

mr. sc. Saša Kraljević, dipl. ing. el.
HEP – ODS d.o.o., Elektrodalmacija Split
sasa.kraljevic@hep.hr

Iva Čačić, dipl. ing. el.
HEP – ODS d.o.o., Zagreb
iva.cacic@hep.hr

Renato Čučić, dipl. ing. el.
HEP – ODS d.o.o., Elektroprimorje Rijeka
renato.cucic@hep.hr

TEHNIČKO RJEŠENJE PRIKLJUČKA ELEKTRANE NA NISKONAPONSKU MREŽU

SAŽETAK

Tehničko rješenje priključka elektrane na niskonaponsku (NN) mrežu u načelu obuhvaća priključno-mjerni ormarić (PMO) i priključni vod od PMO do postojeće niskonaponske mreže. Ovaj referat daje načela po kojima se izvode priključci elektrana na NN mrežu i koja su osnova za buduću gransku normu.

U referatu je dana osnovna podjela tehničkih rješenja priključka elektrane na NN mrežu, uvažavajući osnovnu podjelu prema priključnoj snazi elektrane, uređaju za odvajanje u PMO, mjestu priključka te mjestu izgradnje elektrane. Data su načela koja mora zadovoljiti priključak elektrane na NN mrežu, kao i shematski prikaz osnovnih rješenja priključka elektrana na mrežu. Detaljnije su objašnjene komponente kojih nema kod priključenja potrošača. Prikazani su i primjeri izvedbe PMO. Konačno, naznačeni su uočeni problemi čijem se rješavanju valja posvetiti.

Ključne riječi: elektrana, priključenje na NN mrežu, priključno mjerni ormar (PMO), obnovljivi izvori energije (OIE)

TECHNICAL SOLUTIONS OF POWER PLANT CONNECTIONS INTO LOW VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORK

SUMMARY

Technical solution of power plant connection to low-voltage (LV) network, in principle, includes connecting-metering cabinet (CMC) and the connecting power cable from the CMC to the existing low-voltage network. This paper gives the principles of power plant connections into the LV network and which are the basis for future branch technical standard.

Main classification of technical solutions of low-voltage network connection is given in this paper, taking into account the basic division according to power plant connecting power, switchgear disconnecting device in CMC, the connection point and the point of building the plant. The principles that must be satisfied by power plant connection to LV network, as well as schematic representation of the basic solutions of power plant connection to network. Components that are not included in consumers connection are more detailed explained. Some examples of CMC are shown. Finally, identified problems, whose resolution should be paid further attention are indicated.

Key words: power plant, LV network connection, connecting-metering cabinet (CMC), renewable energy sources (RES)

1. UVOD

U proteklih nekoliko godina broj elektrana koje se priključuju na niskonaponsku mrežu naglo je porastao, a u narednom razdoblju očekuje se još intenzivniji rast. Stoga je definiranje odgovarajućih tehničkih rješenja i standardizacija priključaka, nakon stečenog iskustva iz proteklog razdoblja, od posebne važnosti kako za operatora distribucijskog sustava tako i za proizvođače.

Prvi dokument koji se bavio problematikom priključka malih elektrana na distribucijsku mrežu je Bilten HEP-a, Tehnički uvjeti za priključak malih elektrana na elektroenergetski sustav Hrvatske elektroprivrede [1].

Zakonski okvir iz kojega se izvodi kompletna legislativa za priključenje distribuiranih izvora donesen je Zakonom o energiji [2] i Zakonom o tržištu električne energije [3]. Na osnovi tih zakona doneseni su Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom [4] i Mrežna pravila elektroenergetskog sustava [5]. Zakonski okvir za priključenje obnovljivih izvora je dovršen usvajanjem dva pravilnika: Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije [6] i Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije [7].

Zbog operacionalizacije priključenja na mrežu HEP-a u cilju usklađivanja uhodanih postupaka po zatečenim propisima [4] i [5] s novodonesenim poticajnim propisima, donesen je u srpnju 2008. godine, „Naputak za primjenu važećih zakona i pravilnika glede uspostavljanja priključka obnovljivih izvora električne energije i kogeneracije na distribucijsku i prijenosnu mrežu“ [8].

Mrežnim pravilima [5] je definirana podjela elektrana koje se priključuju na distribucijsku mrežu. Prema nazivnom naponu priključka, na one priključene na mrežu niskog napona i elektrane priključene na mrežu srednjeg napona. Prema nazivnoj snazi elektrane, na elektrane veće od 5 MW, elektrane manje ili jednake 5 MW i mikroelektrane do 30 kW.

Tema ovog referata su elektrane nazivne snage do 500 kW, jer je to granica za priključenje elektrana na NN prema Mrežnim pravilima [5].

2. TEHNIČKO RJEŠENJE PRIKLJUČKA

Priključak čini skup električnih uređaja i vodova do uključivo obračunskog mjernog mjesta, kojim se građevina proizvođača priključuje na mrežu [5]. Dakle, priključak je električna poveznica PMO i postojeće mreže. Priključak u načelu čine priključni vod i priključno mjerni ormar u kojem je smještena mjerna i rastavna oprema. Svaki priključak mora imati priključno-mjerni ormar, ali ne mora imati priključni vod (slučaj priključka na NN sabirnice).

Tehničko rješenje priključka ne smije komplicirati vođenje mreže, tj. treba pojednostaviti postojeću elektroenergetsku mrežu. Kriterij izbora tehničkog rješenja priključka je optimalno uklapanje priključka u postojeću elektroenergetsku mrežu, donoseći unaprijeđenja postojećoj mreži (konfiguracija i pogon).

