

Miljan Lenić  
HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o.  
[miljan.lenic@hep.hr](mailto:miljan.lenic@hep.hr)

mr.sc. Denis Brajković  
HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o.  
[denis.brajkovic@hep.hr](mailto:denis.brajkovic@hep.hr)

Zoran Pečarić  
HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o.  
[zoran.pecaric@hep.hr](mailto:zoran.pecaric@hep.hr)

Tomislav Baričević  
Energetski Institut Hrvoje Požar  
[tbaricevic@eihp.hr](mailto:tbaricevic@eihp.hr)

## RAZLOZI POKRETANJA STUDIJE: „RAZVOJ AUTOMATIZACIJE SREDNENAPONSKE MREŽE DISTRIBUCIJSKOG PODRUČJA ELEKTOISTRA“

### SAŽETAK

Kao i većina europskih ODS-ova, HEP ODS suočen je s raznim izazovima glede opskrbe električnom energijom koji proizlaze iz razvoja tehnologije u ovom sektoru tijekom zadnjih desetljeća. S jedne strane, HEP ODS se mora nositi s povećanjem potražnje za električnom energijom, kao i povećanom integracijom distribuiranih izvora. S druge strane, HEP ODS je suočen s povećanim zahtjevima na kvalitetu električne energije i usluga koje pruža korisnicima mreže, te ekonomičnost radnog vijeka imovine. Kako bi se suočio izazovima i postigao ciljeve, HEP ODS između ostalih mjera i aktivnosti posebice želi unaprijediti jednu od važnih funkcionalnosti, automatizaciju distribucijske mreže. Prva faza automatizacije mreže u HEP ODS-u obuhvaćala je revitalizaciju SDV centara, uključenje ključnih pojmih točaka u sustav daljinskog vođenja te osnovnu razinu automatizacije SN mreže. Za definiranje 2. faze automatizacije važno je razmotriti važna pitanja: povećanja sigurnosti i pouzdanosti napajanja automatizacijom, koncepti automatizacije i optimalno određivanje lokacije opreme.

**Ključne riječi:** automatizacija distribucijske mreže, pouzdanost, SAIDI, upravljanje imovinom

## REASONS FOR STARTING THE STUDY: „AUTOMATION OF MEDIUM VOLTAGE NETWORK OF DISTRIBUTION REGION OF ELEKTROISTRA PULA“

### SUMMARY

Like most European DSOs, the HEP DSO faces a variety of electricity supply challenges arising from the development of technology in this sector over the last decades. On the one hand, HEP DSO has to cope with increasing demand for electricity as well as increased integration of distributed sources. HEP DSO, on the other hand, is facing increased demands on the quality of electricity and services it provides to network users, and the cost-effectiveness of its working life. In order to meet the challenges and achieve the goals, HEP DSO, among other measures and activities, especially wants to improve one of the important functionalities, automation of the distribution network. The first phase of network automation in the HEP DSO included the revitalization of SDV centers, the inclusion of key points in the remote guidance system, and the basic level of MV network automation. To define phase 2 of automation, it is important to consider important issues: enhancing the security and reliability of automation power supplies, automation concepts, and optimizing the location of equipment.

**Keywords:** network automation, reliability, SAIDI, asset management

## 1. UVOD

U ovom radu usmjerit ćemo se na opis postojećeg stanja automatizacije srednjenaponske mreže HEP ODS-a i razloge pokretanja izrade studije „Razvoj automatizacije srednjenaponske mreže DP Elektroistra Pula“. Studija određuje postavke druge faze automatizacije srednjenaponske mreže na modelu mreže Elektroistre Pula.

## 2. POSTOJEĆE STANJE AUTOMATIZACIJE U HEP ODS-U

U zadnjem desetljeću pojavljuju se distribuirani izvori električne energije koji su doveli do novih izazova za distribucijsku mrežu: okreću se smjerovi energije u vodovima, porast napona u vodovima, problemi s proizvodnjom iz fluktuirajućih izvora koji još imaju i povlašten status u proizvodnji. Pored prije opisanih novih izazova doneseni su i *Uvjeti kvalitete opskrbe električnom energijom* koji propisuju i kazne operatoru distribucijskog sustava ukoliko ne poštuje zajamčene standarde opskrbe. Jedan od odgovora operatora distribucijskog sustava na navedene izazove je ugrađivanje opreme za automatizaciju na vodove i napredno vođenje pogona srednjenaponske mreže.

