

Ivan Galić
HEP ODS, Elektra Zagreb
Ivan.Galic3@hep.hr

Dražen Baričević
HEP ODS, Elektra Zagreb
Drazen.Baricevic@hep.hr

Vide Marković
HEP ODS, Elektra Zagreb
Vide.Markovic@hep.hr

Robert Kanižaj
HEP ODS, Elektra Zagreb
Robert.Kanizaj@hep.hr

UTJECAJ RAZORNIH POTRESA U 2020. GODINI NA ELEKTROENERGETSKU DISTRIBUCIJSKU MREŽU DP ZAGREB

SAŽETAK

Grad Zagreb je u 2020. godini pretrpio dva razorna potresa magnitude veće od 5 stupnjeva po Richteru. Prvi s epicentrom u Zagrebu, a drugi na području grada Petrinje, ali oba sa značajnim utjecajem na elektroenergetsku mrežu distribucijskog područja Zagreb. Izuzev prekida napajanja u opskrbi električnom energijom za desetke tisuća korisnika mreže, potresi su izazvali i značajnu materijalnu štetu na elektroenergetskim objektima. U referatu se iznose podaci o utjecaju potresa na distribucijsku mrežu na području grada Zagreba i Zagrebačke županije, nastaloj šteti kao posljedici potresa, te se opisuje na koji način su radnici Elektre Zagreb izašli na stotine intervencija, a sve u svrhu restauracije napajanja za pogođene dijelove grada.

Ključne riječi: utjecaj, potres, Zagreb, Petrinja, elektroenergetska mreža distribucijskog područja

IMPACT OF DEVASTATING EARTHQUAKES IN 2020 ON THE POWER DISTRIBUTION NETWORK OF DP ZAGREB

SUMMARY

In 2020, the city of Zagreb suffered two devastating earthquakes with a magnitude greater than 5 on the Richter scale. The first was with the epicenter in Zagreb, and the second one in the Petrinja area, and both had a significant impact on the power grid of the Zagreb distribution area. Apart from power interruptions in the electricity supply for tens of thousands of network users, the earthquakes also caused significant material damage to electricity facilities. The report presents data on the impact of the earthquake on the distribution network in the Zagreb area, the damage caused by it, and describes how Elektra Zagreb workers carried out hundreds of interventions, all for the purpose of restoring the power to the affected parts of the city.

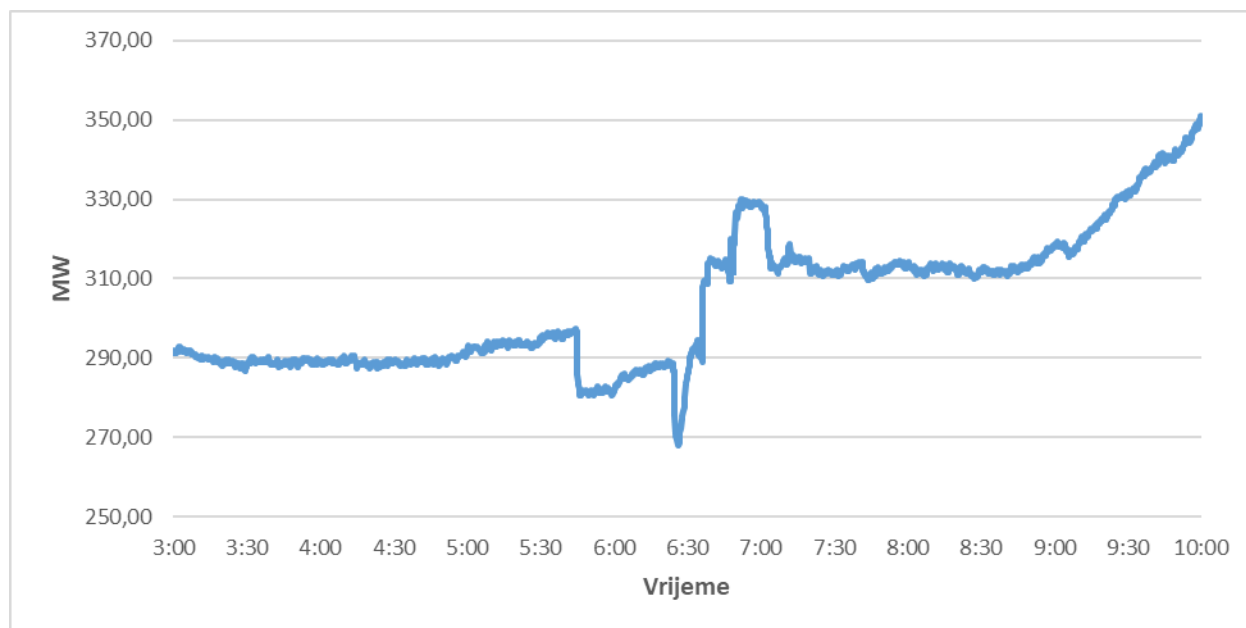
Keywords: impact, earthquake, Zagreb, Petrinja, power network of the distribution area

