

SEMINAR

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Napon kao izazov u niskonaponskim distribucijskim mrežama

mr.sc Mladen Modrovčić,

HEP Operator distribucijskog sustava d.o.o. Zagreb

Elektra Bjelovar

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Izazov – koje je značenje pojma

Opći smisao:

- Poteškoća
- Problem
- Prepreka
- Iskušnje
- Zadatak koji traži napor

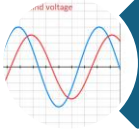
Poziv na akciju/motivaciju:

- Poticaj
- Motiv
- Prilika za dokazivanje
- Poziv na nadmetanje

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže



Naša AGENDA:



N A P O N



**Izazov kao poziv na
akciju/motivaciju**

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Pad napona (gubitak napona)
– tradicionalni pojam tj.
sinonim za temu analize
napona u elektrodistribucijskoj
mreži

Napon kao izazov u prošlosti

Porast napona – noviji pojam
tj. sinonim za temu analize
napona u elektrodistribucijskoj
mreži sa integriranim
proizvodnim postrojenjima

**Napon kao izazov danas i
izazov u budućnosti**

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Norma EN 50160 prati 9 pokazatelja kvalitete napona

Tablica 3-1 Pojedinačni pokazatelji kvalitete napona

Parametar	Osnovna veličina	Vrijeme usrednjanja	Promatrano razdoblje	Granične vrijednosti	
Frekvencija	Pojedinačna vrijednost	10 s	1 godina	$\pm 1\%$	
Kolebanja napona	SN	Efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	99% vrijednosti $< +10\%$
	NN				99% vrijednosti $> -10\%$
Brze promjene u odnosu na srednju vrijednost napona za više od 3% ($\Delta U_s \geq 3\%$)	Efektivna vrijednost	1 s	jedan dan	100% vrijednosti $\pm 15\%$	
		1 s		$\pm 10\%$	
Brze promjene u odnosu na maksimalnu vrijednost napona za više od 5% ($\Delta U_m \geq 5\%$)					
Treperenje (Flicker)	Izračunata vrijednost	Pst – 10 min Plt – 120 min	1 tjedan	Pst < 1.2 Plt < 1	
Viši harmonici	Efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	Tablica 3-2	
THD	Efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	$< 8\%$	
Signalni napon	Efektivna vrijednost	3 s	1 dan	$< 9\% U_n$ za 0 - 1 kHz $< 5\% U_n$ za 1-10 kHz	
Nesimetričnost	Efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	$< 2\%$	

Naponske karakteristike električne energije iz javnih distribucijskih mreža
 HRN EN 50160:2023

Mrežna pravila distribucijskog sustava, (NN 74/18, 52/20)

METODOLOGIJA I KRITERIJI ZA PLANIRANJE RAZVOJA MREŽE

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Norma EN 50160 prati 9 pokazatelja kvalitete napona

Tablica 3-1 Pojedinačni pokazatelji kvalitete napona

Parametar	Osnovna veličina	Vrijeme usrednjavanja	Promatrano razdoblje	Granične vrijednosti	
Frekvencija	Pojedinačna vrijednost	10 s	1 godina	$\pm 1\%$	
Kolebanja napona	SN	Efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	99% vrijednosti $< +10\%$
	NN				99% vrijednosti $> -10\%$
			1 min	1 tjedan	100% vrijednosti $\pm 15\%$
Brze promjene u odnosu na srednju vrijednost napona za više od 3% ($\Delta U_s \geq 3\%$)	Efektivna vrijednost	1 s	jedan dan	24	
Brze promjene u odnosu na maksimalnu vrijednost napona za više od 5% ($\Delta U_m \geq 5\%$)		1 s		24	
Treperenje (Flicker)	Izračunata vrijednost	Pst – 10 min Plt – 120 min	1 tjedan	Pst < 1.2 Plt < 1	
Viši harmonici	Efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	Tablica 3-2	
THD	Efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	$< 8\%$	
Signalni napon	Efektivna vrijednost	3 s	1 dan	$< 9\% U_n$ za 0 - 1 kHz $< 5\% U_n$ za 1-10 kHz	
Nesimetričnost	Efektivna vrijednost	10 min	1 tjedan	$< 2\%$	

Naponske karakteristike električne energije iz javnih distribucijskih mreža HRN EN 50160:2023

Pravilnik o uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom, NN 84/2022

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Mrežna pravila

4.2.1 Održavanje napona, čl.89. -**Održavanje napona u mreži** u propisanim granicama obveza je operatora distribucijskog sustava,

5. KVALITETA NAPONA ..., čl. 97.

(1) Operator distribucijskog sustava **prati kvalitetu napona i ...**

(2) Operator distribucijskog sustava prati kvalitetu opskrbe električnom energijom:

– **mjerenjem kvalitete napona te**

– **praćenjem pouzdanosti napajanja u mreži.**

NN 74/2018 (17.8.2018.), Mrežna pravila distribucijskog sustava

HEP – OPERATOR DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA D.O.O.

1539

Na temelju članka 44. stavka 3. Zakona o tržištu električne energije («Narodne novine» broj 22/13 i 102/15), HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, Zagreb, uz prethodnu suglasnost Hrvatske energetske regulatorne agencije, klasa: 003-07/18-02/01, urbroj: 371-01-18-15 od 27. srpnja 2018. godine, donio je 6. kolovoza 2018. godine

MREŽNA PRAVILA DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA

1. OPĆE ODREDBE

Članak 1.

(1) Ovim Mrežnim pravilima distribucijskog sustava (u daljnjem tekstu: Mrežna pravila) uređuju se tehnički uvjeti priključenja korisnika distribucijske mreže (u daljnjem tekstu: korisnik mreže) na elektroenergetsku distribucijsku mrežu (u daljnjem tekstu: mreža), planiranje razvoja mreže, pogon i način vođenja mreže te korištenje mreže.

(2) Ovim Mrežnim pravilima posebno se propisuju:

1. tehnički i drugi uvjeti za priključenje korisnika mreže na distribucijsku mrežu i povezivanje s drugim sustavima,
2. tehnički i drugi uvjeti za sigurno preuzimanje električne energije od proizvođača priključenih na distribucijsku mrežu i iz drugih sustava te pouzdanu isporuku kupcima električne energije propisane kvalitete,
3. tehnički uvjeti za pristup mreži i korištenje mreže,
4. tehnički uvjeti za održavanje mreže,
5. obveze korisnika mreže u tehničkom pogledu,
6. planiranje pogona i upravljanje distribucijskim sustavom,
7. postupci pri pogonu distribucijskog sustava u normalnom pogonu mreže i u slučaju više sile, poremećenog pogona mreže, izvanrednog pogona mreže i drugih izvanrednih okolnosti,
8. zaštićeni pojas i posebni uvjeti unutar zaštićenog pojasa elektroenergetskih objekata,
9. način provedbe ograničenja i/ili obustave isporuke/preuzimanja električne energije u uvjetima manjka/viška električne energije u elektroenergetskom sustavu,
10. vrste, kriteriji i način osiguranja usluga u distribucijskoj mreži,
11. tehnički i drugi uvjeti za međusobno povezivanje i rad mreža,
12. metodologija i kriteriji za planiranje razvoja mreže,
13. značajke mjerne opreme na obračunskom mjernom mjestu korisnika mreže.

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Mrežna pravila

5.1 KVALITETA NAPONA

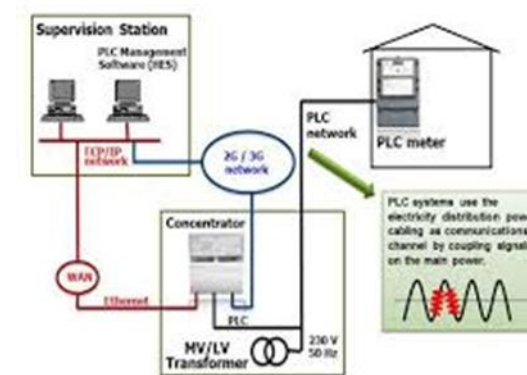
Članak 98.

(1) Mjerenje kvalitete napona provodi se **kontinuiranim i/ili povremenim mjerenjem** kvalitete napona.

(2) ...