Najveću prednost automatizacija SN mreže nudi kroz povećanje obima informacija iz elektroenergetske mreže na svim razinama sustava. Dostupnost informacija u traženom vremenu i obimu preduvjet su za ostvarenje definiranih ciljeva. Srednjenaponske mreže prostorno zauzimaju velika područja te su zbog toga podložne utjecaju vremenskih prilika koje uzrokuju različita kvarna stanja. U slučaju nastanka kvara u srednjenaponskoj mreži veliki broj kupaca ostaje bez napajanja duži vremenski period, što rezultira značajnim štetama za gospodarstvo.

Automatizacija po dubini srednjenaponske mreže značajno smanjuje trajanje zastoja u napajanju jer se funkcije: isklopa uslijed kvara, sekcionaliziranja, izolacije kvarne dionice i restauracije napajanja ispravnog dijela srednjenaponske mreže izvršavaju automatizirano ili sustavom daljinskog vođenja, čime se povećava kvaliteta isporuke električne energije.

HEP Operator distribucijskog sustava već duži niz godina ugrađuje opremu za daljinsko vođenje po dubini SN mreže i stvara preduvjete za automatizaciju SN mreže širokih razmjera. U počecima je način ugradnje ove opreme u pogledu broja ugrađenih „daljinskih vođenih točaka“ po vodnom polju, odabiru lokacija za ugradnju, te razini opremljenosti bio različit po distribucijskim područjima. 2013. godine HEP ODS je izradio dokument „*Metodologija i kriteriji za odabir točaka SN mreže za uvođenje u SDV*“, a 2018. godine dopunio predmetnu metodologiju, te ujednačio pristup ugradnji ove opreme na cijelom području Republike Hrvatske. Trenutno stanje automatiziranosti SN mreže je sljedeće:

- 662 trafostanice SN/NN je u sustavu SDV
- 362 rastavne naprave ugrađeno je u nadzemnu SN mrežu i u sustavu je SDV
- više od 95% pojnih točaka X/10(20) kV u sustavu je SDV.

## 3. METODOLOGIJA I KRITERIJI

U dokumentu „*Metodologija i kriteriji za odabir točaka SN mreže za uvođenje u SDV*“ propisan je način odabira mikro lokacije koje pogoduju ugradnji daljinski vođenih rastavnih naprava, a to su:

- spojna mjesta između dva voda u smislu pogonskog stanja (normalno otvorene rastavne komponente mreže);
- rastavna mjesta u magistralnoj trasi koja dijele vod na segmente sličnih parametara;
- „T“ točke na počecima dugačkih odcjepa;
- lokacija koja uvažava važnost/veličina kupca na dionici voda;
- teško dostupne postojeće čvorne točke;
- lokacija na početku problematičnog dijela voda – (privremeno rješenje);
- lokacije važne za brzu rekonfiguraciju mreže određene po kriteriju tokova snage i padova napona;
- lokacija koja umanjuje investicije u mrežu pri priključivanju novih kupaca;

- ostalo.

Pored kriterija za određivanje lokacije za uvođenje u SDV propisan je i kriterij za odabir vodnih polja na koja će se navedena oprema ugraditi i to posebno za nadzemne i posebno za podzemne mreže.

Za rangiranje ulaganja u zračne mreže koriste se četiri kriterija: duljina voda, opterećenost voda, pristupačnost voda i prosječno trajanje prekida SAIDI na vodnom polju. Na osnovi iskustva definirani su težinski faktori za svaki pojedini kriterij radi balansiranja utjecaja i definiranja ukupne ocjene ulaganja ( $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  i  $K_3$ ).

U sljedećoj tablici prikazani kriteriji za rangiranje SN izvoda.

Tablica1 Kriteriji i vrijednosti razreda za ulaganja nadzemne SN izvode

Kriterij - duljina voda $K_0 = 0,2$ $P_0 = 50$ km		Kriterij – opterećenje $K_1 = 0,3$ $P_1 = 2,5$ MW		Kriterij - terenska pristupačnost $K_2 = 0,1$		Kriterij – zajamčeni standard pouzdanosti napajanja $K_3 = 0,4$	
Duljina voda	Vrijednost razreda ( $V_0$ )	Opterećenje voda	Vrijednost razreda ( $V_1$ )	Terenska pristupačnost	Vrijednost razreda ( $V_2$ )	SAIDI (min/kupac)	Vrijednost razreda ( $V_3$ )
> 50 km	1	> 2,5 MW	1	vod nije pristupačan na više od 70% svoje duljine	1	SAIDI > 1440	1
< 50 km	Duljina/50	< 2,5 MW	Opterećenje/2,5	vod nije pristupačan od 30% do 70% svoje duljine	0,5	1440 > SAIDI >720	(SAIDI – 720)/720
				vod nije pristupačan na manje od 30% svoje duljine	0,2	SAIDI <720	0