1. UVOD

Elektroenergetsku mrežu distribucijskog područja Zagreb čini više od 4000 trafostanica naponskih razina (110 kV, 30 kV, 20 kV, 10 kV) koje su međusobno povezane SN/NN vodovima ukupne dužine preko 18.000 km. Distribucijsko područje Zagreba podijeljeno je na sjedište i šest terenskih jedinica (TJ Samobor, TJ Zaprešić, TJ Sveta Klara, TJ Dugo selo, TJ Sv. Ivan Zelina, TJ Velika Gorica) te obuhvaća 569.824 obračunskih mjernih mjesta. Sjedište obuhvaća 418.129 obračunskih mjernih mjesta, što čini 73% obračunskih mjernih mjesta cijelog distribucijskog područja Zagreb. Djelovanje potresa u Zagrebu dovelo je do oštećenja građevina što je prvenstveno podrazumijevalo lomove nekonstruktivnih dijelova građevina: dimnjaci, pokrov (crijep, razne ploče), neomeđeni pregradni zidovi, ispune i slično a samim time uzrokovalo i poremećaje u elektroenergetskoj mreži.

2. DOGAĐAJI U EE MREŽI GRADA ZAGREBA DANA 22.03.2020. GODINE

U jutarnjim satima, nedjelja 22. ožujka 2020. u 06:24 h Zagreb i šire zagrebačko područje pogodio je snažan potres magnitude $M=5.5$ prema Richteru na dubini od 10 km, s epicentrom kod Markuševca. Zabilježeni intenzitet u epicentru bio je VII stupanj MCS ljestvice. Stanje elektroenergetske distribucijske mreže prije potresa bilo je redovno, uz sve raspoložive instalirane energetske kapacitete. Neposredno prije samog potresa u 06:24 h, vršno opterećenje distribucijskog područja Zagreba iznosilo je približno 289 MW. Potres je prouzročio značajne materijalne štete na pogođenom području te mnogobrojne kvarove u elektroenergetskoj mreži, što je za posljedicu imalo prekide u opskrbi električnom energijom za veliki broj korisnika. Centri upravljanja elektroenergetskom mrežom DUC Zagreb i DDC Sjever nisu pretrpjeli veću štetu, te su odmah pristupili rješavanju novonastale situacije daljinskim manipulacijama u svojoj nadležnosti.



Slika 1. Ukupno opterećenje DP Zagreb

Slika prikazuje opterećenje elektroenergetske mreže DP Zagreb gdje je vidljiv značajan pad opterećenja u trenutku potresa. Pad opterećenja koji se dogodio prije 06:00 h vezan je za gašenje javne rasvjete u gradu Zagrebu.

SCADA sustav elektroenergetske mreže grada Zagreba u trenutku potresa zabilježio je više tisuća prorada alarma, a oni bitni za izdvojiti navedeni su daljnjem tekstu.