(5) U **svrhu indikativnog praćenja kvalitete napona** u mreži, operator distribucijskog sustava koristi i druge izvore podataka, poput sustava daljinskog vođenja mreže (SCADA sustavi), **sustava daljinskog očitavanja brojila (AMR/AMI sustav)**, sustava zaštite i drugih mjernih sustava i uređaja.

PLC Communication



Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

PRAVILNIK O UVJETIMA KVALITETE OPSKRBE ELEKTRICNOM ENERGIJOM

Članak 3.

...uređuje kvalitetu opskrbe električnom energijom: pouzdanost napajanja i **kvalitetu napona** na mjestu preuzimanja

Kvaliteta napona

Članak 46.

Pojedinačni pokazatelj kvalitete napona je usklađenost izmjerenih značajki napona na mjestu preuzimanja i/ili predaje električne energije s vrijednostima navedenim u hrvatskoj normi HRN EN 50160.

Članak 47.

Opći pokazatelj kvalitete napona je udio mjesta preuzimanja i/ili predaje električne energije na kojima su izmjerene značajke napona bile u skladu s hrvatskom normom HRN EN 50160,

NN 84/2022 (20.7.2022.), Pravilnik o uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom

HRVATSKA ENERGETSKA REGULATORNA AGENCIJA

1280

Na temelju članka 60. stavka 5. i članka 112. stavka 1. podstavka 1. točke 12. Zakona o tržištu električne energije («Narodne novine», broj 111/21), Upravno vijeće Hrvatske energetske regulatorne agencije je na sjednici Upravnog vijeća održanoj 14. srpnja 2022. donijelo

PRAVILNIK

O UVJETIMA KVALITETE OPSKRBE ELEKTRICNOM ENERGIJOM

I. OPĆE ODREDBE

Članak 1.

- (1) Ovim Pravilnikom o uvjetima kvalitete opskrbe električnom energijom (u daljnjem tekstu: Pravilnik) uređuju se:
- pokazatelji kvalitete opskrbe električnom energijom,
 - način mjerenja, prikupljanja i objavljivanja pokazatelja kvalitete opskrbe električnom energijom,
 - iznimni događaji u pogledu kvalitete opskrbe električnom energijom,
 - opći, minimalni i zajamčeni standardi kvalitete opskrbe električnom energijom,
 - način regulacije kvalitete opskrbe električnom energijom u ovisnosti o odabranoj metodi regulacije tarifa,
 - financijska kompenzacija (u daljnjem tekstu: novčana naknada) na temelju zajamčenih standarda kvalitete opskrbe električnom energijom,
 - način, dinamika i opseg izvještavanja te dostavljanja podataka Hrvatskoj energetske regulatornoj agenciji (u daljnjem tekstu: Agencija) o kvaliteti opskrbe električnom energijom,
 - sadržaj godišnjeg izvještaja operatora prijenosnog sustava o kvaliteti opskrbe električnom energijom,
 - sadržaj godišnjeg izvještaja operatora distribucijskog sustava o kvaliteti opskrbe električnom energijom i
 - sadržaj godišnjeg izvještaja opskrbljivača o kvaliteti usluga.
- (2) Sastavni dio ovog Pravilnika su:
- Prilog 1. Standardi kvalitete opskrbe električnom energijom,
 - Prilog 2. Format za dostavu podataka o pouzdanosti napajanja operatora prijenosnog sustava i operatora distribucijskog sustava
 - Prilog 3. Dopuslene kombinacije za označavanje dugotrajnih prekida napajanja i
 - Prilog 4. Format za dostavu podataka o prigovorima na kvalitetu opskrbe.

II. DEFINICIJE OSNOVNIH IZRAZA

Članak 2.

- (1) Izrazi koji se koriste u ovom Pravilniku imaju značenja utvrđena zakonima kojima se uređuje energetski sektor, regulacija energetske djelatnosti i tržište električne energije, kao i propisima donesenim na temelju tih zakona.
- (2) U ovom Pravilniku koriste se i izrazi koji u smislu ovog Pravilnika imaju sljedeća značenja:
1. *dugotrajni prekid napajanja* – prekid napajanja koji traje dulje od tri minute.

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

PRAVILNIK O UVJETIMA KVALITETE OPSKRBE ELEKTRICNOM ENERGIJOM

Kvaliteta napona

Članak 55.

(1) **Kvaliteta napona mjeri se** u pogledu usklađenosti izmjerenih značajki napona na mjestu preuzimanja i/ili predaje električne energije s vrijednostima navedenim u hrvatskoj normi HRN EN 50160. Članak 56.

(1) ... i **operator distribucijskog sustava dužni su voditi elektroničku evidenciju** u koju se upisuju i pohranjuju svi podaci i dokumenti o **mjerenjima kvalitete napona** u svrhu izrade izvješća o kvaliteti napona ...

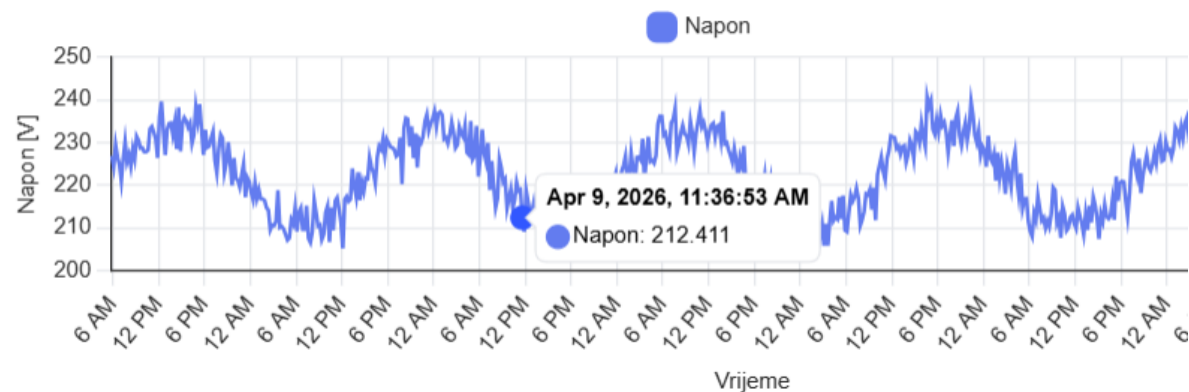


Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Koliko smo u HEP
ODS-u uspješni:

- u održavanju napona u propisanim granicama ?
- praćenju kvalitete napona ?
- mjerenju kvalitete napona ?

Dijagram napona s EN50160 granicama – 7 dana



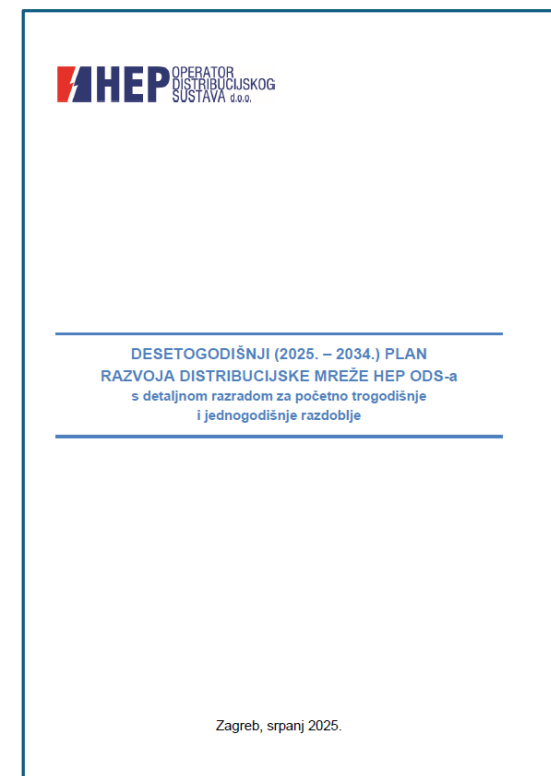
Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

DESETOGODIŠNJI (2025.–2034.) PLAN RAZVOJA DISTRIBUCIJSKE MREŽE

6.10.2. Sanacija naponskih prilika

Od **2009.** do 2013. godine sanacija naponskih prilika (SNP) provodila se kroz poseban investicijski program u okviru planova investicija. U tom razdoblju u sanaciju naponskih prilika uloženo je **66 mil. eura**. Nakon 2013. godine, ulaganja su se nastavila u cilju ... povećanja kapaciteta mreže, **sanacije naponskih prilika** i povećanja sigurnosti opskrbe.

