: Izvedba 1, trifazno, sistem TN, z varovalkami in stikalno napravo za omejevanje toka



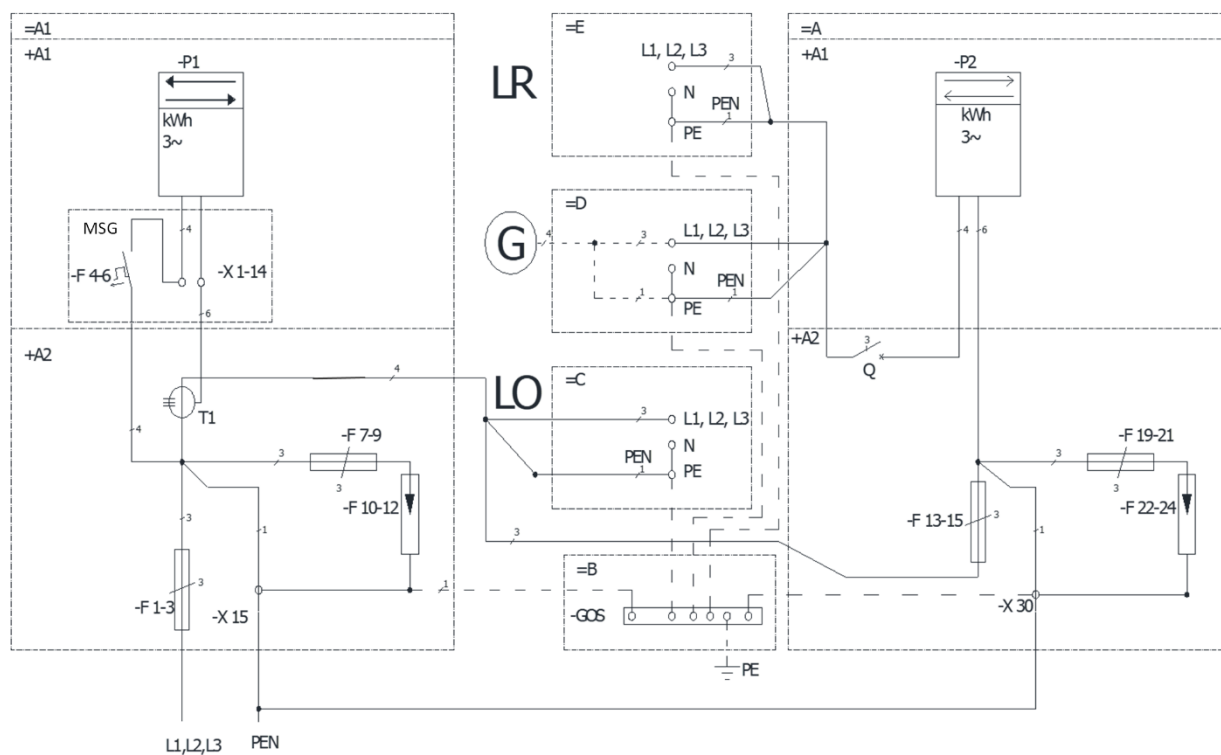
Slika 15: Izvedba 1, trifazno, sistem TT, z varovalko in stikalno napravo za omejevanje toka

2. Izvedba 2 (shema priključitve: PS.2):



Slika 16: Direktni način, izvedba 2, shema priključitve PS.2

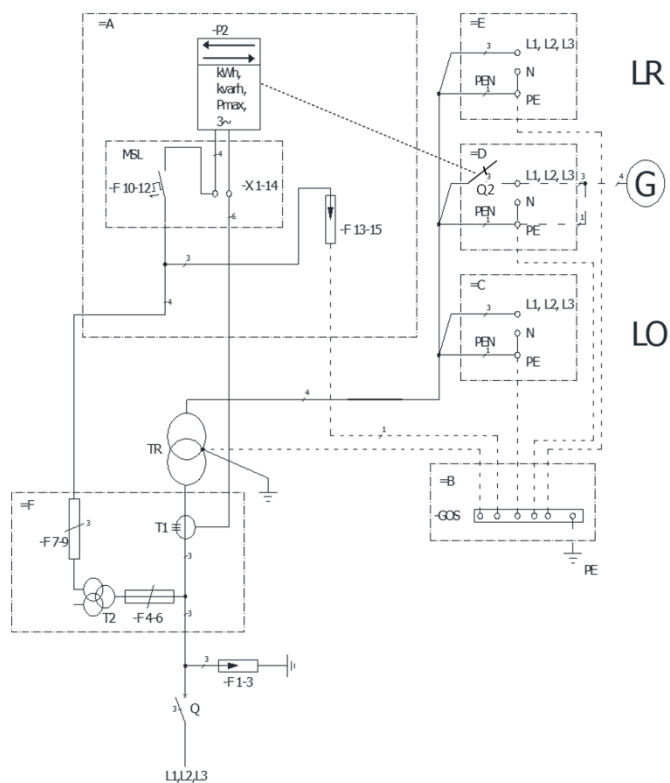
3. Izvedba 3 (shema priključitve: PS.2)