Ispad transformatora TR2 i TR3 (110/30 kV) u trafostanici 110/30/20 kV Jarun proradom uređaja relejne zaštite koji su registrirali zemljospoj sabirnica. Tim događajem bez napajanja ostaju trafostanice 30/10 kV koje napajaju strogi centar grada (3TS1 Kršnjavoga, 3TS7 Kukuljevićeva, 3TS8 Selska, 3TS15

Trnje). Svim gore nabrojanim postrojenjima daljinskom manipulacijom iz centra vođenja uspostavljeno je napajanje a direktno time i uspostavljena opskrba električnom energijom u 06:37 h. Ukupno trajanje prekida bilo je 13 minuta.

Ispad 110 kV kabela proradom uređaja relejne zaštite u trafostanici 110/10 kV Trpimirova, koji u provizornom stanju napaja TR3 trafostanice 110/10 kV Zagorska. Obzirom da se radi o ispadu 110 kV kabela dispečerski centri DUC Zagreb i DDC Sjever nemaju saznanja o kojoj vrsti signalizacije uređaja relejne zaštite se radi (nadležnost HOPS-a). Navedeni TR3 također napaja strogi centar grada Zagreba prema Čnomercu i Jarunu. Napajanje TR3 te opskrba električnom energijom za spomenuto područje uspostavljena je u 06:49 h, stoga je ukupno trajanje prekida bilo 25 minuta.

Ispad transformatora TR2 (30/10 kV) u trafostanici 30/10 kV Sesvete proradom plinski aktiviranog releja (Buchholz). U spomenutoj trafostanici TR1 i TR2 u paraleli napajaju 10 kV sabirnice, te je TR1 preuzeo opterećenje TR2, tako da korisnici mreže nisu osjetili poremećaj elektroenergetskoj mreži.

Ispad transformatora TR2 (30/10 kV) u trafostanici 30/10 kV Vrbik proradom plinski aktiviranog releja (Buchholz). U spomenutoj trafostanici TR1 i TR2 u trenutku potresa u paraleli napajaju 10 kV sabirnice, te je TR1 preuzeo opterećenje TR2, tako da korisnici mreže nisu osjetili poremećaj elektroenergetskoj mreži.

Proradom plinski aktiviranog releja (Buchholz) dolazi do isključenja kućnih transformatora (x/0,4 kV) u 30 kV trafostanicama (Dubrava, Lepušićeva, Žitnjak2, Selska) te 110 kV trafostanicama (Jarun, Zagorska). Napajanje svih kućnih transformatora uspostavljeno je daljinskom manipulacijom iz centra vođenja do 07:05 h.

Proradom uređaja relejne zaštite, koji su registrirali zemljospoj, isključeni su kabelski vodovi 1KV136 (3TS 2 Lepušićeva), 1KV1148 (3TS 15 Trnje) te 1KV1566 (4TS 22 Ksaver).