- 2026. g. SNP - Planirana sredstva 7,5 mil. eura
- 2025. g. SNP - Planirana sredstva 3,15 mil. eura
- 2024. g. SNP - Planirana sredstva 2,6 mil eura



Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

DESETOGODIŠNJI (2025. – 2034.) PLAN RAZVOJA DISTRIBUCIJSKE MREŽE

Sanacija postojeće mreže niskog napona za dio distribucijskih područja, poput Elektre Zabok, **još uvijek predstavlja veliki financijski problem**, dok je Elektra Bjelovar uz Elektru Čakovec, Elektru Požegu i Elektru Virovitica riješila problematiku naponskih prilika u svojoj distribucijskoj mreži.

Tablica 6-45 Preostala problematika sanacije naponskih prilika

Distribucijsko područje	Broj trafopodručja	Udio TS SN/NN	Broj NN izvoda	Duljina NN izvoda (km)	Broj kupaca	Trošak zahvata (€)
Elektra Zagreb	21	0,59%	21	13.094	1.286	778.900,00 €
Elektra Zabok	87	9,48%	111	217.524	3.797	6.758.880,00 €
Elektra Varaždin	17	2,02%	17	36.816	627	1.375.200,00 €
Elektra Čakovec	1	0,19%	1	928	67	10.000,00 €
Elektra Koprivnica	10	1,41%	12	10.664	211	389.490,00 €
Elektra Bjelovar	0	0,00%	0	0	0	- €
Elektra Križ	49	3,60%	58	67.570	2.554	2.457.600,00 €
Elektroslavonija Osijek	36	2,27%	64	48.669	1.685	1.147.368,17 €
Elektra Vinkovci	36	4,22%	56	49.390	1.874	1.679.076,78 €
Elektra Slavonski Brod	10	1,37%	11	10.615	426	601.598,47 €
Elektroistra Pula	6	0,29%	6	5.015	146	560.039,00 €
Elektroprimorje Rijeka	42	2,14%	48	42.078	1.558	1.755.690,49 €
Elektrodalmacija Split	81	3,00%	87	75.206	6.678	5.551.041,54 €
Elektra Zadar	17	1,40%	27	17.620	955	1.181.851,02 €
Elektra Šibenik	27	2,62%	29	16.400	1.176	1.197.825,58 €
Elektrojug Dubrovnik	19	4,08%	19	17.930	770	1.724.700,00 €
Elektra Karlovac	56	3,66%	64	99.093	1.793	3.084.190,00 €
Elektra Sisak	48	4,81%	62	132.200	848	4.769.900,00 €
Elektrolika Gospić	60	5,60%	74	121.338	1.218	3.413.771,62 €
Elektra Virovitica	0	0,00%	0	0	0	- €
Elektra Požega	0	0,00%	0	0	0	- €
UKUPNO	623	2,41%	767	982.150	27.669	38.437.122,67 €

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Zaključno o sanaciji naponskih prilika u prošlosti:

Od ranih 90-tih postoji organizirana i planirana ulaganja u sanaciju naponskih prilika - Program SNP-a (sanacije naponskih prilika) i NOV NAP (uvođenje novonormiranih napona).

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Uzroci loših naponskih prilika u niskonaponskim mrežama:

Posljedica priključenja korisnika mreže - smjer potrošnje

-Promjene nazivnog napona 220/380 V na 230/400 V (od početne faze 2000.g, prve faze 2006.g. (+6%,-10%) i konačne faze 2010. g. $\pm 10\%$)

-Posljedice priključenja proizvodnih postrojenja (SE)

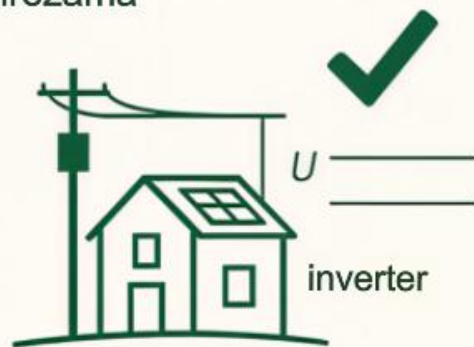
-Posljedica zelene tranzicija (promjene opterećenja, faktora istodobnost, tokova snage - dizalice topline, elektromobilnost, ...)

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Prevenција vs. sanacija – pogled u budućnost

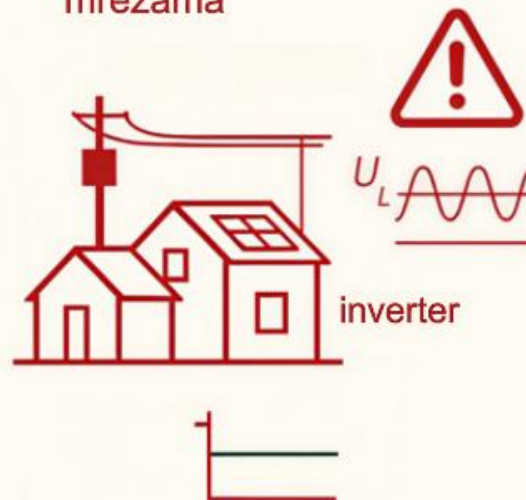
PREVENCIJA vs. SANACIJA

Prevenција loših naponskih prilika zbog priključenja sunčanih elektrana u niskonaponskim mrežama



EN 50160

Sanacija loših naponskih prilika zbog priključenja sunčanih elektrana u niskonaponskim mrežama



Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Mrežna pravila

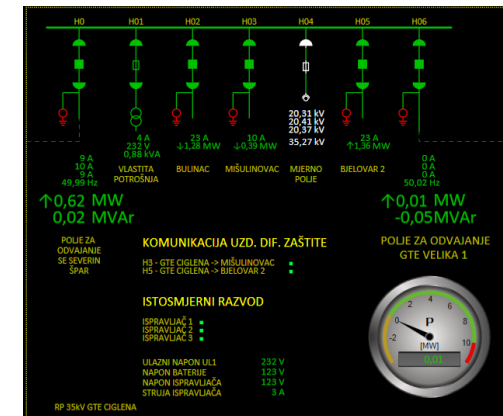
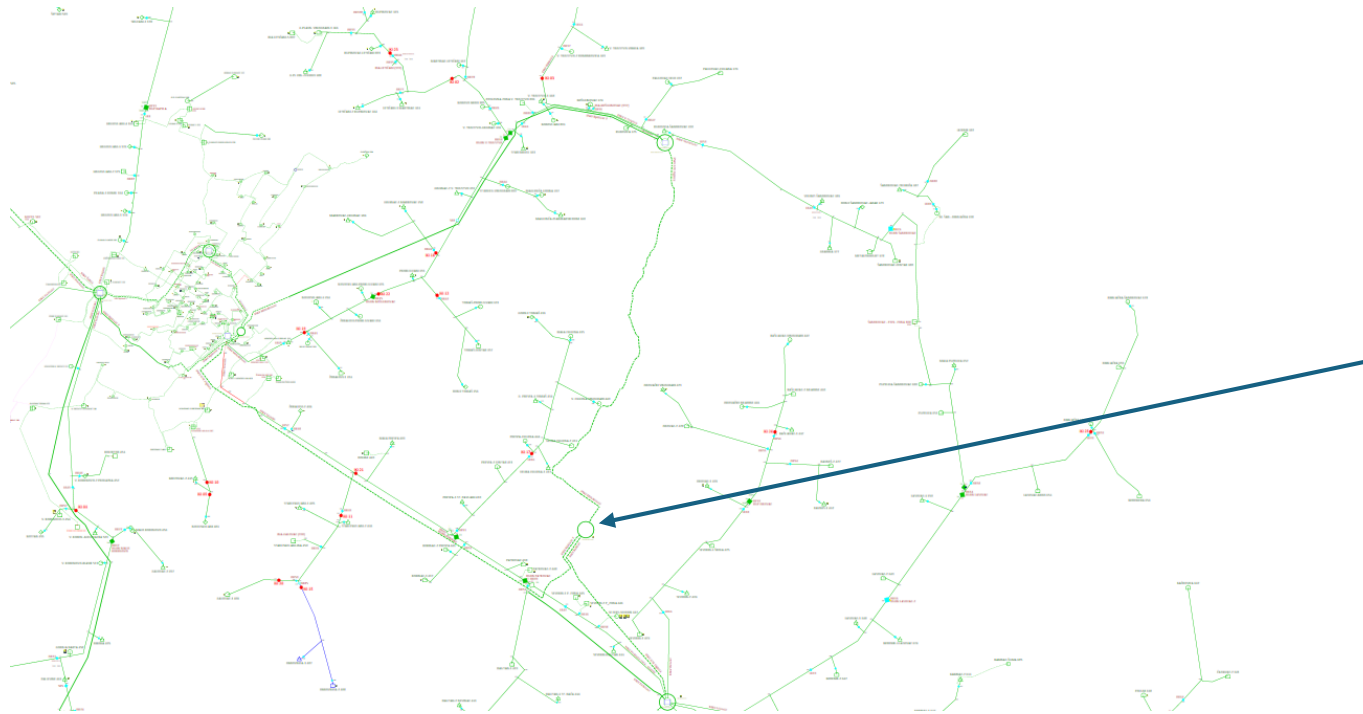
2.4 TEHNIČKI UVJETI ZA PRIKLJUČENJE POSTROJENJA I INSTALACIJE KORISNIKA MREŽE

Članak 26.