Slika 19: Polindirektni način, izvedba 3, shema priključitve PS.2

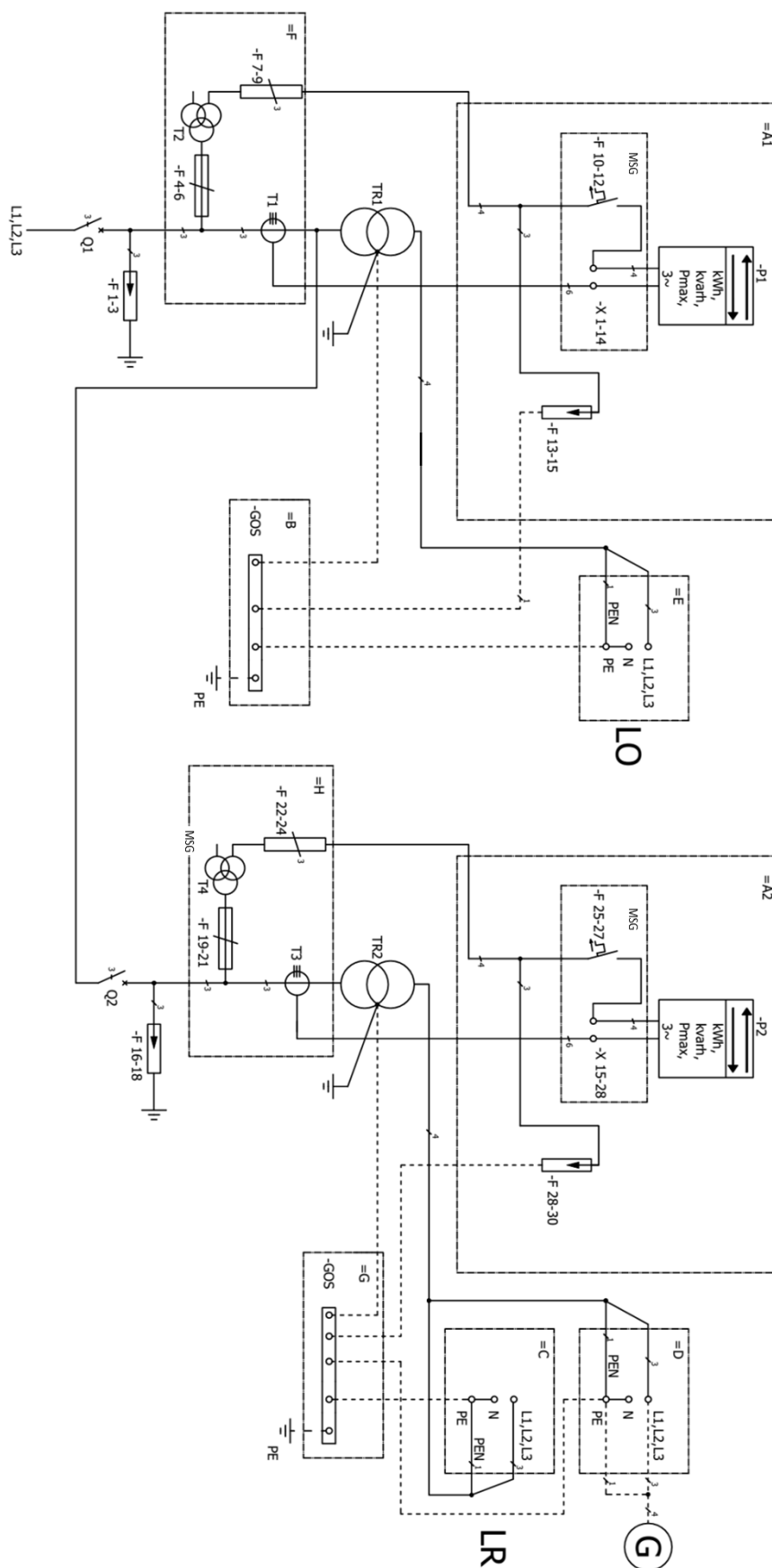
10.3 Merilna mesta proizvodnih naprav z indirektnim načinom merjenja