Tehnička rješenja priključka trebaju zadovoljiti slijedeća načela:

- Elektrana svojim priključenjem ne smije umanjiti stečena prava postojećih korisnika mreže
- Svaka elektrana mora imati priključak čija realizacija neće ovisiti o realizaciji priključaka drugih korisnika mreže (svaka svoj priključak).
- Kumulativ priključnih snaga elektrana na jednom NN izvodu smije iznositi maksimalno 100 kW
- Priključna snaga pojedine elektrane priključene na NN ne smije biti veća od 500 kW
- daljinsko upravljanje prekidačem za odvajanje ima funkciju daljinskog uklapanja nakon isključenja prekidača za odvajanje zbog prorade zaštite. Dakle, kriterij za uvođenje prekidača za odvajanje u SDV je otežan pristup prekidaču za odvajanje (npr. nedostupan teren veći dio godine – planinski kraj, odsječen rijekom i sl.). Inače se ugrađuje prekidač za odvajanje s mogućnošću daljinskog upravljanja, ali se ova mogućnost za sada ne koristi.

2.1. Podjela tehničkih rješenja priključaka

Elektrana se priključuje na distribucijsku mrežu na najpogodnijem mjestu sa stajališta uvjeta u mreži, obično u neposrednoj blizini mjesta izgradnje elektrane, uz uvažavanje tehničkih karakteristika elektrane (priključna snaga, vrsta elektrane).

Osnovna podjela elektrana je prema priključnoj snazi elektrane, uređaju za odvajanje, načinu obračunskog mjerenja, mjestu priključenja te izvedbi susretnog postrojenja.

Prema Biltenu br. 66 [1], „Mrežnim pravilima“ [5], odnosno „Naputku“ [8], definirana je podjela tehničkih rješenja priključka elektrana na NN mrežu i prikazana je u tablici I.

Tablica I. Podjela tehničkih priključaka na NN mrežu

	Priključna snaga elektrane (uključivo)	Uređaj za odvajanje	OMM	Mjesto priključenja	Susretno postrojenje
a)	do 5 kW	dvopolna rastavna osigurač sklopka	izravno	NN vod	PMO
b)	do 30 kW	četveropolna rastavna osigurač sklopka			
c)	do 50 kW	četveropolni prekidač			
d)	do 100 kW				
e)	do 500 kW		poluizravno	NN sabirnice u TS	TS

Tablica I daje minimalne uvjete na način priključka za pojedini opseg priključne snage elektrane. Svaka elektrana može biti priključena prema strožim kriterijima ako za to postoji tehno-ekonomsko opravdanje. Npr. elektrana snage do 30 kW može se priključiti i na NN sabirnice u TS.

2.1.1. Podjela tehničkih rješenja prema mjestu lokaciji elektrane

Mrežna pravila ne razlikuju vrste elektrana obzirom na lokaciju, ali iz prakse znamo da je postupak priključenja elektrane i tehničko rješenje priključka uvjetovano i lokacijom elektrane. U tablici II je dana podjela priključka elektrane s obzirom na lokaciju.

Tablica II. Podjela priključka elektrane prema lokaciji

	Lokacija sunčane elektrane	Tip priključka	Upravni postupak
1.	Na postojećem objektu	Zajednički	Nije potreban-jednostavna građevina
2.	Na građevinskoj čestici postojećeg objekta	Zajednički ili posebni	Nije potreban-jednostavna građevina
3.	Na planiranom objektu	Zajednički	Do uporabne dozvole
4.	Na posebnoj građevinskoj čestici	Posebni	Do uporabne dozvole

Mišljenjem Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva od 11. listopada 2010. [9], te na temelju Pravilnika o jednostavnim građevinama [10], sunčane elektrane koje se grade na postojećem objektu, i zadovoljavaju kriterije jednostavne građevine, smatraju se jednostavnim građevinama, te za njih nije potreban nikakav akt tijela nadležnog za upravne postupke i prostorno uređenje.

Za takve elektrane prilikom zahtjeva za izdavanje PEES potrebno je zatražiti očitovanje nadležnog upravnog tijela da je predmetna elektrana jednostavna građevina. Ukoliko postojeći potrošači nisu primjereno priključeni (unutarnja brojila, nedostupnost nadležnoj elektri i sl.) obavezno se prilikom priključenja elektrane uvjetuje izmještanje postojećih brojila.

Elektrane koje se grade na planiranom objektu trebaju biti sastavni dio projekta planirane građevine i za njih je potrebno ishodovati posebne uvjete u sklopu izdavanja lokacijske dozvole. Tehničko rješenje priključenja takve elektrane realizira se u sklopu priključenja cijelog objekta.

Elektrane koje se grade na građevinskoj čestici postojećeg objekta tretiraju se u smislu zakona kao jednostavne građevine i u principu imaju zajednički priključak sa objektom na čijoj se građevinskoj čestici grade, ali je moguće da takva elektrana ima i zaseban priključak.

Za takvu elektranu je potrebno ishodovati uporabnu dozvolu.

Samostojeće elektrane, koje se grade na posebnoj građevinskoj čestici grade se prema Zakonu o prostornom uređenju i gradnji [11], pa samim tim prolaze kompletan upravni postupak kao bilo koja druga građevina. Tehničko rješenje priključka takve elektrane se izvodi samostalno, ovisno o priključnoj snazi.