Operator distribucijskog sustava dužan je, na zahtjev korisnika mreže, **provjeriti jesu li** na svim postojećim ili planiranim mjestima priključenja u mreži **zadovoljavajući uvjeti** (dopuštena priključna snaga, struja kratkog spoja, način uzemljenja, pouzdanost, **kvaliteta napona** i drugo), tako da se postrojenje i instalacija korisnika mreže može priključiti na mrežu bez negativnog povratnog utjecaja na mrežu.

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Shematski prikaz 35 kV mreže - priključenje GTE Velika 10 MW



Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Inicijalni sustav za praćenje kvalitete napona

- IEL PQ VISA prati sve parametre prema EN 50160
- 30 mjernih mjesta, većinom na srednjem naponu
- Uređaji klase A (MT-40S i PQube 3) i klase S (MT-20)
- Dodatne mogućnosti:
 - Promjena perioda i detalja tabličnog prikaza
 - Pregled mjenenog tjedna za odabranu lokaciju
 - Prikaz pojedinih veličina na grafu
 - Snimke događaja
 - Izrada PDF izvještaja
 - Spremanje grafova i tablica
 - Prikaz ukupne energije
 - Čitanje trenutnih mjerenja
 - ...

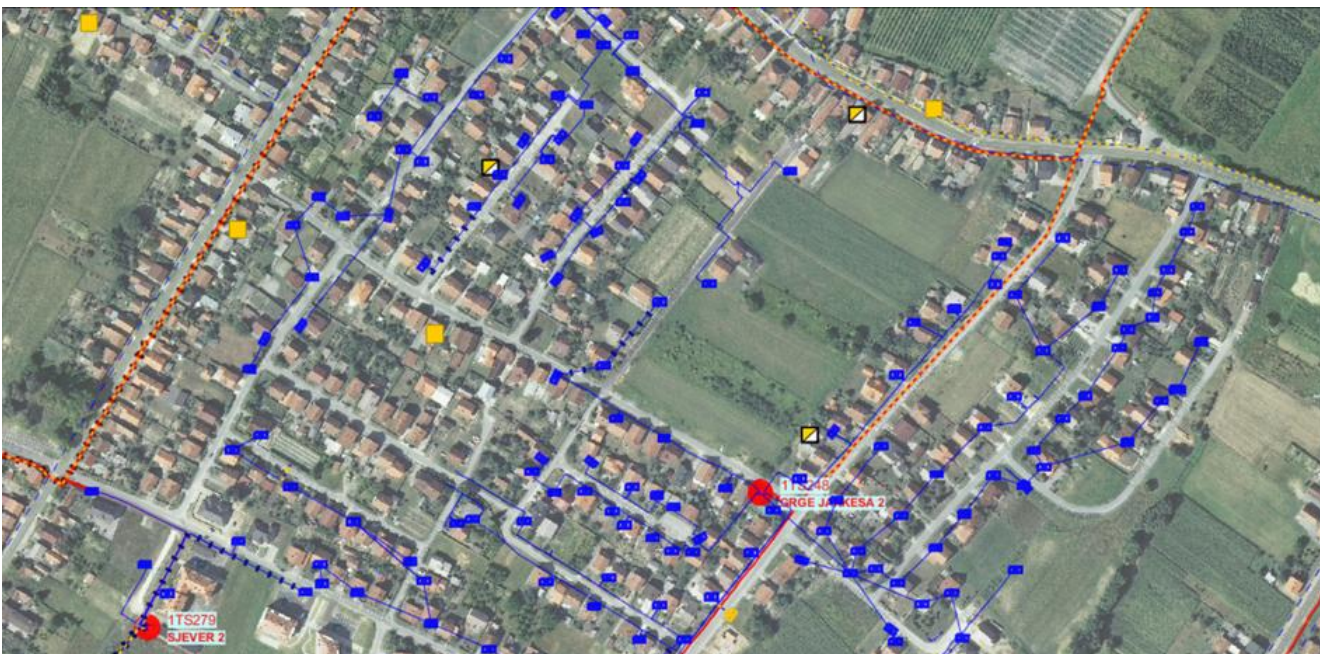
KVALITETA EL. ENERGIJE - GRUPNI PRIKAZ

Prikaz: kalendarski tjedan Od: siječanj 2024 Do: veljača 2024

OBJEKT	MJERNO MJESTO	NAPONSKI NIVO	PROIZVOĐAČ	MODEL	2024					
					siječanj					
					W01	W02	W03	W04	W05	W06
Bioenergana Bjelovar 1	Mjerno polje =J6	20kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
BPE Gradec	=J7 Mjerno polje 1...	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
BPE Gudovac	=J6 Mjerno polje 2...	20kV	PSL	PQube 3	■	■	■	■	■	■
BPE Orehovec	-A205	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
RP 20 kV Koestlin 1	=J8 Mjerno polje	20kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
RP More	=J8 Mjerno polje 1...	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS 10/0,4kV Doline (449)	NN ormar - TS	0,4kV	IEL	MT-20	■	■	■	■	■	■
TS 10/0,4kV Hrgovljani 3	NN izlaz Skucani-d...	0,4kV	IEL	MT-20	■	■	■	■	■	■
TS 10/0,4kV Hrgovljani 3	NN izlaz Skucani-d...	0,4kV	IEL	MT-20	■	■	■	■	■	■
▶ TS 10/0,4kV Hrgovljani 3	NN izlaz Skucani-d...	0,4kV	IEL	MT-20	■	■	■	■	■	■
TS 10/0,4kV INA Leticani 5 (807)	NN ormar - TS	0,4kV	IEL	MT-20	■	■	■	■	■	■
TS 10/0,4kV Severin 2 - poslovna zo...	NN ormar - TS	0,4kV	IEL	MT-20	■	■	■	■	■	■
TS 20/0,4kV Šperploca	=J6 Mjerno polje	20kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS 35/10 kV Orehovec	Trafo 1	10kV	PSL	PQube 3	■	■	■	■	■	■
TS 35/10 kV Orehovec	Trafo 2	10kV	PSL	PQube 3	■	■	■	■	■	■
TS 35/10 kV V. Grđevac	Trafo 1	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS 35/10 kV V. Grđevac	Trafo 2	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS 35/10(20) kV Apatovac	=H3	35kV	PSL	PQube 3	■	■	■	■	■	■
TS 35/10(20) kV Križevci 1	=J08 Trafo 2	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS 35/10(20) kV Križevci 1	=J14 Trafo 1	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS 35/10(20) kV Predavac	=H3	35kV	PSL	PQube 3	■	■	■	■	■	■
TS 35/10kV Bulinac	=H1 SE Bulinac	35kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS 35/10kV Bulinac	=K5 Trafo 1	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS 35/10kV Bulinac	=K6 Trafo 2	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS 35/10kV Tkalec	=J5 Trafo 1	10kV	PSL	PQube 3	■	■	■	■	■	■
TS 35/10kV Tkalec	=J9 Trafo 2	10kV	PSL	PQube 3	■	■	■	■	■	■
TS Mišulinovac	Trafo 1	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS Mišulinovac	Trafo 2	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS Mundus Viridis	=J6 Mjerno polje	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■
TS Slavonska cesta	=J6	10kV	IEL	MT-40S	■	■	■	■	■	■

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Postojeći sustav za praćenje kvalitete napona - daljnji razvoj sustava ?