1. Izvedba 1 (shema priključitve PS.1)



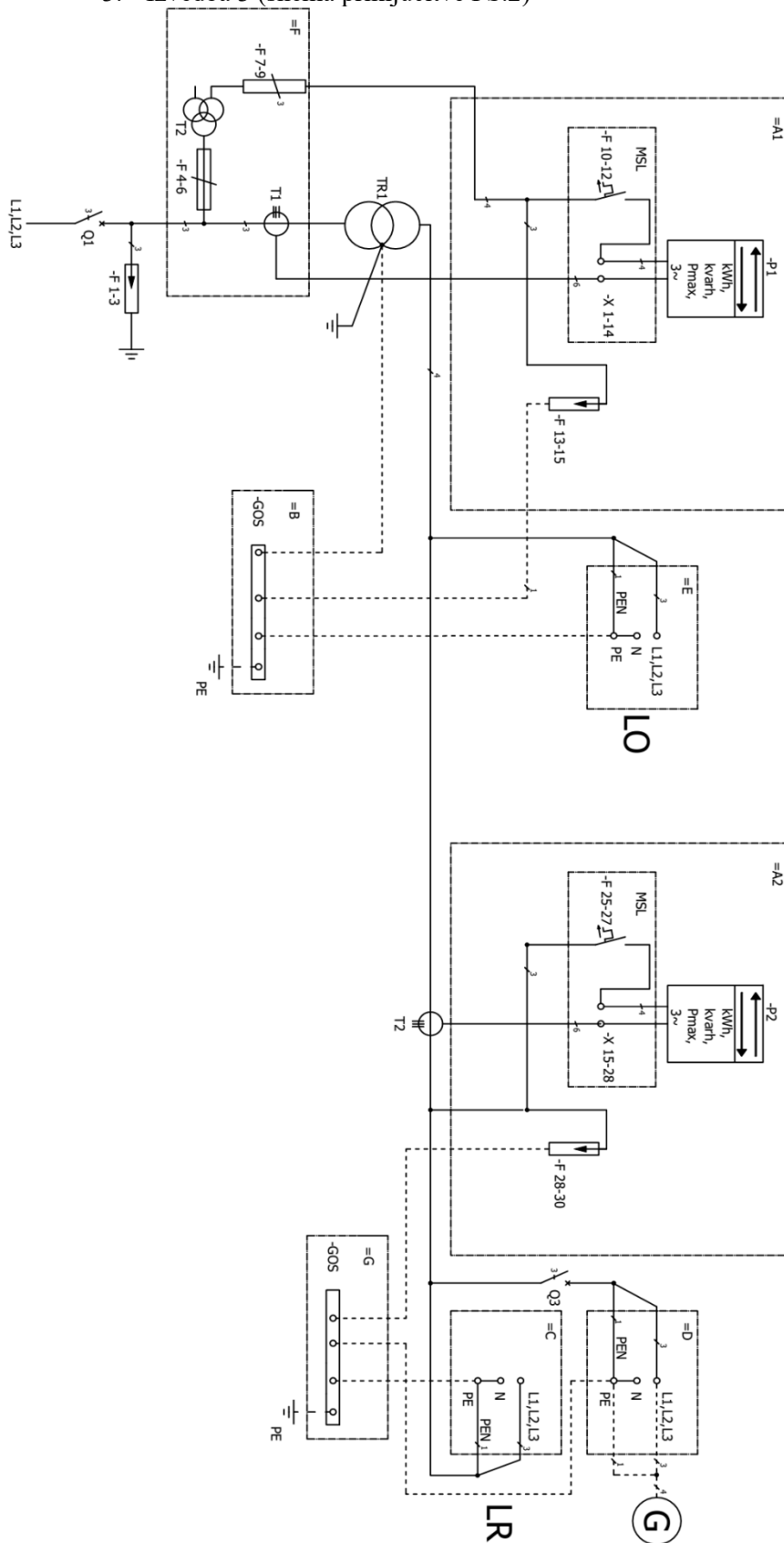
Slika 20: Indirektni način, izvedba 1, shema priključitve PS.1