2.2. Priključni vod

Priključni vod povezuje PMO s postojećom elektroenergetskom mrežom. Priključni vod može biti

- a) radijalan (PMO je krajnja točka priključnog voda)
- b) interpolacija (PMO je prolazna točka jer je interpoliran u postojeću mrežu po principu ulaz-izlaz na postojeći vod)
- c) kombinacije a) i b)

Varijanta a) je najčešća u NN nadzemnim NN mrežama (priključni vod je podzemni kabelski radijalni otcjep s NN stupa), varijanta b) je karakteristična za podzemnu kabelsku NN mrežu, dok se varijanta c) pojavljuje u slučaju stvaranja uvjeta u mreži kroz tehničko rješenje priključka (npr. „spuštanje“ čvornog mjesta u NN mreži s krovnog stalka u PMO, koji u tom slučaju ima i funkciju mrežnog razdjelnog ormara).

Priključak elektrane na NN se izvodi kabelski (podzemno). Izvedba je načelno četverožilnim podzemnim kabelom NA2XY (XP 00-A) odgovarajućeg presjeka.

U slučaju više OMM na jednoj građevini, jedna građevina smije imati samo jedan vanjski priključak, osim izuzetno (npr. kada je dio korisnika na NN a dio na SN).

Za priključenje elektrana na već postojeći objekt, potrebno je jedan priključni vod iskoristiti za priključenje svih obračunskih mjernih mjesta postojeće građevine.

Samo iznimno, ako fizički nije izvediv podzemni priključak, elektrana se može priključiti i nadzemnim priključkom (priključak se tada izvodi samonosivim kabelskim snopom). Priključni vod ne smije biti izveden golim vodičem.

Priključak se ne smije izvoditi s krovnog stalka. Izuzetak je moguć samo ako prihvatljivija tehnička rješenja fizički nisu izvediva.

Elektrana se priključuje isključivo na vanjski priključak. To znači da, i u presedanskom slučaju izvedbe samonosivim kabelskim snopom, priključak ne može biti kroz strukturu građevine (to je unutrašnji priključak), nego kroz usponsku cijev (postavljenu nadžbukno ili podžbukno), koja osigurava neprekinutu električku vezu od NN mreže do PMO. Nedopustiva je uporaba tavanskih osigurača.

2.3. Susretno postrojenje

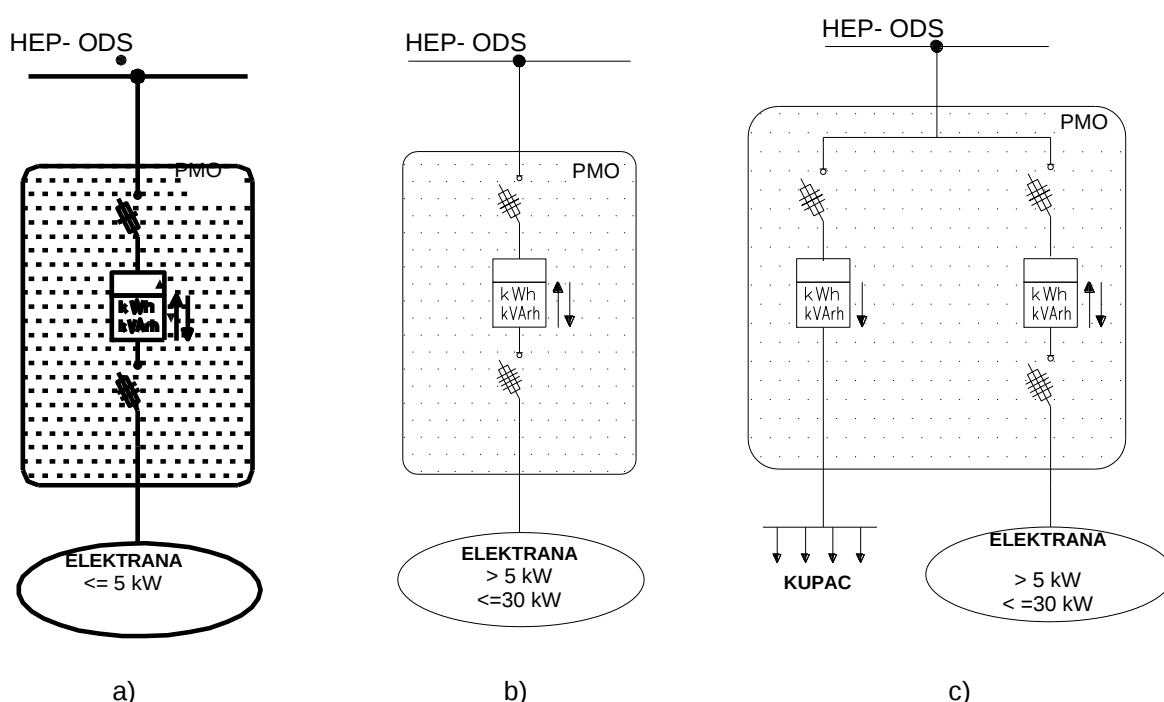
Susretno postrojenje je za priključke na NN zapravo uvijek priključno-mjerni ormar. Kako se u praksi pod PMO intuitivno ne doživljava i NN modul u TS u kojem je realizirano i priključenje i mjerenje korisnika mreže, slijedećom podjelom je uvažen uobičajen način razmišljanja.

2.3.1. Priključno-mjerni ormar

Priključno-mjerni ormar je mjesto koje sadrži mjernu opremu obračunskog mjernog mjesta i uređaje za zaštitu odnosno odvajanje ispred i iza brojila (iz oba moguća smjera energije). Veličina ormara ovisi o ugrađenoj opremi. U pravilu priključno-mjerni ormar mora biti slobodnostojeći, smješten na granici građevinske čestice ili na nekom drugom podobnom mjestu. Međutim, ako je riječ o postojećoj građevini oprema se može smjestiti u ugradbeni ormar na fasadi građevine.

