

Željko Sokodić, dipl.ing.el.
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
Zeljko.sokodic@hep.hr

Josip Kožar, dipl.ing.el.
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.
Josip.kozar@hep.hr

ULOGA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U IZVANREDNOM POGONU

SAŽETAK

Dana 15.09.2022. g. područje Grada Čazme zadesilo se izrazito jako olujno nevrijeme s velikom materijalnom štetom. Tom prilikom oštećeno je glavno napajanje, odnosno jedini dalekovod 35 kV (DV) koji napaja područje Grada Čazme. Istovremeno su oštećeni dalekovodi 10 kV kojima se konzum Čazme može napojiti iz susjednih TS 35/10 kV. Kao posljedica ispada navedenih dalekovoda bez napajanja je ostalo ukupno 5551 korisnik mreže s opterećenjem od oko 4,5 MW. S obzirom na ozbiljnost kvara na DV 35 kV Šumećani – Čazma (srušeni stupovi) pristupilo se žurnoj sanaciji 10 kV vodova i pokušaju uspostave izvanrednih uvjeta napajanja preko 10 kV mreže iz susjednih TS 35/10 kV.

Na području Grada Čazme postoje dvije bioplinske elektrane ukupno instalirane snage 2 MW. Odmah po smirivanju vremena sagledalo se stanje mreže te se pristupilo sanaciji najmanje oštećenog 10 kV DV Križ – Čazma napajanog iz TS 35/10 kV Križ. Bili smo u kontaktu s operaterom bioplinskih elektrana radi što brže uspostave napajanja električnom energijom nužnih funkcija (rasvjeta, opskrba vodom i sl.). Nakon otklanjanja kvara na DV 10 kV Križ – Čazma, prvo uključivanje agregata nije bilo uspješno jer su agregati bez regulacije. Za uspješnu sinhronizaciju bilo je potrebno odrediti optimalnu proizvodnju elektrana te su iste uspješno sinkronizirane na mrežu oko 18 h upravo u vrijeme uključivanja javne rasvjete.

Svrha ovog rada je pokazati moguću ulogu obnovljivih izvora u elektroenergetskom sustavu (OIE) te sinergijsko djelovanje prilikom izvanrednih uvjeta, a isto tako razmotriti mogućnost otočnog rada OIE uz prilagođenje djelovanja zaštite generatora za takvu mogućnost rada ili ugradnju baterijskog spremnika energije koji bi vodio sustav u izvanrednom pogonu.

Ključne riječi: izvanredni pogon, otočni rad, bioplinska elektrana, adaptivna zaštita, baterijski spremnik energije

ABSTRACT

On September 15th, 2022. the greater Čazma city area has been hit by an extreme weather event during which, the main power supply - the only 35 kV transmission line that supplies the area of the City was damaged. At the same time, the 10 kV transmission lines were also damaged, which can feed the Čazma consumer area from the neighboring 35/10kV substations. A total of 5,551 network users with a load of about 4.5 MW were left without electric power as a result of the failure. DSO started urgent repairs of 10 kV transmission lines and an attempt to establish extraordinary conditions of power supply via the 10 kV network from the neighboring 35/10 kV substations was made.

In the greater Čazma city area there are 2 biogas power plants with a total installed capacity of 2 MW. Immediately after the weather calmed down, we started the repairs on the least damaged 10 kV transmission line Križ - Čazma, fed from 35/10 kV Križ substation. We have been in contact with the biogas power plant operators in order to establish the electricity supply of the essential services (light, water supply, etc.) as quickly as possible. After fixing the fault on the 10 kV transmission line, the first start-up of the generators was not successful because the generators are without regulation. For a successful synchronization, it was necessary to determine the optimal production of the power plants, and they were successfully synchronized to the grid at around 6 p.m., exactly at the time when public lighting was automatically switching on.

The purpose of this work is to show the possible role of renewable sources in the power system and synergistic action during extraordinary conditions, and also to consider the possibility of island operation of OIE with the adaptation of generator protection for such a possibility of operation or the installation of a battery energy storage that would run the system in extraordinary operating conditions.