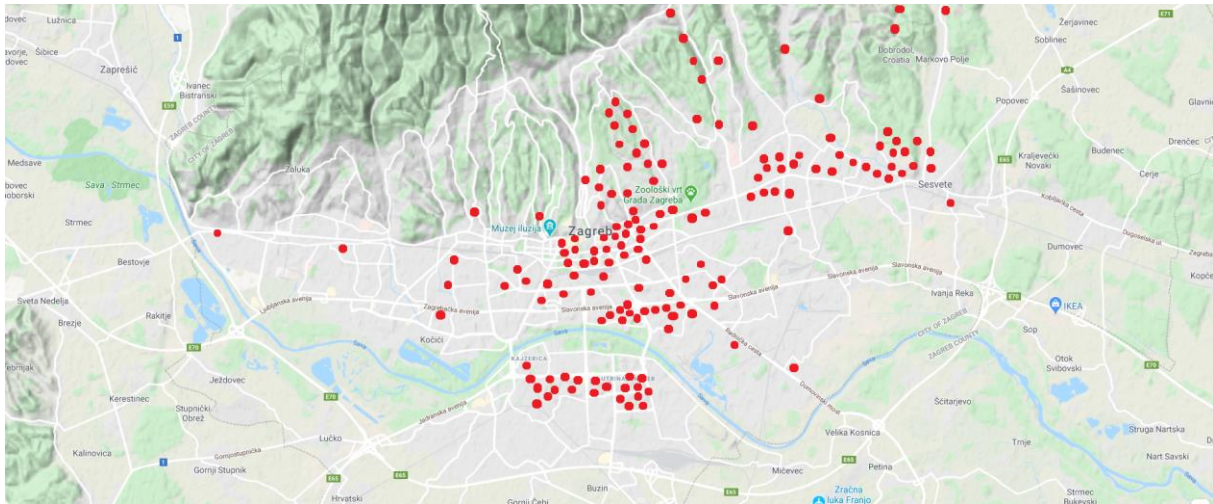
SCADA sustav elektroenergetske mreže neposredno nakon potresa zabilježio je da je bez napajanja električnom energijom ostalo ukupno 340 trafostanica 10(20)/0,4 kV, odnosno oko 78 000 korisnika mreže.

Daljinskom manipulacijom iz centra vođenja (DUC/DDC) postupnim uključenjima uspostavljeno je napajanje elektroenergetskih postrojenja već kroz 30 minuta. Međutim, ta informacija je nepotpuna jer se odnosi samo na dio elektroenergetske mreže koji je pokriven sustavom daljinskog upravljanja i signalizacije, te broj korisnika pogođenih potresom zabilježen SCADA sustavom iznosi tek 70% ukupno pogođenih korisnika.

Bitno je napomenuti da je u 7:01 h uslijedio još jedan potres magnitude M=5.0 prema Richteru, koji je također za posljedicu imao isključenje kabelskih vodova 1KV2091 (4TS24 Dubec) te 1KV1130 (3TS10 Sesvete).

Ono što SCADA sustav elektroenergetske mreže grada Zagreba u trenutku potresa nije mogao zabilježiti bilo je isključenje energetskih transformatora 10(20)/0,4 kV. Proradom plinski aktiviranog releja (Buchholz) u preko 160 trafostanica 10(20)/0,4 kV došlo je do isključenja energetskog transformatora, uzrokovanog jakim podrhtavanjem tla, što je prikazano crvenim oznakama na Slici 2.

Zbog novonastale situacije Služba za vođenje pogona/Odjel za upravljanje mrežom trenutno uspostavlja veći broj ekipa za izvršenje pogonskih zahvata koordiniranih iz centra vođenja (DUC/DDC), koje su za cilj imale što efikasnije i po planu prioriteta (bolnice, prostorije MUP, starački domovi...), uspostaviti opskrbu električnom energijom za sve korisnike. Važno je napomenuti da iako je broj ekipa bio reduciran zbog izvanrednog stanja uzrokovanog pandemijom Korona virusa, svi oni djelatnici koji su bili u mogućnosti su bezuvjetno prihvatili poziv svojih kolega te se odazvali. Koordinacija ekipa na terenu se provodila i prema pozivima korisnika upućenih Call centru HEP ODS-a.



Slika 2. Pogođene trafostanice 10(20)/0,4 kV, isključenje energetskog transformatora proradom plinski aktiviranog releja

Tablica I. Izvještaj intervencija pogonske operative SVP u 10(20) kV mreži na dan 22.03.2020

Uključen trafo prekidač u TS 10(20)/0,4 kV	160
Zamjena VUP osigurač u TS	3
Kvar na 10 kV kabelu	1
Transformator izvan ležišta	1
Zamjena SN razvoda i transformatora	1
Zamjena trafo prekidača	1
Srušen transformator	1
Kvar na trafo prekidaču	12

Djelovanje potresa u Zagrebu dovelo je do oštećenja građevina koji su prvotno izazvali lomovi nekonstruktivnih dijelova građevina: dimnjaci, pokrov (crijep, razne ploče), neomeđeni pregradni zidovi, ispune i slično. Kod elektroenergetskih objekata uz već navedenu štetu, ono što je prvenstveno utjecalo na poremećaje u elektroenergetskoj mreži je pomicanje ugrađene opreme uslijed podrhtavanja tla. Pod opremom misli se ponajviše na transformatore čije je pomicanje uzrokovalo naprezanje sabirnica, puknuće provodnih izolatora i slično.