Priključno mjerni ormar mora biti opremljen trolnom rastavnom osigurač-sklopkom prema mreži, dvosmjernim brojilom električne energije, četveropolnom rastavnom osigurač-sklopkom ili prekidačem prema elektrani i po potrebi strujnim mjernim transformatorima uz standardnu spojnu opremu.

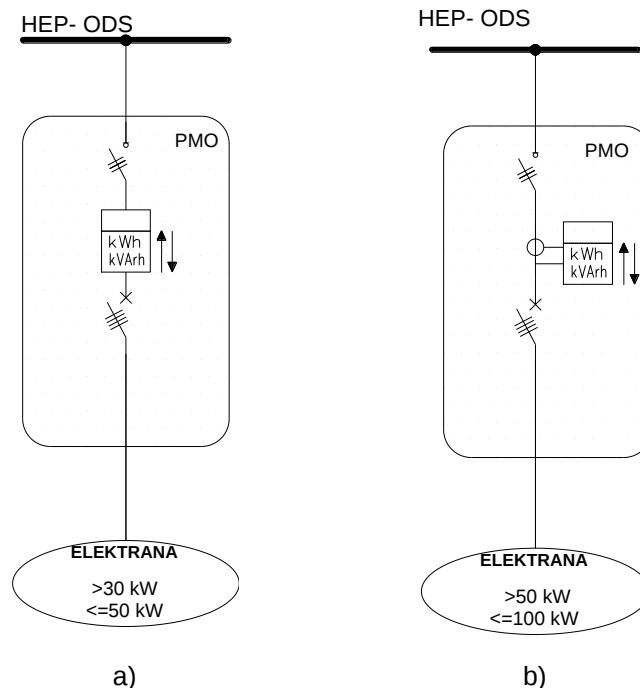
Postoji više varijanti priključenja prema smještaju opreme. U osnovi razlikujemo dva slučaja: priključak elektrane (proizvođača) koji je samostalno izveden (slika 1. a) i b)) i priključak elektrane (proizvođača) koji je izveden u zajedničkom ormaru u kojem se uz priključak proizvođača nalazi i priključak kupca (slika 1. c)).



Slika 1. Priključak elektrane do 30 kW na niskonaponsku mrežu HEP ODS-a:

- a) jednofazni priključak, zasebna izvedba
- b) trofazni priključak, zasebna izvedba
- c) trofazni priključak, izvedba sa zajedničkim ormarom proizvođača i kupca

Elektrane priključne snage veće od 30 kW, do uključujući 100 kW, priključuju se također u PMO, ali je uređaj za odvajanje prekidač. Mjerenje je izravno do 50 kW, a poluizravno za priključnu snagu iznad 50 kW. Na slici 2. su dani shematski prikazi za ta dva karakteristična slučaja.



Slika 2. Priključak elektrana 30-100 kW na niskonaponsku mrežu HEP ODS-a:

- a) elektrana 30-50 kW sa izravnim mjerenjem
- b) elektrana 50-100 kW sa poluizravnim mjerenjem

Uz PMO treba predvidjeti prostor za ugradnju prijenosnog uređaja za praćenje kvalitete električne energije. U slučaju postojanja više PMO za istu građevinu, svi PMO trebaju biti locirani u neposrednoj blizini i činiti jednu električnu cjelinu (modularna izvedba).

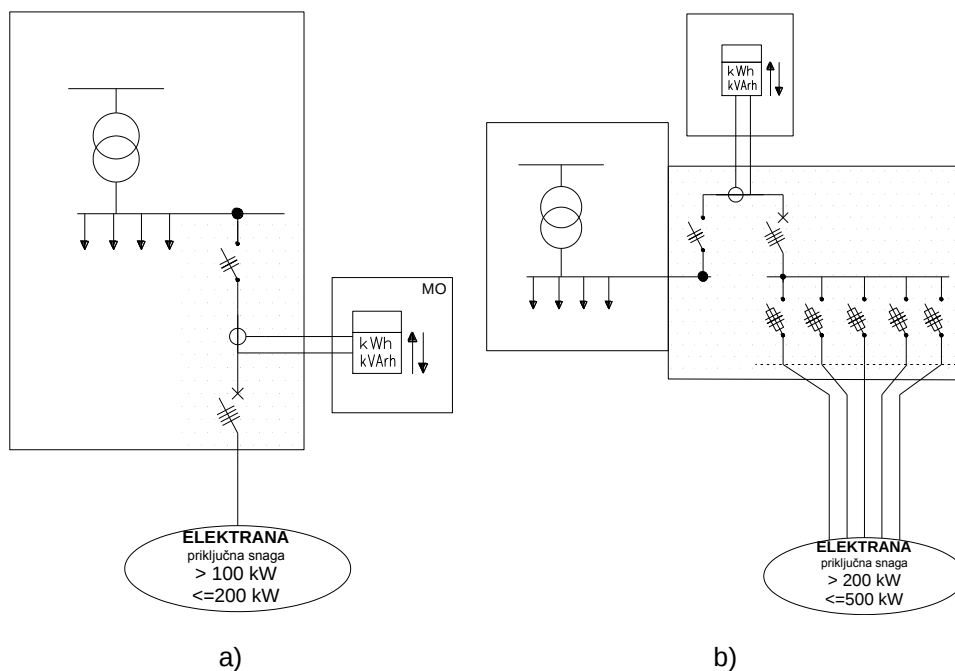
U slučaju postavljanja elektrane na postojeću građevinu, u kojoj su do dva OMM, sva OMM se postavljaju u jedan PMO. Ovi troškovi su na teret elektrane koja se priključuje. U slučaju kada se ne mogu izmjestiti sva OMM u zajednički PMO, PMO se interpolira u priključak po principu ulaz-izlaz, osiguravajući u PMO mogućnost odvajanja čitave građevine od mreže.