Keywords: extraordinary power supply conditions, island operation, biogas power plant, adaptive protection, battery energy storage

1. UVOD

1.1. Pouzdanost sustava

Djelatnost distribucije električnom energijom propisana je kroz nekoliko zakona, podzakonskih akata [1] i internih pravila. Tako su propisani Pojedinačni i opći pokazatelji pouzdanosti napajanja i kvalitete napona, a koriste se kao kriterij za planiranje razvoja mreže. Planiranje razvoja mreže uključuje sljedeće međusobno povezane analize:

- analizu sigurnosti opskrbe, kojom se određuju nužna minimalna ulaganja, za normalni pogon mreže, uvažavajući očekivanu promjenu opterećenja u planskom razdoblju te trajanje pripreme i provedbe zahvata u mreži,
- analizu raspoloživosti mreže prema kriteriju (n-1), uz uključene uvjete sigurnosti opskrbe,
- analizu pouzdanosti napajanja korisnika mreže, u skladu s ciljanim vrijednostima pokazatelja pouzdanosti napajanja (broj i trajanje prekida napajanja), te
- analizu ekonomske opravdanosti ulaganja u mrežu, koja osim troškova ulaganja, treba uzeti u obzir i troškove gubitaka električne energije te troškove neisporučene električne energije kao i troškove pogona te održavanja mreže, uz uključene uvjete sigurnosti opskrbe.

Za postizanje zadovoljavajućih vrijednosti pokazatelja pouzdanosti napajanja, broj i trajanje prekida jedan od najvažnijih kriterija je analiza raspoloživosti mreže prema kriteriju (n-1).

Koncepcija mreže na SN naponskoj razini treba biti takva da se u pravilu osigura kriterij (n-1) ukoliko je to ekonomski opravdano, a sve u svrhu ispunjenja zahtjeva kvalitete opskrbe električnom energijom u dijelu pouzdanosti napajanja. Kriterij (n-1) je ispunjen ukoliko je:

- u transformatorskim stanicama VN/SN i SN/SN uključen samo jedan transformator, opterećen do uključivo 100% nazivne snage, a drugi je u ispravnom stanju u rezervi i u čvorištu SN mreže za koje postoji mogućnost radijalnog napajanja iz više smjerova,
- ukoliko su svi vodovi koji napajaju čvorište opterećeni do uključivo 100% nazivne snage, a iznos napona na obračunskim mjernim mjestima u rasponu od $\pm 10\%$ nazivnog napona za svaki razmatrani smjer napajanja.

Iz navedenog težimo:

$$(n-1) > 0, \text{ za } n \in \mathbb{N} \quad (1)$$

Pri čemu je:

n - broj vodnih polja iz TS VN/SN i SN/SN

1.2. Postojeće stanje napajanja električnom energijom Grada Čazma

TS 35/10 kV Čazma nalazi se u pojnom području TS 110/35 kV Ivanić i u postojećem stanju nema zadovoljavajući rezervni smjer napajanja 35 kV dalekovodom. Iz TS 35/10 kV Šumećani energija se dovodi radijalnim 35 kV dalekovodom do distribucijskog područja TS 35/10 kV Čazma koja napaja korisnike na 10 kV pogonskom naponu. Srednje opterećenje transformatorske stanice je na razini 4 MVA dok je maksimalno opterećenje na razini 6,5 MVA u slučaju prekapčanja i izvanrednog pogona. U TS 35/10 kV Čazma instalirana su dva transformatora od 8 MVA grupe spoja Dyn5.