Slika 3. Transformator ispao iz ležišta u TS 10/0,4 kV (1TS1831)

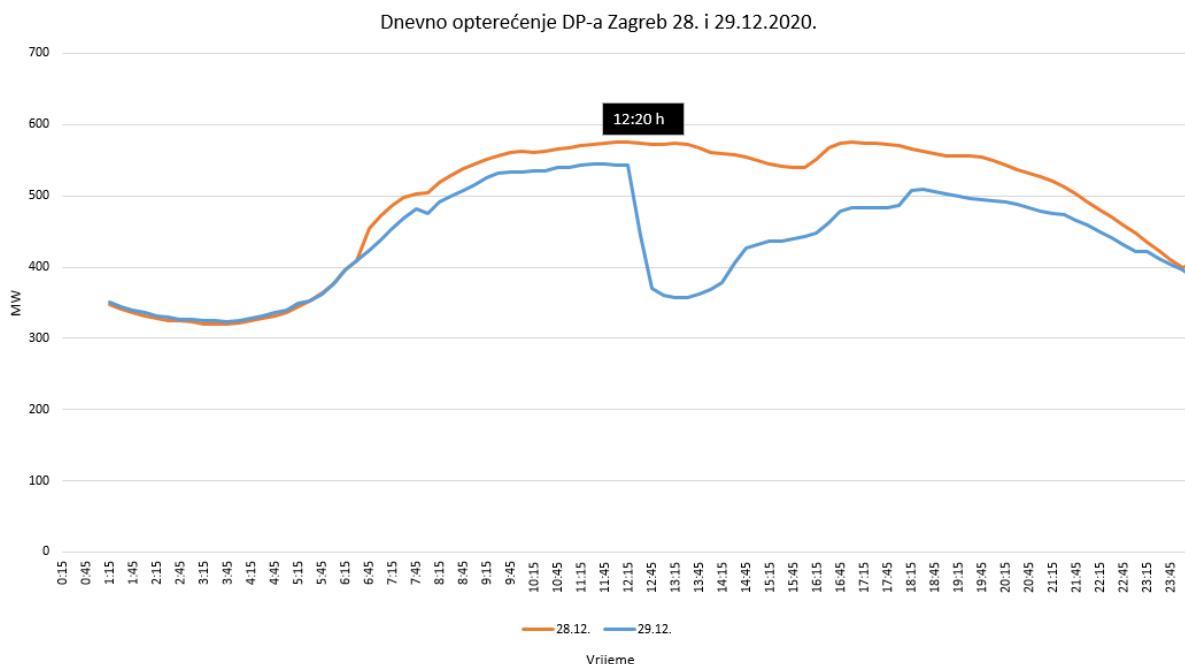
Daljinskom manipulacijom iz centra vođenja (DUC/DDC) i postupnim uključanjem, uspostavljeno je napajanje elektroenergetskih postrojenja koja su pokrivena sustavom daljinskog upravljanja i signalizacije. Time je do 11:35 h vraćeno napajanje za otprilike 75% pogođenih korisnika mreže. Proradom plinski aktiviranog releja (Buchholz) i mehaničkom proradom zbog podrhtavanja u trafostanicama 10(20)/0,4 kV došlo je do isključenja energetskih transformatora te je pojačani broj terenskih ekipa koordiniran iz centra vođenja krenuo u obilazak pogođenih lokacija s ciljem otklanjanja novonastalih kvarova. Posljedica potresa na području grada Zagreba je prekid napajanja za 477 trafostanica 10(20)/0.4 kV. Prekid opskrbe električnom energijom za 107 645 korisnika mreže, što bi iznosilo 26% ukupnog broja korisnika mreže grada Zagreba (Sjedište) odnosno 16% ukupnog broja korisnika mreže DP Zagreb (Sjedište i Terenske jedinice).