Nije dopušteno priključenje (ugradnja OMM) elektrane na unutrašnji priključak.

2.3.2. Niskonaponski modul u trafostanici

Za priključenje elektrana na niskonaponske sabirnice u TS 20(10)/0.4 kV koriste se niskonaponski moduli posebne izvedbe. Princip opremanja niskonaponskih modula je kao i za priključno-mjerne ormare. Opremljen je trolnim rastavnim uređajem u dolazu s mreže, strujnim mjernim transformatorima i četveropolnim prekidačem za odvajanje u odlazu prema elektrani, dakle omogućeno je odvajanje obračunskog mjernog mjesta iz oba moguća smjera napajanja. U slučaju da je u odlazu prema elektrani potrebno više kabela, u ormar se ugrađuju i osigurač-pruge koje osiguravaju štice svakog odlaznog kabela te omogućavaju vidno odvajanje s mogućnošću uzemljenja obračunskog mjernog mjesta iz smjera elektrane.

Na slici 3. su shematski prikazana dva karakteristična slučaja priključka elektrane u TS 20(10)/0,4 kV.



Slika 3. Priključak elektrana 100-500 kW na NN sabirnice u TS 20(10)/0,4 kV:

- a) elektrana 100-200 kW u izvedbi sa jednim NN izlazom prema elektrani
- b) elektrana 200-500 kW u izvedbi sa više NN izlaza prema elektrani

2.3.3. Sklopni uređaji za odvajanje

Sklopni uređaj za odvajanje služi za odvajanje elektrane od mreže. On omogućava odvajanje postrojenja elektrane iz paralelnog pogona s distribucijskom mrežom zbog sigurnosnih razloga (kvarovi u mreži i elektrani) ili zbog neispunjenja kriterija primjerenog paralelnog pogona. Zbog toga je uređaj za odvajanje izvršni element na kojeg djeluju zaštite koje jamče primjereni paralelni pogon postrojenja elektrane s distribucijskom mrežom bez nepoželjnih pojava i događaja. Upravljanje ovim sklopnim aparatom u isključivoj je nadležnosti HEP-ODS-a.

Tablica III. Zaštita na mjestu predaje – na sklopnom uređaju za odvajanje

Priključna snaga elektrane	Sklopni uređaja za odvajanje	Zaštita
do 5 kW	Dvopolna osigurač-sklopka	NVO osigurač - kratkospojna, preopterećenje; vidljivo odvajanje
do 30 kW	Četveropolna osigurač-sklopka	
do 100 kW	Četveropolni prekidač	Nadstrujna, kratkospojna, zemljospojna, nadnaponska
do 500 kW	Četveropolni prekidač s mogućnošću daljinskog upravljanja	

2.3.3.1. Osigurač-sklopka

Osigurač-sklopka je niskonaponski sklopni aparat koji omogućuje sigurno uklapanje i isklapanje električnih strujnih krugova pod teretom, ovisno o naponu i kategoriji upotrebe, a osnovna namjena mu je zaštita električne opreme od kratkog spoja i preopterećenja. Osigurač-sklopka za razdvajanje mora biti četveropolne izvedbe ako je riječ o trofaznom priključku elektrane, odnosno dvopolne za jednofazni priključak elektrane. Fazni polovi sklopke su opremljeni osiguračima, a neutralni pol mora biti opremljen kratkospojnikom. Kao četveropolna (ili dvopolna) osigurač-sklopka smije se koristiti isključivo izvedba u jednom kućištu sa zajedničkom ručicom za sklapanje za sva 4 (ili 2) pola. Odnosno ne smije se primjerice koristiti izvedba sa kombinacijom jedne trolejne i jedne četveropolne osigurač-sklopke i slično. Postoji i 4-

p (2-p) osigurač-sklopka koja je konceptijski konstruirana tako da pri sklapanju prvo spoji N-pol, a kod isklapanja posljednji odspoji N-pol. Primjena takvog konstrukcijskog rješenja je dobrodošla kod priključenja elektrana, ali prihvatljiva je svaka izvedba četverpolne (dvopolne) sklopke s jedinstvenim polužjem koje osigurava zajedničko 4-polno, odnosno 2-polno odvajanje.

2.3.3.2. Prekidač za odvajanje

Prekidač za odvajanje ugrađuje se za odvajanje elektrana većih od 30 kW. Obavezno je četveropolne izvedbe. Zaštite koje moraju djelovati na proradu prekidača za odvajanje su: nadstrujna, kratkospojna, zemljospojna i nadnaponska. Za potrebe zaštite, prekidač mora biti opremljen sa zaštitnim (i mjernim) modulom sa odgovarajućim funkcijama zaštite. Podešenje zaštite potrebno je napraviti obzirom na vrstu, presjek i duljinu priključnog kabela elektrane, te podešenje zaštite u samoj elektrani. Podešenje zaštite mora biti selektivno.

Kako u odlazu prema elektrani iza prekidača nema četveropolne rastavne osigurač-sklopke (priključak u TS jednim kabelom, slika 3.a), prekidači koji se ugrađuju u priključku elektrana obavezno moraju imati funkciju vidljivog odvajanja, odnosno indikaciju uklopno-isklopnog stanja, i mogućnost uzemljenja.

Kod elektrana priključnih snaga većih od 100 kW, prekidač mora imati mogućnost daljinskog upravljanja, što znači da mora biti opremljen sa elektromotornim pogonom za automatsko napinjanje opruge, uklopnim i isklopnim svicima, te pomoćnim kontaktima za signalizaciju trenutnog položaja prekidača.