Koeficijentom **Korist** određujemo ocjenu pogodnosti ugradnje za pojedini nadzemni izvod, a računa se na sljedeći način:

$$\text{Korist} = K_0 \cdot V_0 + K_1 \cdot V_1 + K_2 \cdot V_2 + K_3 \cdot V_3$$

Nakon izračuna koristi ulaganja za izvode isti se rangiraju po koristi ulaganja i ulaganja se vrše u najkorisnije objekte.

Isto tako u metodologiji za rangiranje ulaganja u podzemne mreže koriste se tri kriterija: opterećenje vodnog polja, broj TS SN/0,4 kV na vodnom polju i prosječno trajanje prekida SAIDI na vodnom polju. Na osnovi iskustva definirani su težinski faktori za svaki pojedini kriterij radi balansiranja utjecaja i definiranja ukupne ocjene ulaganja ( $K_1$ ,  $K_2$  i  $K_3$ ).

U sljedećoj tablici prikazani kriteriji za rangiranje SN izvoda.

Tablica 2 Kriteriji i vrijednosti razreda za ulaganja u podzemne SN izvode

Kriterij - opterećenje $K_1 = 0,4$ Ponder opterećenja: $P_o = 5 \text{ MW}$		Kriterij - broj TS 10(20)/0,4 kV $K_2 = 0,2$ Ponder TS 10(20)/0,4 kV: $P_{TS} = 20$		Kriterij – zajamčeni standard pouzdanosti napajanja $K_3 = 0,4$	
Opterećenje	Vrijednost razreda ( $V_1$ )	broj TS 10(20)/0,4 kV	Vrijednost razreda ( $V_2$ )	SAIDI (min/kupac)	Vrijednost razreda ( $V_3$ )
> 5 MW	1	broj TS > 20	1	SAIDI > 480	1
		7 < broj TS < 20	broj TS /20	480 > SAIDI >240	(SAIDI – 240)/240
< 5 MW	Opterećenje /5	broj TS < 7	0	SAIDI <240	0

Koeficijentom **Korist** određujemo ocjenu pogodnosti ugradnje za pojedini podzemni izvod, a računa se na sljedeći način:

$$\text{Korist} = K_1 \cdot V_1 + K_2 \cdot V_2 + K_3 \cdot V_3$$

Nakon izračuna koristi ulaganja za izvode ista se rangiraju po koristi ulaganja i ulaganja se vrše u najkorisnije objekte.

#### 4. STUDIJA AUTOMATIZACIJE

Izazovi i promjene u distribucijskoj mreži HEP ODS kao i dostignuta razina automatizacije i dosadašnji pristup razlozi su pokretanja izrade studije automatizacije. Današnja razina zastupljenosti sklopnih uređaja u SDV zahtjeva kvalitativni skok u definiranju ulaganja u automatizaciju i prelazak u drugu fazu što je ujedno i cilj studije.

##### 4.1. ODABIR DISTRIBUCIJSKOG PODRUČJA ZA IZRADU STUDIJE

Obzirom na spomenute izazove s kojima se susreće HEP-ODS, odabir područja za izradu studije vršio se na način da studija bude primjenjiva na cijeli ODS.

Navedeno znači da je distribucijsko područje moralo zadovoljiti sljedeće kriterije:

- postoji relativno novija studija plana razvoja distribucijskog područja
- distribucijsko područje je prosječno automatizirano
- distribucijsko područje ima 10 kV i 20 kV dio mreže
- distribucijsko područje ima gradsku i ruralnu mrežu
- distribucijsko područje ima različite zone se različitim porastom opterećenja; od turističkih dijelova koji imaju veliki razvoj do pojedinih dijelova unutrašnjosti koja su u stagnaciji.

Nakon provedene analize po navedenim kriterijima kao optimalno rješenje za provedbu studije proizašlo je distribucijsko područje DP Elektroistra.