Opskrba električnom energijom, za otprilike 99% korisnika koji su prijavili prekid, uspostavljena je do 21:00 h.

U razdoblju nakon potresa zabilježeno je više desetaka kvarova u 10(20) kV mreži uzrokovanih samim potresom koji su utvrđeni naknadnim obilaskom postrojenja ili neplaniranim prekidom napajanja.

3. DOGAĐAJI U EE MREŽI GRADA ZAGREBA DANA 29.12.2020. GODINE

Utorak 29. prosinca 2020. godine u 12:19 h, seizmografi Seizmološke službe RH zabilježili su razoran potres s epicentrom 5 km jugozapadno od Petrinje. Magnituda potresa iznosila je 6.2 prema Richteru, a intenzitet u epicentru VIII-IX stupnjeva EMS ljestvice. Potres je uzrokovao poremećaje u napajanju električnom energijom na područjima DP Sisak i DP Zagreb. Stanje elektroenergetske mreže bilo je redovno, uz sve raspoložive instalirane energetske kapacitete. Neposredno prije samog potresa, vršno opterećenje distribucijskog područja Zagreb iznosilo je 545MW. Nakon potresa, zbog isključenja proradom zaštite, opterećenje pada na 427MW, da bi se u 13:00 h spustilo na 357MW.



Slika 4. Ukupno opterećenje DP Zagreb 28. i 29.12.2020.

SCADA sustav elektroenergetske mreže grada Zagreba (Sjedište) u trenutku potresa zabilježio je više prorada alarma, a oni bitni za izdvojiti navedeni su daljnjem tekstu.

Ispad transformatora TR 2 i TR 3 (110/30 kV) u trafostanici 110/30/20 kV Jarun proradom plinski aktiviranog releja (Buchholz). Tim događajem bez napajanja ostaju trafostanice 30/10 kV koje napajaju strogi centar grada (3TS1 Kršnjavoga, 3TS7 Kukuljevićeva, 3TS8 Selska i 3TS15 Trnje) i postrojenje u vlasništvu korisnika 30/10 kV Končar. Svim navedenim postrojenjima, daljinskom manipulacijom iz centra vođenja (DUC/DDC) i postupnim uključanjem, uspostavljena je opskrba električnom energijom do 14:22

h. Sukladno uputama operatora prijenosnog sustava HOPS-a, nakon prorade Buchholz zaštite, a prije ponovnog uključanja, potrebno je fizički pregledati transformatore te je zbog toga ukupno trajanje prekida isporuke električnom energijom trajalo približno 2 sata.

Proradom plinski aktiviranog releja (Buchholz) dolazi do isključenja kućnih transformatora 10(20)/0,4 kV u trafostanicama 30/10 kV, te su uključeni unutar 20 minuta nakon potresa.

Ono što SCADA sustav elektroenergetske mreže grada Zagreba u trenutku potresa nije mogao zabilježiti bilo je isključenje energetskih transformatora 10(20)/0,4 kV. Prema pozivima korisnika upućenih Call centru HEP ODS-a pojačani broj ekipa krenuo je u obilazak pogođenih lokacija gdje je uočen povećani broj isključenih 10(20)/0,4 kV transformatora koji su isključeni usred podrhtavanja te prorade Buchholz releja.

U elektroenergetskoj mreži grada Zagreba (Sjedište), od strane korisnika, prijavljen je nestanak napajanja za još dodatne 92 trafostanice 10(20)/0,4 kV, što se rješavalo izlaskom ekipa na teren tokom čitavog dana.