2. Izvedba 2 (shema priključitve PS.2)



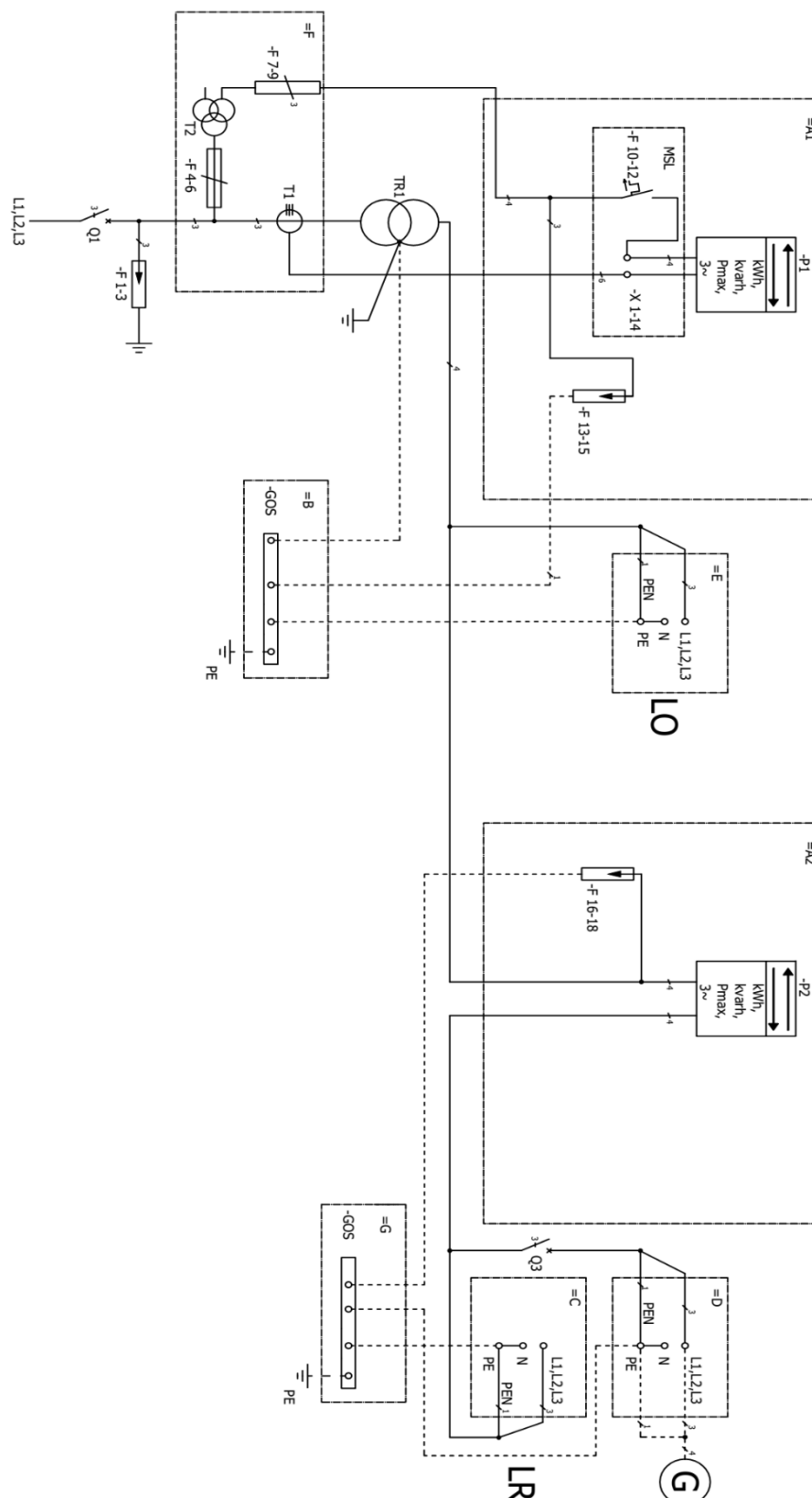
Slika 21: Indirektni način, izvedba 2, shema priključitve PS.2