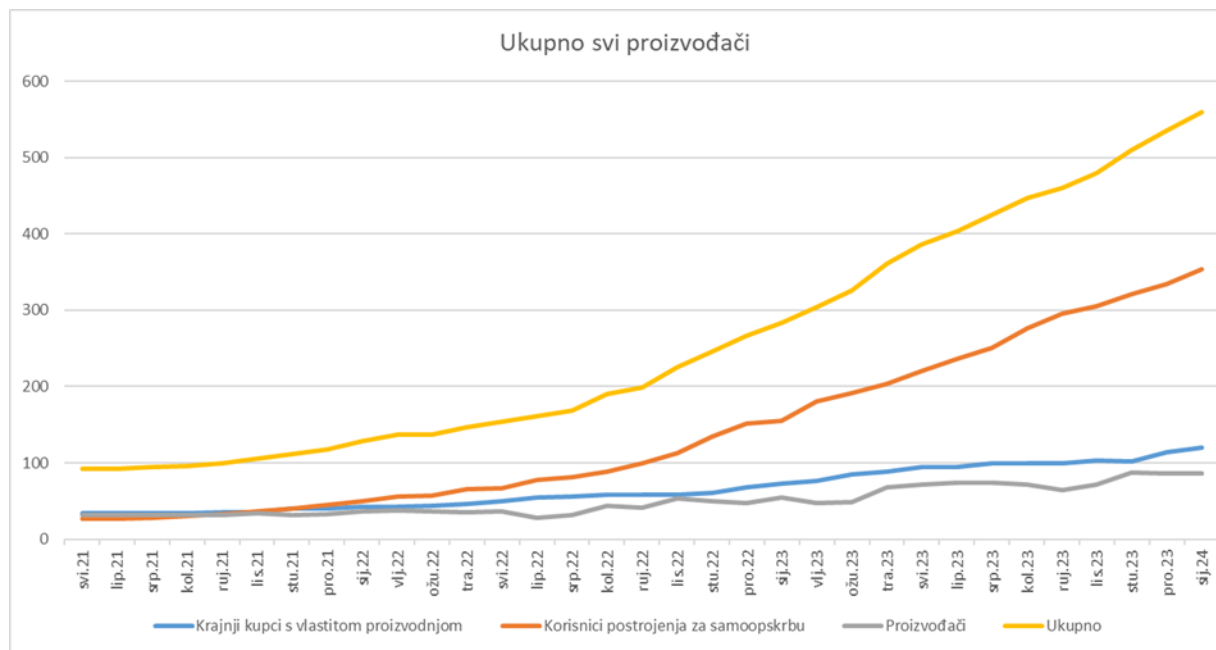
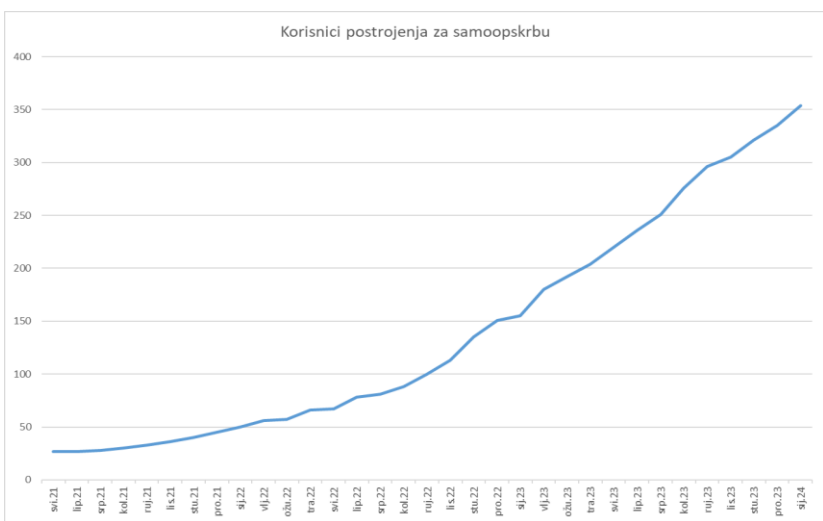


- Zašto je sustavno praćenje napona u NN mrežama neophodno ?
- Kako sustav proširiti na veliki broj mjesta mjerenja u niskonaponskim mrežama ?
- Sa kojim uređajima za mjerenje kvalitete napona (električne energije) sustav dalje razvijati ?

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

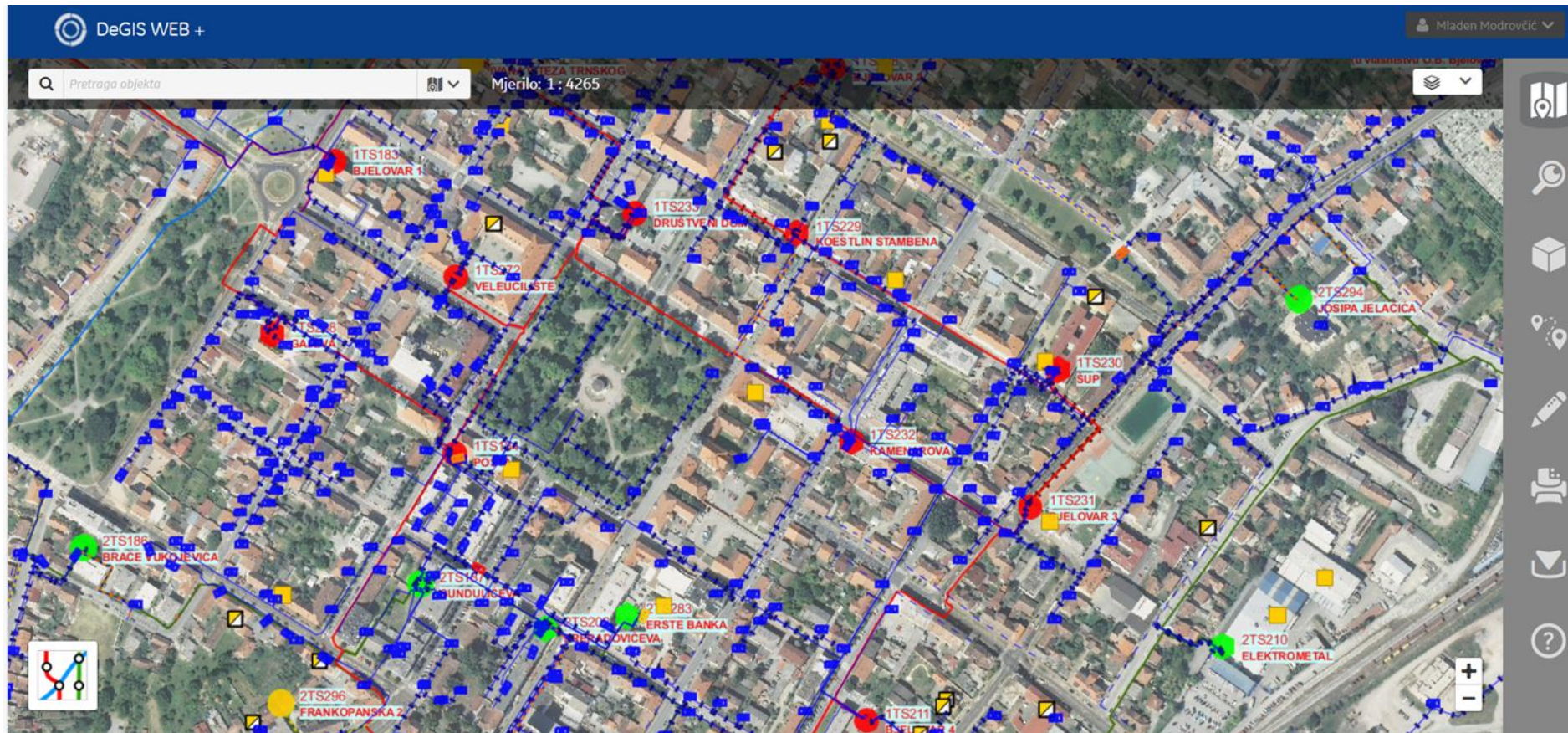
Zašto je sustavno praćenje napona u NN mrežama neophodno ?