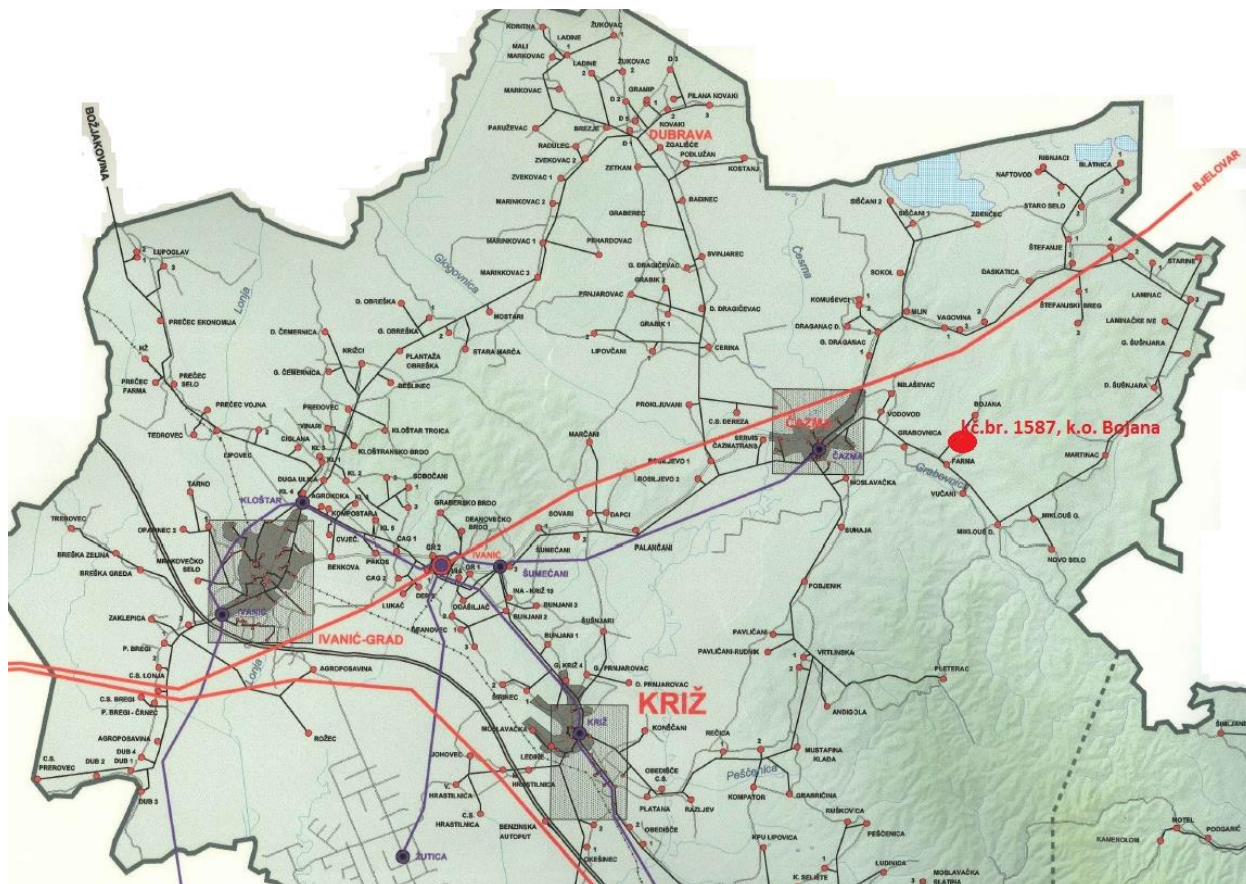
U postojećem stanju TS 35/10 kV Čazma nema zadovoljavajući rezervni smjer napajanja 35 kV vodom pa za zadovoljavanje kriterija (n-1) trenutno se koriste tri 10 kV dalekovoda prema područjima susjednih TS 35/10 kV:

- 10 kV DV Dubrava prema TS 35/10 kV Kloštar,
- 10 kV DV Šumećani prema TS 35/10 kV Šumećani i
- 10 kV DV Vrtlinska prema TS 35/10 kV Križ.

U uvjetima nedostupnosti primarnog smjera napajanja na 35 kV naponskoj razini (od TS 110/35 kV Ivanić preko TS 35/10 kV Šumećani) nije moguće u potpunosti zadovoljiti pogonske zahtjeve. Na području pojne TS 35/10 kV Čazma priključena je bioplinska elektrana (BPE) Bojana snage 2 MW te su strujno-naponske prilike u normalnom pogonu zadovoljavajuće. BPE Bojana je spojena u 10 kV dalekovod Martinac iz TS 35/10 kV Čazma. Prema Mrežnim pravilima koja reguliraju otočni pogon

distribuirane proizvodnje beznaponska pauza koju uzrokuje ispad onemogućava napajanje lokalnih potrošača iz BPE Bojana i koja se uslijed ispada mora isključiti s mreže.

Trenutno stanje prikazano je na slici 1.



Slika 1.