3. Izvedba 3 (shema priključitve PS.2)



Slika 22: Indirektni način, izvedba 3, shema priključitve PS.2

4. Izvedba 4 (shema priključitve PS.2)



Slika 23: Indirektni način, izvedba 4, shema priključitve PS. 2

Opomba: Dejanske izvedbe merilnih mest proizvodnih naprav se lahko razlikujejo od predstavljene v tem poglavju v določenih podrobnostih v odvisnosti od moči elektrarne, moči lastne rabe, vrste (enofazni – trifazni) in sistema TT ali TN.

11 Vplivi na okolje

Vsa uporabljena oprema in naprave mora biti opremljena z znakom CE, kar pomeni, da naprave in oprema merilnega mesta ne vplivajo na uporabnike sistema in okolje.

To opredeljujejo Zakon o splošni varnosti proizvodov, Pravilnik o elektromagnetni združljivosti, Pravilnik o omogočanju dostopnosti električne opreme na trgu, ki je načrtovana za uporabo znotraj določenih napetostnih mej.

11.1 Odpadki

Na merilnem mestu lahko pride do odpadka opreme, v primerih okvare ali neizpolnjevanja zahtev merilne opreme v skladu z Zakonom o meroslovju in pravilnika o vzdrževalnih delih.

Sestavi merilnega mesta ne predstavljajo nevarnih odpadkov, lahko pa so posamezni sestavni deli naprav posebni odpadki, npr.: elektronska oprema, prikazovalnik, baterija, izolacijska olja merilnih transformatorjev in niso prisotni v velikih količinah.

Ravnanje z odpadki mora biti v skladu z veljavno zakonodajo in pomeni zbiranje, prevoz, predelava in odstranjevanje odpadkov, vključno z nadzorom nad takimi postopki. Predelava je vsak postopek predelave odpadka v skladu s predpisom, ki ureja ravnanje za posamezno vrsto odpadka.

Odpadna merilna oprema se zbira in skladišči pred razgradnjo tako, da ne pride do mehanskih poškodb ali drugače uniči, onesnaži ali ogroža okolje in omogoča njeno predelavo.

12 Vzdrževanje

Vzdrževanje merilnih mest se izvaja v skladu z Pravilnikom o vzdrževanju elektroenergetskih postrojev in Navodili za vzdrževanje distribucijskega elektroenergetskega omrežja.

Kontrola števecv električne energije in merilnih transformatorjev se izvaja v skladu z zahtevami Zakona o meroslovju, Pravilnika o overitvah števecv električne energije, Navodila za izvedbo statističnega vzorčenja števecv električne energije, Sistemskih obratovalnih navodil SONDSEE.

Menjava števecv električne energije se lahko izvaja tudi pod napetostjo. Uporabiti se morajo potrjeni in odobreni postopki dela za »delo pod napetostjo«.

Skladiščenje merilne opreme pri temp. - 40°C do + 85°C.

13 Prerezi Cu vodnikov pri direktnem načinu merjenja

Tabela 3: Minimalni prerezi Cu vodnikov za ožičenje in dopustne impedance okvarnih zank glede na naznačeno vrednost naprav za omejevanje toka in sistem TN, TT

Obračunski element (glavne taljive varovalke)	Dopustne impedance okvarnih zank pri uporabi taljivih varovalk tipa gL/gG za t<5s			Minimalni prerezi Cu vodnikov za ožičenje [mm²]					
Naznačen tok obračunskega elementa [A]	Minimalni tok K. S. [A]	Maksimalna impedanca okvarne zanke Z _s [Ω]	Čas odklopa K. S.	L ₁ , L ₂ , L ₃	TN-S		TN-C	TT	
					N	PE	PEN	N	PE
16	72	3,1	<5s	6	6	6	10	6	6
20	88	2,5	<5s	6	6	6	10	6	6
25	120	1,8	<5s	6	6	6	10	6	6
35	173	1,3	<5s	10	10	10	10	10	10
50	260	0,8	<5s	16	16	16	16	16	16
63	351	0,6	<5s	25	25	16	25	25	16