Odabrano područje imalo je 13 pojmih točaka 110/x kV, 14 transformatorskih stanica 35/x kV, 6 rasklopišta 10(20) kV i 1.995 transformatorskih stanica 10(20)/0,4 kV. Srednjenaponska mreža je pretežno zračna (62%), a dužina zračne mreže iznosi 1.829 km, dok je dužina kabelske mreže 1.116 km. Uvedenost u sustav daljinskog vođenja područja Elektroistra je sljedeća: 12 pojmih točaka 110/x kV uvedenih u SDV, 13 transformatorskih stanica 35/x kV uvedenih u SDV, 6 rasklopišta 10(20) kV uvedenih u SDV, 17 daljinski upravljivih sklopki i 51 trafostanicu 10(20)/0,4 kV uvedenu u SDV.

## 4.2. STUDIJSKI ZADATAK

U nastavku je prikazan sažeti obuhvat studijskog zadatka.

### ▪ Modeliranje mreže

Studija treba obraditi tri stanja promatrane mreže:

- početno stanje mreže za 2017. godinu (bazna godina)
- planirano stanje razvoja mreže u 2022. godini
- planirano stanje razvoja mreže u 2032. godini, koja predstavlja horizont planiranja iz Studije razvoja i krajnju točku promatranja ove studije.

### ▪ Revizija dugoročnog plana razvoja distribucijske mreže

U studiji je potrebno strukturirati distribucijsko područje Elektroistra Pula u prikladna geografska područja (teritorijalne jedinice) za koje će razmatrati rast populacije, gospodarski razvoj i drugi relevantni čimbenici ili specifični događaji. Za tako strukturirana područja potrebno je za tri stanja mreže – početnu godinu 2017., 2022., 2032. provesti sljedeće:

- analizu tokova snaga;
- analizu struja kratkog spoja;
- probabilističku analizu pouzdanosti;
- ocjenu stanja mreže;
- usporedbu s rezultatima Studije razvoja mreže;
- reviziju dugoročnog plana razvoja te usporedbe s rezultatima aktualne Studije razvoja;
- osvrt na principe i procedure planiranja razvoja koje se primjenjuju u HEP ODS-u;
- smjernice i preporuke za unaprjeđenje planiranja.

### ▪ Razvoj automatizacije distribucijske mreže

- **Analiza stanja automatizacije mreže** treba dati pregled trenutnog stanja automatizacije razmatrane mreže. Studija treba ocijeniti trenutno stanje automatizacije vezano uz topologiju i uočene slabe točke, u svrhu stvaranja temelja za implementaciju 2. faze automatizacije.
- **Analiza procesa restauracije napajanja.** Unutar ove analize potrebno je ocijeniti aktualne poslovne procese HEP ODS -a u slučaju kvara na mreži vezano uz restauraciju napajanja u izvanrednim slučajevima (kvarna stanja), proceduru otklanjanja kvara te upravljanje izvješćima o kvaru/pronalasku kvara. Studija će predložiti specifične mjere za poboljšanje procesa za smanjivanje operativnih neučinkovitosti i uspostavljanje robusnog sustava upravljanja kvarom.
- **Scenariji razvoja automatizacije.** Temeljem analize trenutne mreže, uključujući reviziju već postojećih rješenja automatizacije u mreži Elektroistre Pula, potrebno je pripremiti opcije za daljnju automatizaciju mreže u svrhu upravljanja izazovima u mreži te prikazati razine, potrebnu opremu i mogućnosti širenja.

#### ▪ **Tehno-ekonomska analiza scenarija razvoja automatizacije mreže**

Studijom želi se iznaći sustav koji će biti proširiv, njegovom primjenom ostvariti unaprijed definirani željeni rezultat, te da se fazno realizirati i po potrebi moći redefinirati zahtjeve. Nalaženje optimalnog modela automatizacije kako bi se s trenutnog stanja mreže (SAIDI) preći u željeno stanje mreže (SAIDI) je cilj studije.

Na temelju definiranih scenarija, potrebno je u sklopu tehničke analize definirati tipske jedinične cijene tehničkih mjera, odnosno ukupne troškove obveznih i opcionalnih mjera. Tipske cijene i troškovi pojedinih mjera omogućuju izradu ekonomskih analiza procjenjujući i troškove i koristi svake mjere.