1.3. Razvoj SN mreže na području Grada Čazma

Na postojećem konzumu električne energije Grada Čazma ranije su započete aktivnosti na prelasku SN mreže s rada na 10 kV nazivnom naponu na 20 kV nazivni napon. U cilju osiguravanja kriterija (n-1) do trenutka prelaska susjednih TS 35/10 kV na 20 kV naponsku razinu predloženo je rješenje ugradnje baterijskog spremnika energije. Od strane Fakulteta Elektrotehnike i računarstva, Zavod za visoki napon 2019. godine izrađen je: Tehničko-tehnološki elaborat "Pilot projekat određivanje tehničkih značajki spremnika energije u sredjenaponskoj distribucijskoj mreži Elektre Križ na području Čazme". Navedenim rješenjem omogućio bi se rad TS 35/10 kV Čazma preko voda Vrtlinska iz TS 35/10 kV Križ, a nedostatak energije u takvim uvjetima nadoknadio bi se iz baterijskog spremnika energije koji bi se nadopunjavao iz BPE. Trenutno je zbog zakonskih odredbi Zakona o tržištu električne energije NN 111/2021 projekt zaustavljen. Zbog navedenog pokrenute su intenzivnije aktivnosti na prelasku susjednih TS 35/10 kV na 20 kV naponsku razinu.

U spomenutom elaboratu [2] obrađena je analiza napajanja iz svakog od tri moguća alternativna pravca preko vodova 10 kV uzimajući u obzir i rad BP elektrane.

Uz pretpostavku stacionarnog pogona preko samo jednog od tri dostupna n-1 smjera u 10 kV mreži preko 10 kV izvoda Dubrava iz TS 35/10 kV Kloštar i izvoda Dubrava iz TS 35/10 kV Čazma moguće je djelomično ostvariti napajanje korisnika pojnog područja TS 35/10 kV Čazma za razmatrani maksimalni scenarij. Bez proizvodnje BPE Bojana za razmatrani maksimalni scenarij, napajanja korisnika pojnog područja TS 35/10 kV Čazma je moguće u samo u manjem broju perioda u godini kada je opterećenje ispod 0,4 MW s tim da naponske prilike niti tada ne zadovoljavaju. Granični iznos snage koju je moguće dobiti uz pretpostavku da se cijelo pojno područje napaja iz smjera TS 35/10 Kloštar ograničeno naponskim prilikama u promatranom području. Situacija se nešto popravlja uz proizvodnju

BPE Bojana od 2 MW. Uz maksimalnu proizvodnju (2 MW) i $\cos \varphi = 1$ moguće je uz zadovoljavajuće naponske prilike napojiti $\approx 27\%$ opterećenja što predstavlja razinu opterećenja razmatranog dijela mreže TS 35/10 kV Čazma od $\approx 1,6$ MW. Još bolje stanje postiže se omogućavanjem rada BPE Bojana s $\cos \varphi = 0,90$ kapacitivno, čime se postiže mogućnost napajanja do razine opterećenja od 41% ($\approx 2,4$ MW). Ovaj pravac napajanja daje najnepovoljnije rezultate i s obzirom na opterećenje konzuma koje pokriva sam vod ne nudi ozbiljniju mogućnost opskrbe Čazme. Najviše što se može dobiti iz ovog pravca je napajanje korisnika spojenih na taj vod i time djelomično rasterećenje sabirnica 10 kV u TS 35/10 kV Čazma.

Uz pretpostavku stacionarnog pogona preko samo jednog od tri dostupna n-1 smjera u 10 kV mreži preko 10 kV izvoda Čazma iz TS 35/10 kV Šumećani i izvoda Dubrava iz TS 35/10 kV Čazma moguće je djelomično ostvariti napajanje korisnika pojnog područja TS 35/10 kV Čazma za razmatrani maksimalni scenarij. Uz proizvodnju BPE Bojana od 2 MW i $\cos \varphi = 1$ moguće je, uz granično zadovoljavajuće naponske prilike, napojiti $\approx 45\%$ opterećenja što predstavlja razinu opterećenja razmatranog dijela mreže od $\approx 2,7$ MW. Omogućavanjem rada BPE Bojana s $\cos \varphi = 0,90$ kapacitivno stanje se može značajno poboljšati te je moguće napojiti razinu opterećenja od 59% ($\approx 3,4$ MW).