2.3.4. Obračunsko mjerno mjesto

Osnovni elementi obračunskog mjernog mjesta su brojilo električne energije (s komunikatorom) i strujni mjerni transformatori (SMT).

U tablici IV su prikazane karakteristike brojila i SMT prema granskoj normi, Bilten HEP-a br. 246 „Tehnički uvjeti za obračunska mjerna mjesta u nadležnosti HEP-ODS-a“ [12].

Tablica IV. Karakteristike brojila i SMT na niskom naponu

Naponska razina		NN (0,4 kV)		
Priključna snaga		$P_v \leq 5 \text{ kW}$	$5 \text{ kW} < P_v \leq 50 \text{ kW}$	$50 \text{ kW} < P_v \leq 500 \text{ kW}$
Tropolna shema obračunskog mjerenja		Shema 7.1.2.4. a)	Shema 7.1.2.3. a)	Shema 7.1.2.2. a)
BROJILO	Mjerenje	izravno	izravno	poluizravno
	Mjerenje smjera energije	Dvosmjerno (4 kvadranta)	Dvosmjerno (4 kvadranta)	Dvosmjerno (4 kvadranta)
	Podaci o brojilu	Intervalno kombi komunikacijsko brojilo	Intervalno kombi komunikacijsko brojilo	Univerzalno intervalno kombi komunikacijsko brojilo
	Broj faza	1	3	3
	Razred točnosti	1 radna	1 radna	0,5 S (0,2 S) radna
		2 jalova	2 jalova	1 jalova
	Pohranjivanje krivulje opterećenja	DA	DA	DA
	Komunikator	GSM/GPRS	GSM/GPRS	GSM/GPRS
	Tip brojila	Tablica 3.10. r.br. 9	Tablica 3.10. r.br. 8	Tablica 3.10. r.br. 7
SMT	Izbor primarne struje	-	-	Tablica 7.5.1.
	Razred točnosti			0,5 S (0,2 S)
	Faktor sigurnosti			5
	Ostali tehnički podaci			Tablica 3.16

2.3.4.1. Brojilo

Brojilo je mjerni uređaj za obračunsko mjerenje energije. Brojila za obračun energije za proizvođača su specifična u smislu potrebe mjerenja energije u dva smjera. Za mjerenje na niskom naponu koriste se tri kategorije brojila: jednofazno, trofazno za izravno mjerenje i trofazno za poluizravno mjerenje sa strujnim mjernim transformatorima.

Mjerno mjesto mora biti opremljeno s komunikatorom za daljinsko očitavanje brojila.

2.3.4.2. Strujni mjerni transformatori

Strujni mjerni transformatori se mogu nalaziti u niskonaponskom modulu u trafostanici ili u priključno mjernom ormaru. Koriste se za zajedničko poluizravno obračunsko mjerenje proizvedene električne energije i vlastite potrošnje električne energije. S obzirom na veliki nesrazmjer u iznosu vlastite potrošnje energije u odnosu na proizvodnju električne energije, kod izbora strujnih mjernih transformatora za obračunsko mjerno mjesto proizvođača, poželjno je koristiti strujne mjerne transformatore proširenog opsega. Osim klasičnih strujnih mjernih transformatora u epoksidnom kućištu, moguće je koristiti i obuhvatne ili natične strujne mjerne transformatore. Oni se montiraju oko niskonaponskih neizoliranih sabirnica ili niskonaponskih izoliranih jednožilnih kabela. Zahtjevi na tehničke karakteristike strujnih mjernih transformatora i izbor su prikazani u tablici 2.4.

3. IZVEDBA PRIKLJUČNO-MJERNIH ORMARA

3.1. Izvedba PMO

Priključno-mjerni ormari, koji se koriste za priključenje proizvođača električne energije moraju moraju biti konstruirani, proizvedeni i ispitani u skladu sa normama HRN EN 62208, HRN EN 60439-1, HRN EN 60439-5, HRN EN 50102 i HRN EN 60529.

Kao što je spomenuto u poglavlju 2.3.1, postoji više varijanti priključenja proizvođača, koje u osnovi možemo podijeliti u dvije skupine:

- samostalni priključak proizvođača
- zajednički priključak proizvođača sa kupcem