- Zbog značajnog porasta priključenih postrojenja za proizvodnju električne energije (proizvođači, samoopskrba, KVP)



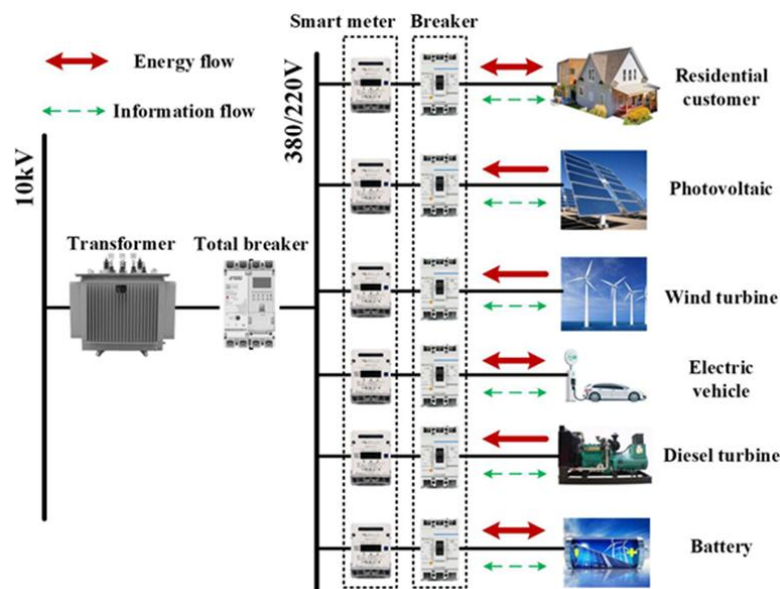
Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Novi sustav se bazira na postojećoj infrastrukturi - DeGIS



Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

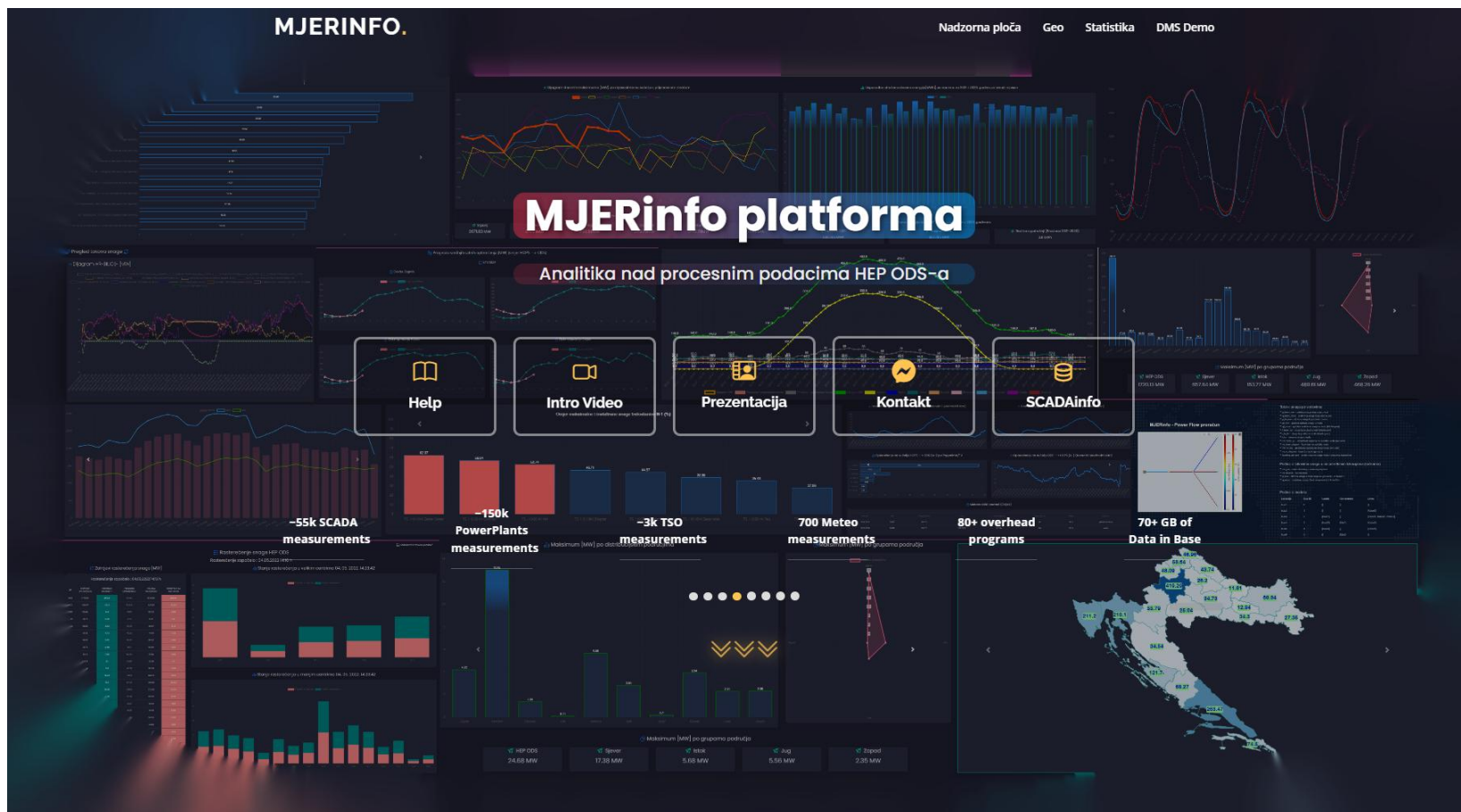
Novi sustav se bazira na postojećoj naprednoj mjernoj infrastrukturi



Mjerna infrastruktura - maksimalno iskoristiti postojeću infrastrukturu za mjerenje struja i napona, snaga, ... u realnom vremenu – iskoristiti implementaciju postojeće NAPREDNE MJERNE INFRASTRUKTURE HEP ODS-a

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Novi sustav se bazira na postojećoj infrastrukturi – MJERInfo



Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Indikativna kontrola napona elektrana priključenih na mrežu (14.7.2023.)

Za svako mjerno mjesto dodan stupac broja dana koji su >110% i <90%.

Sortirano po broju „loših” dana, prvo prema >110%, a zatim prema <90%.

Indikativna kontrola napona na elektranama priključenim na distribucijsku mrežu

DP 4006 11.11.2025. – 15.3.2026.

Odaberi elektranu za dodatnu analizu mjesečnih vremenskih serija

Filter: Legend: > 253 V 248,4 V – 253 V 241,5 V – 248,4 V 218,5 V – 248,5 211,6 V – 218,5 V 207 V – 211,6 V < 207 V

Pronađi mjerenje napona prema POD broju brojila / Naziv Elektrane / TS ID / TS Name / NN Izvod

	Maksimum	Srednja vrij.	Minimum	TS ID	TS Naziv	NN Izvod	br.dana >253V	br.dana <207V	Obradeno dana
385004006041214578	265.1	234.8	187.1	2TS409	MALA PRESPA	SEVERIN	126	115	129
385004006006801331	266.8	245.55	216.4	ITS4417	VINAREC	PREMA OREHOVCU	118	0	129
385004006005403901	272.0	236.81	188.0	ITS2405	VOJAKOVAC – VUJIĆI	VUJIĆI	114	110	128
385004006007408379	259.1	245.11	219.6	ITS4207	GREGUROVEC	PREMA ERDOVCU	105	0	129
385004006006701624	259.6	218.94	204.0	ITS4417	VINAREC	PREMA POPOVCU	103	1	129
385004006006801928	255.0	245.3	213.0	ITS4417	VINAREC	PREMA OREHOVCU	101	0	128
385004006005416130	268.6	235.02	188.1	ITS2405	VOJAKOVAC – VUJIĆI	PREMA BREZOVOM MOSTU	94	112	129
385004006031013266	254.9	248.35	228.1	ITS4207	GREGUROVEC	PILANA	86	0	129

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Kriterij prikaza napona prema normi EN 50160

- Prikaz tjednih mjerenja napona koja nisu 95% vremena unutar granica 90-110%.
- Omogućeno iscrtavanje detaljnih grafova napona, energije i struje.
- Raspoređeno po mjesecima.