Uz pretpostavku stacionarnog pogona preko samo jednog od tri dostupna N-1 smjera u 10 kV mreži preko 10 kV izvoda Rečica iz TS 35/10 kV Križ i 10 kV izvoda Vrtlinska iz TS 35/10 kV Čazma moguće je djelomično ostvariti napajanje korisnika pojnog područja TS 35/10 kV Čazma za razmatrani maksimalni scenarij. Opet se najpovoljnije stanje dobije omogućavanjem rada BP elektrane sa snagom od 2MW te uz $\cos \varphi = 0,90$ kapacitivno. Ovakvim napajanjem stanje se može značajno poboljšati te je moguće napojiti razinu opterećenja od 49% ($\approx 2,9$ MW).

Rad elektrane s $\cos \varphi = 1$ predstavlja najnepovoljniji scenarij za razmatrane analize jer kako je spomenuto jalova energija koju je potrebno prenijeti je potrebna za održavanje naponskih prilika unutar propisanih granica.

Iz navedene analize može se vidjeti da je u ovakvom pogonu izuzetno važna mogućnost rada elektrane s različitim faktorom snage, a time i prilagodljivom radnom i jalovom snagom. Pri tome bitnu ulogu imaju granice podešenja svih zaštita pogona elektrane.

2. NEVRIJEME U ČAZMI

2.1. Kronologija događaja na području TS 35/10 kV Čazma dana 15.9.2022.

U kasno poslije podne 15.9.2022. pojavili su se olujni oblaci te se formirao vrtložni lijvak koji je opustošio dijelove područja Grada Čazme, općine Berek, Grada Grubišno Polje i Grada Virovitice. Najveća početna snaga bila je upravo kod Čazme i tom prilikom vjetar je prevrtao vozila, odnosio krovove s kuća, lomio drveće te elektroenergetske vodove NN, 10 i 35 kV razina. Vrlo brzo utvrđena je pretpostavka ozbiljne štete te su svi raspoloživi radnici upućeni na mjesto događaja i uspostavljene je komunikacija s jedinicom lokalne uprave Grada Čazme o razmjerima štete.

Na slikama 2 i 3 prikazano je nevrijeme i posljedice nevremena.

Ubrzo su stigle dojave o kvarovima u SN mreži (kronološka lista događaja dispečerskog centra).

- U 14:26:42 dolazi do isklopa VP 10 kV Dubrava djelovanjem nadstrujne zaštite. Istovremeno dolazi do isključenja elektrane Bojana u rasklopištu RS Bojana 2 isklopom prekidača na dovodu elektrane 1 i dovodu elektrane 2 u postrojenju Korisnika.
- U 14:28:31 dolazi do isklopa VP 35 kV Čazma u TS 35/10 kV Šumećani djelovanjem nadstrujne zaštite. U ovom trenutku područje cijele Čazme i njene okolice ostaje bez napajanja zbog ispada glavnog 35 kV dalekovoda koji napaja TS 35/10 kV Čazma što uključuje oko 5000 Korisnika mreže.
- U 14:35:17 dio Dubrave koja se napaja iz TS 35/10 kV Čazma prebacuje na rezervno napajanje iz TS 35/10 kV Kloštar, ali neuspješno zbog djelovanja zaštite na VP 10 kV Dubrava u TS 35/10 kV Kloštar u trenutku uklopa u RS 10 kV Dubrava što indicira na kvar na 10 kV dalekovodu u smjeru Čazme na dionicama između Bosiljeva i Dubrave.
- U 14:39:19 dolazi do isklopa VP 10 kV Čazma u TS 35/10 kV Šumećani djelovanjem nadstrujne zaštite. Ovime je onemogućen prvi rezervni smjer napajanja TS 35/10 kV Čazma preko 10 kV vodova.



Slika 2. (Izvor Večernji list)



Slika 3. (izvor Večernji list)

- U 14:59:08 pokušava se uspostaviti rezervno napajanje TS 35/10 kV Čazma preko drugog rezervnog smjera napajanja (preko VP 10 kV Rečica iz TS 35/10 kV Križ na VP 10 kV Vrtlinska iz TS 35/10 kV Čazma), ali neuspješno zbog djelovanja nadstrujne zaštite na VP 10 kV Rečica u trenutku pokušaja uspostave rezervnog napajanja što je indiciralo na kvar na dionicama dalekovoda VP 10 kV Vrtlinska. U ovom trenutku uspostava napajanja TS 35/10 kV Čazma u potpunosti je bilo onemogućeno iz bilo kojeg postojećeg smjera napajanja.