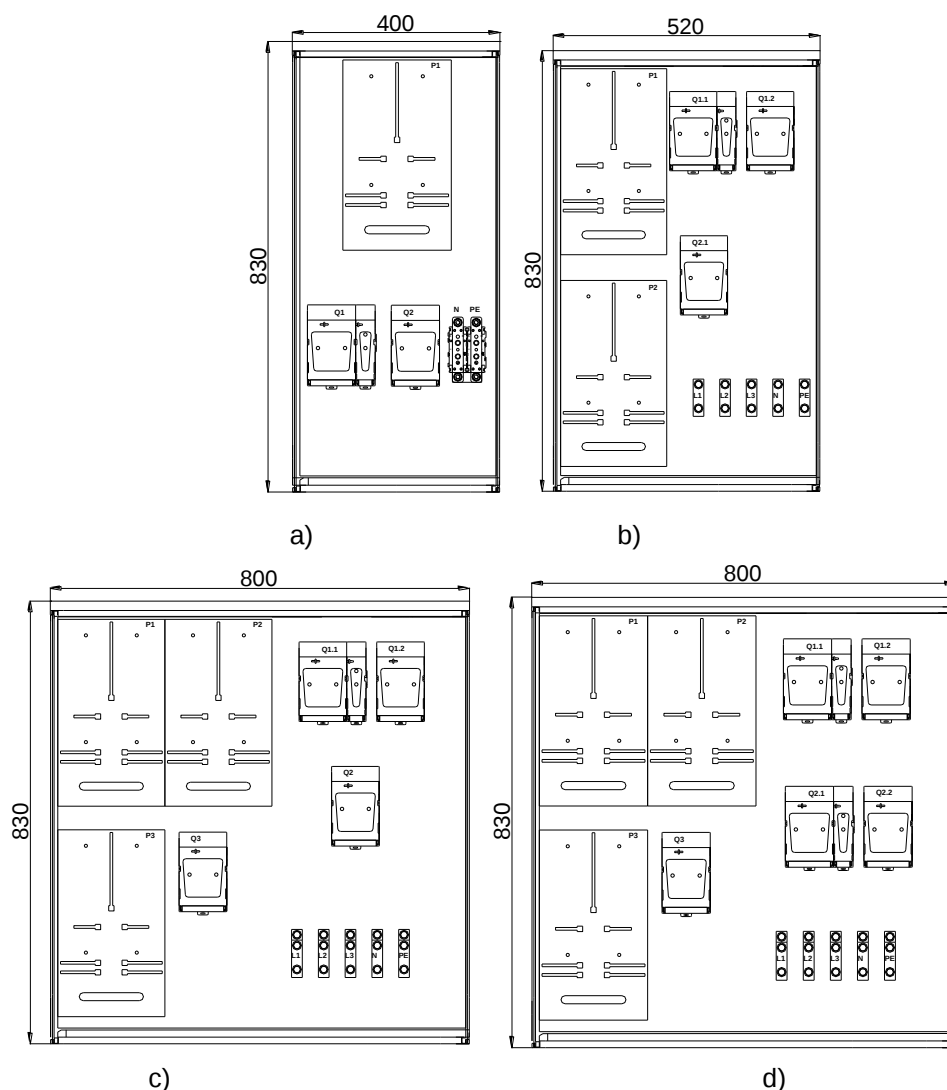
Oprema priključno-mjernog ormara proizvođača se dakle smješta u isto kućište, kao da je riječ o kupcu električne energije. Na dovodu iz NN mreže koristi se jednaki tip rastavne osigurač-sklopke kao da je riječ o kupcu, međutim kod proizvođača se ugrađuje drukčiji tip brojila (brojilo sa 4 kvadranta), te se iza brojila prigrabuje uređaj za odvajanje (osigurač-sklopka ili prekidač) 4-polne izvedbe, a kod poluizravnog mjerenja u ormaru moraju biti smješteni i strujni mjerni transformatori. Ormar je u isključivoj nadležnosti HEP ODS-a, a time i upravljanje uređajem za odvajanje koji odvaja elektranu od mreže.

Osim što ormar mora sadržavati navedenu standardnu opremu, isti mora biti izveden na način da je osiguran prostor i za ugradnju odgovarajućih mjernih instrumenata za praćenje kvalitete električne energije (za privremeni smještaj dodatne mjerne opreme za izvođenje mjerenja prema HRN EN 50160 u trajanju od 7 dana).

Karakteristični tipovi priključno-mjernih ormara su:

- Proizvođač
- Proizvođač + kupac
- Proizvođač + 2 kupca
- 2 Proizvođača + kupac

Svaka od ovih karakterističnih varijanti može bit u ugradbenom ili slobodnostojećem ormaru. Podvarijante su sa ugrađenim strujnim mjernim transformatorima u krugu potrošača ili u krugu proizvođača. Potrebno je izraditi kompletan set standardiziranih ormara za priključak elektrana na mrežu NN. Na slijedećim slikama su prikazani primjeri opremanja PMO.



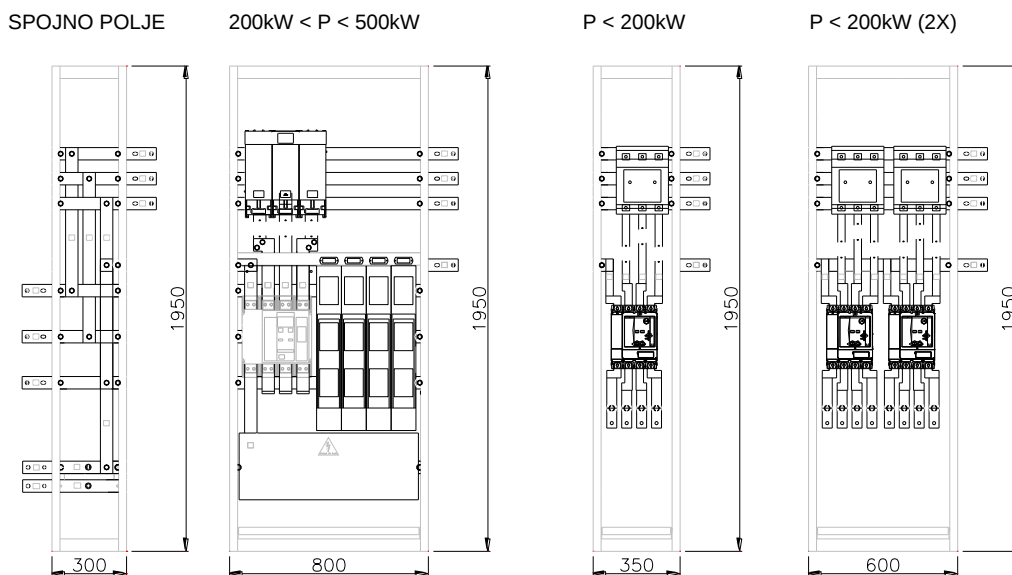
Slika 4. Primjer dispozicije opreme u PMO

- a) Samostalni priključak proizvođača
- b) Proizvođač + kupac
- c) Proizvođač + 2 kupca
- d) 2 Proizvođača + kupac

U slučaju kombinacije više od 3 obračunska mjerna mjesta (kupci i proizvođači), koja su namijenjena za istu građevinu, potrebno je koristiti više priključno-mjernih ormara. Obzirom na sigurnosne zahtjeve, svaka građevina smije imati samo jedan priključak (odnosno samo jednu vezu prema NN mreži), iz čega proizlazi da u slučaju više ormara, ormari moraju biti locirani u neposrednoj blizini i činiti jednu električnu cjelinu.