Pored toga nužno je izraditi procjene troškova (CAPEX-OPEX) za svaki scenarij kako bi se utvrdili ključni financijski i ekonomski parametri za usporedbu pojedinih scenarija. Unutar ove procjene, sljedeći aspekti bit će u fokusu:

- izračun koristi do kojih će doći nakon poboljšanja pokazatelja pouzdanosti napajanja kroz razvoj automatizacije distribucijske mreže;
- analiza prihoda i troškova za svaku spomenutu funkciju automatizacije;
- optimizirani cjelokupni troškovi kroz cijeli vijek trajanja sustava.

Na temelju prije navedene procjene, izrađuje se plan ulaganja u razvoj automatizacije mreže.

Konačni predloženi koncept treba omogućiti smanjenje operativnih troškova i osigurati visoku pouzdanost. Koncept s optimalnim značajkama bit će osnovni model razvoja automatizacije distribucijske mreže u budućnosti.

#### ▪ **Evaluacija buduće uloge HEP ODS-a**

U sklopu ovog dijela studije napraviti će se evaluacija uloge HEP ODS-a kao operatora distribucijskog sustava, u smislu relevantnih poslovnih segmenata u budućnosti.

U kvalitativnoj analizi sljedeći elementi, koji već sad utječu na poslovne rezultate operatora distribucijskog sustava, a u budućnosti će biti samo važniji, bit će u središtu: elektromobilnost i njena integracija u mrežu, sustavi distribuirane proizvodnje i pohrane energije, upravljanje podacima (engl. *data management*), upravljanje potražnjom (engl. *demand side management*) te automatizacija mreže (u smislu interakcije novih segmenata)

U tu svrhu, treba analizirati HEP ODS-ovu sadašnju situaciju u smislu predloženih poslovnih segmenata te identificirati izazove i koristi koji proizlaze iz nje.

Krajnji cilj ove analize je pomoći HEP ODS-u razvijanju smjernica i mogućih načina pružanja novih usluga i osigurati podlogu za reviziju poslovne strategije HEP ODS-a.

### **4.3. CILJ STUDIJE**

Osim navedenih izazova, HEP ODS postavlja dodatne ključne poslovne ciljeve koje je potrebno postići u budućnosti:

- povećanje kvalitete opskrbe električnom energijom;
- povećanje učinkovitosti poslovanja, uključujući povećanje energetske učinkovitosti u distribuciji električne energije.

Iz navedenih poslovnih ciljeva proizlazi potreba za prijelazom iz tradicionalne distribucijske mreže u distribucijski elektroenergetski sustav temeljen na funkcionalnostima napredne mreže s posebnim naglaskom na učinkovit prihvata distribuiranih izvora i stvaranje preduvjeta za razvoj novih usluga (npr. usluge fleksibilnosti).

Cilj studije je odrediti koncept razvoja 2. faze automatizacije distribucijske mreže. Studija mora osigurati metodologiju koja precizno definira način s kojim se može ostvariti ciljani SAIDI.

## 5. ULAZNI PODACI

Osnovu za razvoj programskog modela za predmetnu studiju predstavljao je model razvijen u studiji „Razvoj SN mreže za razdoblje narednih 20 godina za distribucijsko područje Elektroistra Pula“, izrađene 2014. godine. Bazna godina spomenutog modela bila je 2012. godina. Stoga je stanje mreže bilo potrebno ažurirati sa svim promjenama koje su se dogodile u mreži u periodu 2012.-2017. godine. Modeli za 2022. odnosno 2032. godinu temelje se na revidiranim predviđenim radovima iz prošle studije razvoja SN mreže.

## 6. ZAKLJUČAK

Automatizacija srednjenaponske mreže je veoma uspješna i jedna od najučinkovitijih metoda za poboljšanje kvalitete isporuke električne energije i smanjenje operativnih troškova poslovanja. HEP ODS je u posljednjih 5 godina utrošio u automatizaciju po dubini srednjenaponske mreže preko 100 milijuna kuna te je izrada studije razvoj automatizacije srednjenaponske mreže, kao strateškog dokumenta, nužno potrebna zbog učinkovitijeg usmjeravanja ulaganja i ciljanog poboljšavanja pokazatelja pouzdanosti mreže.

## 7. LITERATURA

- [1] Razvoj SN mreže za razdoblje narednih 20 godina za distribucijsko područje Elektroistra Pula, studija EIHP, 2014
- [2] Metodologija i kriteriji za odabir točaka SN mreže za uvođenje u SDV, HEP ODS, 2013. dopuna 2018.
- [3] Razvoj automatizacije srednjenaponske mreže distribucijskog područja Elektroistra, Siemens AG, EIHP, HEP ODS, 2020