- U 15:54:14 uzemljuje se VP 35 kV Šumećani u TS 35/10 kV Čazma (35 kV vod znatno oštećen)
- U 15:58:22 uzemljuje se VP 10 kV Vrtlinska u TS 35/10 kV Čazma (zbog kvarova)
- U 16:04:16 uzemljuje se VP 35 kV Čazma u TS 35/10 kV Šumećani (35 kV vod znatno oštećen)
- U 16:59:57 isključuje se i uzemljuje VP 10 kV Čazma na DURN-u Bosiljevo (zbog kvarova)

2.1.1. Posljedice nevremena

Nakon prolaska vjetrova s tučom kroz 20 minuta iako je nastavila padati kiša, na teren su izašle sve hitne službe. Jedinica lokalne uprave Grad Čazma proveo je prioritizaciju nužnih aktivnosti, a jedan od najvažnijih ciljeva je bio brz povratak opskrbe električnom energijom nužne za funkcioniranje vodoopskrbe, komunikacije te zbrinjavanje i liječenje ljudi. Prva procjena oporavka cjelokupne mreže bila je dva dana i tako je objavljeno u medijima.

Slijedom kronološke liste događaja dispečerskog centra Elektre KRIŽ te dojava s terena utvrđeno je veliko oštećenje glavnog i jedinog dalekovoda 35 kV koji napaja područje Grada Čazme. Na ovom DV oštećeno je 8 čelično rešetkastih stupova u dužini 3,1 kilometara, te je istovremeno nastala šteta i ispadi na dalekovodima 10 kV kojima se električnom energijom Čazma može napojiti iz susjednih TS 35/10 kV - DV 10 kV Križ – Čazma, DV 10 kV Šumećani – Čazma i DV 10 kV Kloštar Ivanić – Dubrava – Čazma. Kao posljedica ispada navedenih dalekovoda bez napajanja je ostalo ukupno 5551 korisnika mreže sa opterećenjem od oko 4,5 MW na području Grada Čazme. Obzirom na ozbiljnost kvara na DV 35 kV Šumećani – Čazma (srušeni stupovi, pokidani vodiči), slike 4, 5, 6 i 7, pristupilo se žurnoj sanaciji 10 kV vodova i pokušaju uspostave izvanrednih uvjeta napajanja preko 10 kV mreže iz susjednih TS 35/10 kV Križ, TS 35/10 kV Šumećani i TS 35/10 kV Kloštar Ivanić.



Slika 4



Slika 5



Slika 6



Slika 7

2.2. Sanacija kvarova i ponovna uspostava napajanja električnom energijom

Odmah po smirivanju vremena sagledalo se stanje mreže te se pristupilo sanaciji najmanje oštećenog 10 kV DV Vrtlinska napajanog iz TS 35/10 kV Križ.

2.2.1. Izvanredni pogon područja Grada Čazma

Prema Mrežnim pravilima distribucijskog sustava [1] Izvanredni pogon mreže nastupa u slučaju:

- podfrekvencijskog rasterećenja,
- hitnog rasterećenja,
- kvara u prijenosnoj mreži, koji za posljedicu ima prekid napajanja mreže,
- više sile ili
- nedostatka električne energije u elektroenergetskom sustavu.

Kako smo imali značajne kvarove u mreži postignuti su uvjeti za izvanrednim pogonom mreže. Ranije je zbog prelaska područja Čazme na 20 kV naponsku razinu razmatrano rješenje ugradnje baterijskog spremnika energije kao integrirane komponente mreže. O navedenom je izrađen u točki 1.3 spomenuti elaborat [2] i rješenje je prezentirano kroz rad na 14. Savjetovanju CIGRE broj rada C6-18_2_V2 Tehno-ekonomska analiza i optimizacija spremnika energije u distribucijskoj mreži. U samoj prezentaciji postavljena su pitanja u vezi vlasništva nad spremnikom energije te pilot projekt nije realiziran zbog regulatornih pitanja iako bi u ovoj situaciji značajno poboljšao situaciju napajanja. Opaska autora: srećom područje Čazme nije prešlo na 20 kV naponsku razinu čime bi aktivnosti za ponovnu uspostavu napajanja bile bitno ograničene.