3.2. Izvedba NN modula u TS

Za priključak elektrana snage veće od 100 kW, razvijeni su moduli za priključak na postojeći NN blok unutar TS, na način da se prigraduje spojno polje. Za elektrane do 200 kW ugrađuju se prekidač za odvajanje i rastavna sklopka prema NN bloku potrošača, a za elektrane veće od 200 kW dograđuju se još i osigurač-sklopke u odvodu prema elektrani radi šticećenja kabela iz elektrane. Na slici 5. su prikazani standardni moduli za priključak elektrane u trafostanici.



Slika 5. NN blokovi za priključak elektrane u TS

4. STATISTIČKI PRIKAZ ELEKTRANA U MREŽI HEP-ODS

Kao što je već u uvodu navedeno, posljednjih mjeseci broj zahtjeva za priključenje na niskonaponsku mrežu je rapidno porastao, a u narednom razdoblju se očekuje još intenzivniji rast, osobito kod priključenja sunčanih elektrana koje se grade na postojećem objektu. Takve elektrane su uglavnom snaga do 30 kW. U tablicama V i VI je dan prikaz do sada priključenih malih elektrana na mrežu distribucije i broj podnesenih zahtjeva za priključenje.

Tablica V. Elektrane priključene na niskonaponsku mrežu HEP-ODS-a

TIP POSTROJENJA	≤30 kW		≥30 kW	
	Broj	P [kW]	Broj	P [kW]
Bioplin	0	0	1	135
Hidroelektrana	2	30	1	80
Kogeneracija	1	30	0	0
Sunčana	22	351	1	103
Ukupno	25	411	3	318

Tablica VI. Sunčane elektrane u fazi priključenja na niskonaponsku mrežu HEP-ODS-a

Godina	≤30 kW		≥30 kW	
	Broj	P [kW]	Broj	P [kW]
Do 2009	1	6	0	0
2009	3	52	0	0
2010	20	435	1	66
2011	205	3.775	27	5.084
Do ožujka 2012	100	1.889	14	2.432
Ukupno	329	6.158	42	7.581

Iako se može reći da je relativno mali broj elektrana priključen na niskonaponsku mrežu, broj zahtjeva za prethodnu elektroenergetsku suglasnost posljednjih mjeseci ubrzano raste.

Dosadašnja iskustva priključenja na niskonaponsku mrežu nametnula su tipizirana tehnička rješenja priključenja elektrana na niskonaponsku mrežu koja su opisana u ovom referatu.

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog referata je da u klimi naglog povećanja broja distribuiranih izvora da tehničko rješenje priključka male elektrane na distribucijsku niskonaponsku mrežu. Tehničko rješenje priključka mora biti što više standardizirano zbog lakše obrade velikog broja novih zahtjeva za priključak elektrana, ali i radi tipizacije opreme. Zato su u referatu prikazane tipične sheme priključno mjernih ormara (PMO), standardizirana oprema priključka, sklopni uređaji za odvajanje, brojila električne energije i strujni mjerni transformatori. Na kraju referata su dani podaci o dosada priključenim elektranama i elektranama u postupku priključenja iz kojih je vidljiv nagli porast zahtjeva za priključak.

Prijedlog daljnjih radova na unaprijeđenju tehničkih rješenja je detaljno definiranje svih vrsta priključno-mjernih ormara i njihovu valorizaciju u troškovniku što će omogućiti jednostavniju realizaciju priključka. Isto tako treba definirati sve varijante nn modula za priključak elektrane u trafostanici (za elektrane sa 2, odnosno 3 priključna kabela) jer je prostor u postojećim trafostanicama ograničen. Nadalje, prije donošenja granske norme iz ovog područja, treba raspraviti i ispitati mogućnost ugradnje rastavne osigurač-sklopke za priključne snage do 100 kW, čime bi se izbjegla ugradnja prekidača u PMO.

LITERATURA

- [1] Tehnički uvjeti za priključak malih elektrana na elektroenergetski sustav Hrvatske elektroprivrede (HEP Vjesnik, Bilten br. 66/1998)
- [2] Zakon o energiji (NN br. 68/01 i 177/04)
- [3] Zakon o tržištu električne energije (NN br. 177/04)
- [4] Opći uvjeti za opskrbu električnom energijom (NN br. 14/06)
- [5] Mrežna pravila elektroenergetskog sustava (NN br. 36/06)
- [6] Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije (NN br. 67/07)
- [7] Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije (NN br. 67/07)
- [8] Naputak za primjenu važećih zakona i pravilnika glede uspostavljanja priključka obnovljivih izvora električne energije i kogeneracije na distribucijsku i prijenosnu mrežu (HEP-ODS, HEP-OPS 2008.)

- [9] Mišljenje Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva od 11.listopada 2010.
- [10] Pravilnik o jednostavnim građevinama (NN br. 21/09, 57/10, 126/10 i 48/11)
- [11] Zakon o prostornom uređenju i gradnji (NN br. 76/07, 38/09, 55/11 i 90/11)
- [12] Tehnički uvjeti za obračunska mjerna mjesta u nadležnosti HEP ODS-a (HEP Vjesnik, Bilten br. 246/2011)