Norma EN 50160 (95% vremena)

Odaberi mjesec: ▾

2024. godina, 01. mjesec

Filter:

Pretraži elektranu po nazivu

Naziv	Tjedan	MeaPoint	Faza	Broj mjerenja izvan norme u tjednu	Ukupan broj mjerenja tjednu	Postotak [%]	Graf
OPG HABDIJA DAVORKO	2024-01-15/2024-01-21	54323980	LP: U2	203	476	42.65	📊 ↕
OPG HABDIJA DAVORKO	2024-01-08/2024-01-14	54323980	LP: U2	114	292	39.04	📊 ↕
OPG HABDIJA DAVORKO	2024-01-29/2024-02-04	54323980	LP: U2	102	288	35.42	📊 ↕
OPG HABDIJA DAVORKO	2024-01-22/2024-01-28	54323980	LP: U2	123	480	25.62	📊 ↕
OPG HABDIJA DAVORKO	2024-01-01/2024-01-07	54323980	LP: U2	123	572	21.5	📊 ↕
MALJAK ĐURICA	2024-01-29/2024-02-04	67493213	LP: U1	30	288	10.42	📊 ↕
ŽUGEĆ DARKO	2024-01-15/2024-01-21	87759881	LP: U1	161	713	22.58	📊 ↕
ŽUGEĆ DARKO	2024-01-22/2024-01-28	87759881	LP: U1	109	720	15.14	📊 ↕

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Korištenje i budući razvoj aplikacije

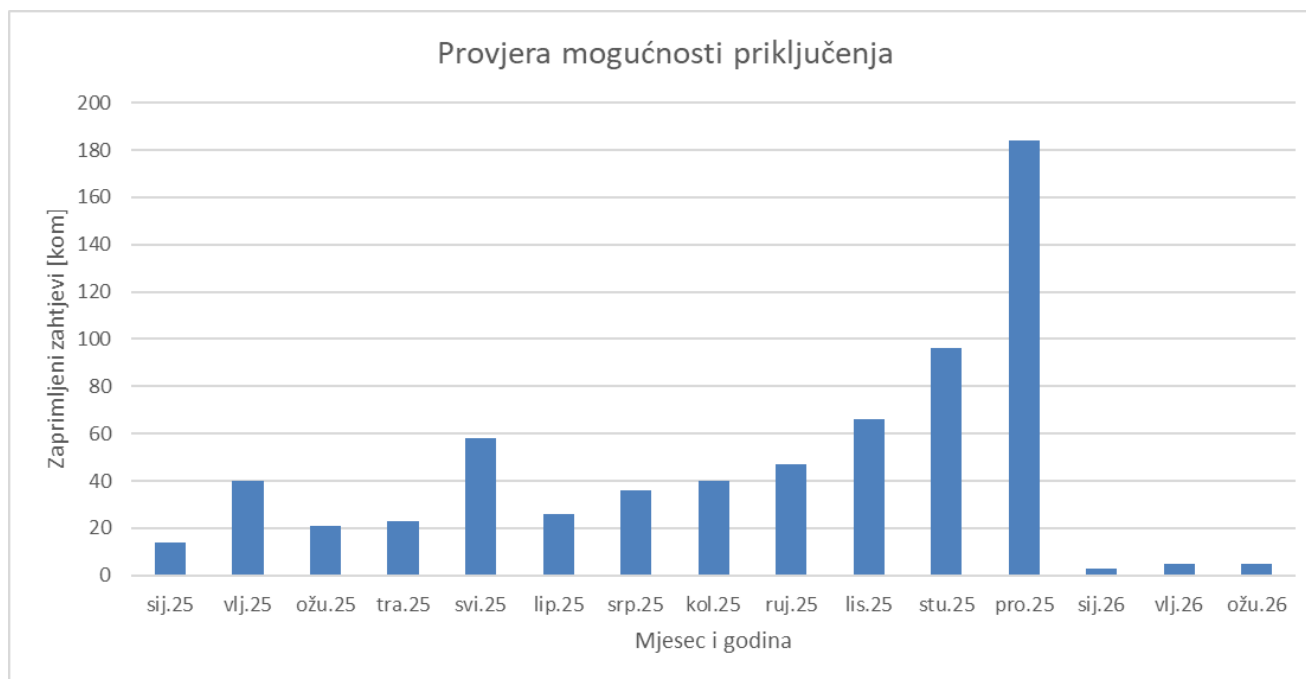
- Do danas je u Elektri Bjelovar aplikacija **proširena** na 1249 omm-ova sa proizvodnim postrojenjem i konstantno se dodaju nova mjerna mjesta.
- **Primjene aplikacije:**
 - Nadopuna pogonskim mjerenjima
 - Polazna točka za proračune mogućnosti priključenja novih elektrana.
 - Kontrola jednostavnih i složenih proračuna u postupcima priključenja
 - Korištenje pri planiranju razvoja mreža niskog napona.

Plan proširenja na:

- sumarna mjerenja TS 10(20)/0,4 kV,
- mjerna mjesta kategorije potrošnje nn poduzetništvo (t.m. crveni)
- najudaljenija 3f mjerna mjesta korisnika na pojedinom NN izvodu
- ostala karakteristična mjerna mjesta

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

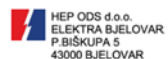
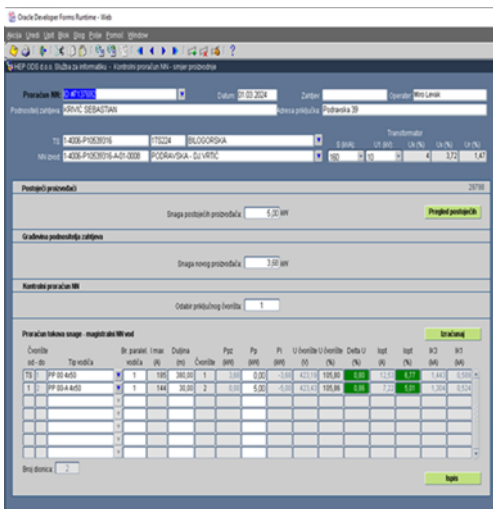
Što dalje ?



Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Što dalje ?

HITNO zamijeniti postojeće neintegrirane proračune novim inovativnim rešenjima



KpNN za smjer proizvodnje broj: 100002

Datum proračuna: 20.02.2024.
 Kupac: Šok Mladen
 Adresa priključka: Bočkovec 19

Transformatorska stanica (TS)

Šifra TS	GIS šifra	Naziv TS	U ₁ (kV)	U ₂ (V)	Snaga transformatora (kVA)
1-4006-P10539729	1TS4-103	BOČKOVEC	10	420	100

NN izvod

NN izvod	Postojeći proizvođači na izvodu	Gravevina podnositelja zahijeva	Mjesto priklj. građevine
Šifra i naziv NN izvoda	P _{PRISLUČNO} (kW)	P _{PROIZVOĐAČ} (kW)	Čvoršte broj
1-4006-P10539729-A-01-0002 : PREMA GUŠČEROVCU	0,00	10,00	1

Parametri magistralnog voda

Čvoršte red.-br.	Tip vodiča	Br. vodiča u paraleli	I _{max} (A)	Dužina (m)	Iopt (A)	Iopt (%)	Čvoršte broj	R _{opt} (Ω)	U _{opt} (V)	U _{opt} (%)	Delta U (%)	I ₀ (A)	I ₀ (%)
TS 1	X200-A.3x35+71.5	1	138	1.200,00	14,43	10,46	1	-10,00	446,04	111,51	-0,51	0,238	0,122
TS 2	X200-A.3x35+71.5	1	138	100,00	0,00	0,00	2	0,00	446,04	111,51	-0,51	0,218	0,111

Iznosi struja i / ili napona su izvan propisanih granica.

Izdrio: Miro Levak mag.ing.el.



Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Što dalje ?