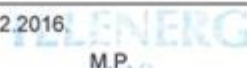
Kako su razmjeri štete bili iznimno dramatični ubrzo je potpredsjednik vlade RH predstavio dovoz dovoljnog broja agregata za napajanje značajnih korisnika. S obzirom na paniku i stanje mreže rješenje nije bilo prihvatljivo, jer je postojala mogućnost povratnog napona u mrežu i time potencijalna opasnost za radnike koji su radili na otklanjanju kvarova u mreži.

Na području Grada Čazme postoje dvije bioplinske elektrane ukupno instalirane snage 2 MW. Odmah smo stupili u kontakt s operaterom bioplinskih elektrana u mjestu Bojana pored Čazme radi što brže uspostave napajanja električnom energijom nužnih funkcija (rasvjeta, opskrba vodom i sl.). Nakon otklanjanja kvara na DV 10 kV Križ – Čazma, prva sinkronizacija bioplinskih agregata pokušana je oko 17,30 sati bez uspjeha obzirom da su iste bez regulacije. Za uspješnu sinhronizaciju bilo je potrebno odrediti optimalnu proizvodnju elektrana te su iste uspješno sinkronizirane na mrežu oko 18 h upravo u vrijeme paljenje javne rasvjete.

2.2.2. Postavke zaštite generatora bioplinskih elektrana

Postavke generatora u svim obnovljivim izvorima energije u distribucijskoj mreži imaju podešenu zaštitu prvenstveno da se spriječi otočni rad. U uvjetima u kojima smo se našli bez uplitanja u protokol udešenja zaštite generagora tražili smo slabu točku zaštite, a to je idalano poklapanje proizvodnje i potrošnje mreže, a sve kako bismo izbjegli uključivanje nepoznatih generatora u mrežu. U talici 1. prikazan je izvadak iz protokola udešenja zaštite Bioplinske elektrane Bojana 2.

Iz protokola je vidljiv dosta oštro postavljen uvjet df/dt odnosno i najmani poremećaj frekvencije uzrokuje ispad elektrane i posljedično zbog male prijenosne moći 10 kV DV Vrtlinska ispad čitovog konzumnog područja Čazme. Upravo je prijenosna moć jedinog 10 kV osposobljenog dalekovoda predstavljala ΔP u P-f regulaciji sustava. Navedeno stanje održalo se do idućeg dana kada su osposobljena preostala dva 10 kV Dv prema TS 35/10 kV Šumećani i TS 35/10 kV Kloštar Ivanić čime je uspostavljena stabilna opskrba grada Čazme električnom energijom

TELENERG Savska 41/V, ZAGREB		RS 10/0.4 kV BOJANA 2				Br.: 16.4981.ST	
IZVJEŠĆE O ISPITIVANJU I PUŠTANJU U POGON POLJA =J10/9/8				List: 3 od 6			
Aktiviranje LED:							
LED	Funkcija	Tekst	Rezultat	LED	Funkcija	Tekst	Rezultat
(1)	50-21 50-2 67-1	Nadstrujna	√	(L1)	Rel.General TRIP	TRIP	√
(2)	50N-1 50N-2 67Ns-1 59N-1	Zemljospojna	√	(L2)		START	√
(3)	59-1 29-1	Naponska	√	(L3)	79 IN progress	APU	√
(4)	81 81R	Frekventna	√	(L4)	50BF TRIP	ZZP	√
(5)	BI108	Ispad AC automata	√				
(6)	BI113	Nespreman G2	√				
(7)	BI7 BI115	Opruga / SF6	√				
(8)	TCS2	KIK	√				
Aktivirane zaštite:							
50-1 TRIP	I>	Neusmjerena nadstrujna zaštita	Isklop	100 A	0.6 s		
50-2 TRIP	I>>	Neusmjerena kratkospojna zaštita	Isklop	825 A	0.05 s		
67-1 TRIP	I>→	Usmjerena nadstrujna zaštita	Isklop	81 A	1.0 s		
50N-1 TRIP	Io>	Neusmjerena zemljospojna zaštita	Isklop	3 A	2 s		
50N-2 TRIP	Io>>	Neusmjerena zemljospojna zaštita	Isklop	225 A	0.1 s		
67Ns-1 TRIP	Uolo	Usmjerena osjetljiva zemlj. zaštita	Isklop	0.5 A	5 s		
59-1 TRIP	U>	Nadnaponska zaštita	Isklop	11.1 kV	10.1 s		
59N-1 TRIP	Uo>	Dozemni spoj	Isklop	1.0 kV	5 s		
27-1 TRIP	U<	Podnaponska zaštita	Isklop	8.5 kV	5 s		
81-4 TRIP	f>	Nadfrekventna zaštita	Isklop	48 Hz	0.2 s		
81-2 TRIP	f<	Podfrekventna zaštita	Isklop	51 Hz	0.2 s		
81R TRIP	df/dt	Zaštita od brze promjene frekvencije	Isklop	0.2 Hz	0.5 s		
ISPITIVANJE SEKUNDARNOM INJEKCIJOM							
Analogna mjerenja							
Rezultati ispitivanja							
Mjerena veličina	Injektirana vrijednost (sek.)	Očekivana vrijednost (prim.)	Pokazivanje releja (prim.)				
U _{L1N}	57.73 V	10.0 kV	10.0 kV				
U _{L2N}	57.73 V	10.0 kV	10.0 kV				
U _{L3N}	57.73 V	10.0 kV	10.0 kV				
U ₀	100 V	10.0 kV	10.0 kV				
Mjerena veličina	Injektirana vrijednost (sek.)	Očekivana vrijednost (prim.)	Pokazivanje releja (prim.)				
I _{L1}	5 A	75 A	75 A				
I _{L2}	5 A	75 A	75 A				
I _{L3}	5 A	75 A	75 A				
I ₀	5 A	50 A	50 A				
Ispitali:	Vladimir Tićak			Datum: 06.12.2016.			
				 M.P. o. Savska c. 41/V, Zagreb			

Tablica 1.

3. MOGUĆNOSTI RADA ZAŠTITE GENERATORA OIE U SLUČAJU IZVANREDNOG POGONA

3.1. Rasprostranjenost OIE

Uvidom u izvještaje o vršnom opterećenju distribucijskih područja prisutnost OIE se kreće od 0,62% do 37,41% udjela u vršnom opterećenju ili od 0,46 MW do 61,37 MW. Apsolutne brojeke i postotci ne pripadaju istim distribucijskim područjima.

Iz navedenog podatka vidljivo je da se određene sredine, osobito u kontinentalnom dijelu gdje prevladavaju elektrane na bioplin, drvenu sječku i geotermalne s predviđenim načinom rada 24h/dan i $\cos \varphi = 1$ uz manja podešenja zaštite mogu prilagoditi izvanrednom pogonu distribucijske mreže i time značajno povećati raspoloživost sustava.

Na području Elektre Križ udio OIE je 19,27 % ili 13,84 MW u vršnom opterećenju.

4. ZAKLJUČAK

Svrha ovog rada je pokazati moguću ulogu obnovljivih izvora u izvanrednom pogonu u elektroenergetskom sustavu te sinergijsko djelovanje prilikom izvanrednih uvjeta. Isto tako razmotriti mogućnost otočnog rada OIE uz prilagođenje djelovanja zaštite generatora za takvu mogućnost rada kao znatno povoljnije opcije gdje je to moguće od ugradnje baterijskog spremnika energije koji bi vodio sustav u izvanrednim uvjetima rada. U dogovoru s operaterima elektrana kojima je interes da isporučuju energiju u sustav kad god je to moguće kod udešenja generatorske zaštite predvidjeti terminale polja s mogućnošću adaptivnog podešenja i to u I udešenju ostaviti zaštitu udešenu prema EPZ, a II udešenje u dogovoru s vlasnikom postrojenja. Prvenstveno podesiti df/dt sukladno mogućnostima postrojenja te interesu vlasnika, a potom i druge parametre.

5. LITERATURA

- [1] Mrežna pravilima distribucijskog sustava (NN 74/2018).
- [2] Tehničko-tehnološki eleborat "Pilot projekat određivanje tehničkih značajki premnika energije u srednjenaponskoj distribucijskoj mreži Elektre Križ na području Čazme", Fakultet Elektrotehnike i računarstva, Zavod za visoki napon 2019. godine