Hitno započeti izradu platforme/ aplikacije za proračun tokova snaga za niskonaponske mreže sa distribuiranim izvorima električne energije baziranoj na naprednoj mjernoj infrastrukturi i DeGIS-u

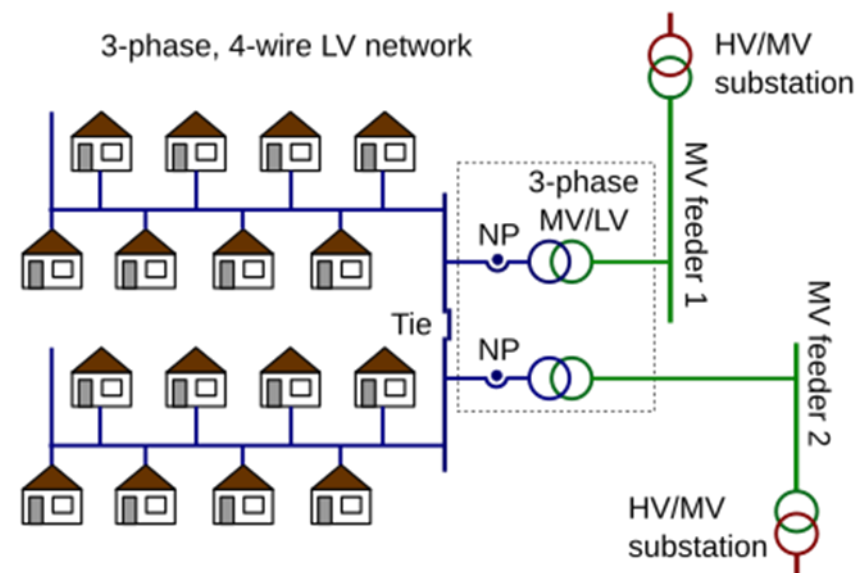


Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Razvoj projekta Distribution Management System (DMS za niskonaponske mreže HEP ODS-a)

O čemu se radi ?

Projekt predstavlja razvoj i implementaciju napredne platforme (aplikativnog rješenja) za prikaz postojećih stanja (strujno-naponskih prilika), modeliranje i proračune budućih stanja te modeliranje i upravljanje fleksibilnošću u NISKONAPONSKOM dijelu elektro-distribucijske mreže HEP ODS-a – sve na postojećoj infrastrukturi HEP-a.



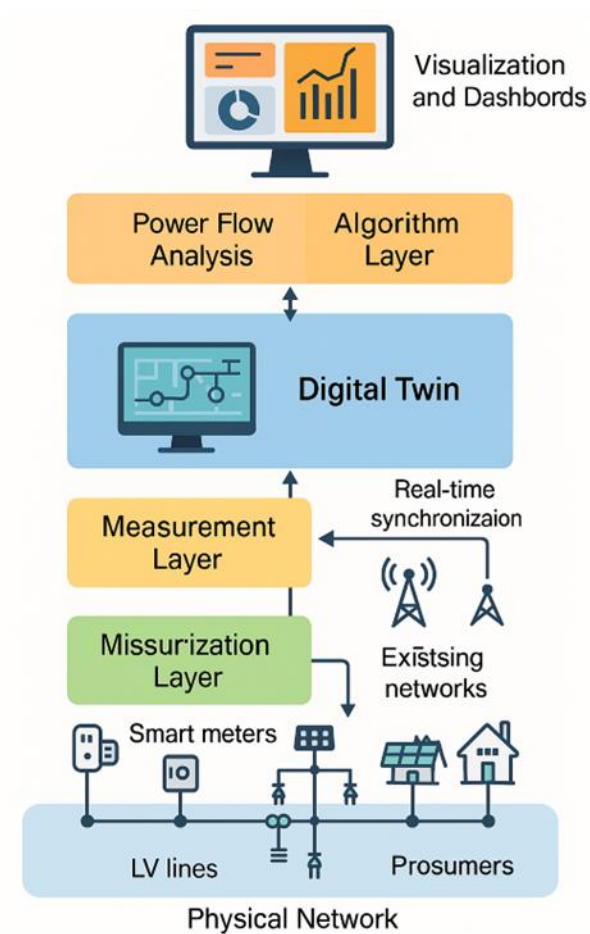
Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Vizija – što želimo postići ?

Krajnji cilj:

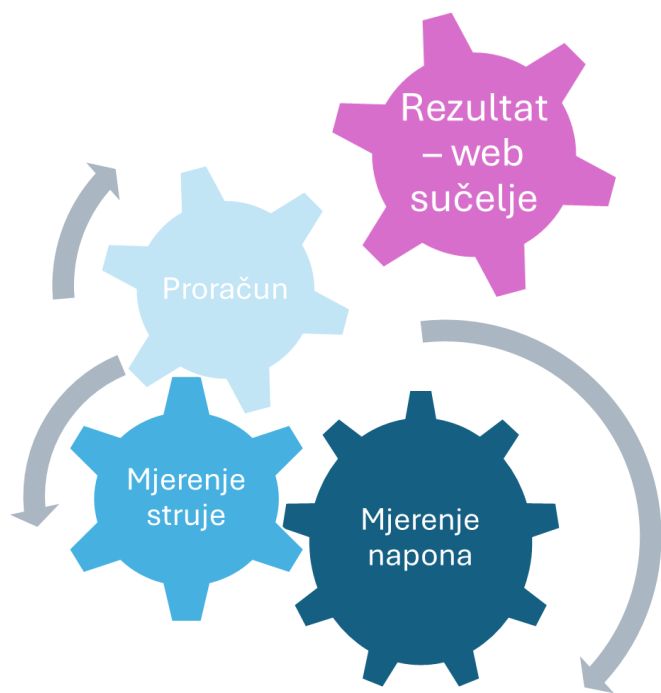
Pretvoriti niskonaponsku mrežu iz pasivnog sustava u dinamičnu, optimiziranu i fleksibilnu platformu spremu za buduće izazove

RAZVITI DIGITALNU PLATFORMU ZA prikaz i praćenje, analizu i modeliranje ključnih parametara u niskonaponskim mrežama (struja, napon, snaga, $\cos \phi$, HOSTING CAPACITY,) uz mogućnost modeliranja fleksibilnosti i pripreme za napredne DSO funkcije



Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Imamo li konačan cilj ?



Pozitivan
rezultat

- Priključenje postrojenja

Negativan
rezultat

- Priključenje nije moguće (npr. čl. 18 Pravila)
- Potrebno odrediti rok u kojem će biti moguće

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Negativan rezultat

- **Priključenje nije moguće (npr. čl. 18 Pravila o priključenju)**
- **Potrebno odrediti rok u kojem će biti moguće**

Inovativna tehnološka rješenja za snižavanje povišenog napona:

Smanjenje referentnog napona u TS x/10(20) kV sa automatskom regulacijom, [1]

Upotreba transformatora 20(10)/0,42 kV, +10%, -5%*, [1]

Upotreba transformatora 20(10)/0,40 kV*, [1]

Upotreba transformatora 21(10,5)/0,42 kV (1/3)*, [1]

VRDT transformator (OLTC) 20(10)/0,42 kV*, [1]

Regulacija napona jalovom snagom prema normi HRN EN 50549-1**, [2]

[1] Inovativna tehnološka rješenja za snižavanje povišenog napona u uvjetima distribuirane proizvodnje, Renato Čučić, 2025.g.
[2] Regulacija napona jalovom snagom iz sunčanih elektrana na niskom naponu, Ivan Burul, 2025.g

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

Klasična tehnološka rješenja stvaranja tehničkih uvjeta priključenja (čl. 18 Pravila o priključenju):

- Rekonstrukcija MRNN – povećanje presjeka vodiča
- Interpolacija nove TS 10(20)/0,4 kV (skraćenje petlje)
- Ugradnja regulatora napona 0,4 kV

Određivanje roka realizacije gornjih rješenja ???

Osiguravanje finansijskih sredstava za investicijsko ulaganje ???

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

ZAKLJUČAK

Nastaviti sa daljnjim razvojem Aplikacije
za praćenje i analizu napona

HITNO razviti modul za proračune tokova
snaga u NN mreži korištenjem SW
DeGIS-a i napredne mjerne infrastrukture

Razviti web sučelje - provjera mogućnosti
priključenja postrojenja za korisnike
mreže

Kritički sagledati i
revidirati
Upute/Smjernice
za projektiranje
niskonaponskih
distribucijskih
mreža

Upravljanje naponom na sučelju prijenosne i distribucijske mreže

- Prezentaciju pripremili:
- Funkcija vođenja pogona:
Elektra Bjelovar, Služba za vođenje: Štefan Ivičić, Igor Bujan
- Funkcija pristupa mreži:
- Elektra Bjelovar, Služba za realizaciju i pristup mreži: Andrija Bilek, Dalibor Cinek, Miro Levak

Hvala na pozornosti

Prezentaciju strukturirao i objedinio:
mr.sc. Mladen Modrovčić

Zagreb, 09.04.2026.g.