Posljedica potresa na petrinjskom području za mrežu Grada Zagreba (Sjedište) je prekid napajanja za 272 trafostanice 10(20)/0,4 kV te prekid opskrbe električnom energijom za 65 104 korisnika mreže. Do ponoći je napajanje električnom energijom vraćeno za otprilike 99% korisnika koji su prijavili kvar.

U elektroenergetskoj mreži terenske jedinice Velika Gorica sustav SCADA u centru vođenja (DUC/DDC) zabilježio je ispad 110 kV vodova u trafostanici 220/110 kV Mraclin (postrojenje u potpunoj nadležnosti HOPS-a) čime bez napajanja ostaje trafostanica 110/20 kV Velika Gorica, a samim time i veći broj korisnika mreže na području TJ Velika Gorica.

Prekapčanjima u srednjenaponskoj mreži na mrežu Sjedišta, dijelu samog grada Velika Gorica napajanje je vraćano u etapama od 14:45 h do 16:33 h, dok je MZLZ Zagreb (Međunarodna Zračna luka Zagreb) automatskim brzim preklonom prespojena na TS 110/20 kV Botinec.

Nakon otklona kvara u trafostanici Mraclin, pod napon je puštena cijela trafostanica Velika Gorica 110/20 kV te je u 18:07 h napojena cijela srednjonaponska mreža područja Velika Gorica

Terenska jedinica Velika Gorica zabilježila je prekid napajanja za 401 trafostanicu 10(20)/0,4 kV te prekid opskrbe električnom energijom za više od 30 000 korisnika mreže.

Ukupan broj korisnika mreže DP Zagreb (Sjedište i Terenske jedinice) pogođenih prekidom napajanja iznosio je 14%.

Na području DP-a Zagreb bez napajanja je tijekom noći bilo još oko 100 korisnika mreže.

4. POTRESOM POGOĐENE TRAFOSTANICE OBUHVAĆENE PILOT-PROJEKTOM UVOĐENJA NAPREDNIH MREŽA

Analizom i usporedbom dvaju potresa, došlo se do zaključka da je u 81 trafostanici 10(20)/0,4 kV u oba potresa došlo do prekida napajanja električnom energijom zbog isključenja energetskih transformatora proradom plinski aktiviranog releja (Buchholz) ili mehaničkom proradom zbog podrhtavanja tla. S ciljem minimalizacije štetnih učinaka prirodnih katastrofa na elektroenergetski sustav i povećanja pouzdanosti napajanja krajnjih korisnika električnom energijom, HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o. provodi „Pilot-projekt uvođenja naprednih mreža“ koji se odnosi na modernizaciju dijela elektrodistribucijske mreže u Hrvatskoj. Projektom se ulaže u tri funkcionalna područja napredne elektrodistribucijske mreže:

- Napredna mjerna infrastruktura
- Razvoj i optimizacija konvencionalne mreže
- Automatizacija srednjonaponske mreže

Funkcionalno područje „Razvoj i optimizacija konvencionalne mreže“ podrazumijeva zamjenu postojećih transformatora 10(20)/0,4 kV energetski učinkovitim transformatorima (distribucijski transformatori sa smanjenim gubicima prema Uredbi EC (EU) br. 548/2014).

Za distribucijsko područje Zagreb predviđena je zamjena 248 transformatora koja je i uspješno realizirana. Zamjena postojećih transformatora 10(20)/0,4 kV energetske učinkovitim transformatorima obuhvatila je 75% trafostanica pogođenih u zadnja dva potresa.

5. ZAKLJUČAK

Da bi se u budućnosti umanjio utjecaj elementarnih nepogoda na pouzdanost distribucijske mreže potrebno je provoditi određene tehničke i organizacijske mjere. Te mjere podrazumijevaju, uz pregled svih konstrukcijskih elemenata elektroenergetskih objekata, i preventivnu reparaturnu i konstrukcijsku sanaciju te pregled ispravnosti opreme putem redovnog održavanja trafostanica.

Optimiziranje uklopnog stanja distribucijske mreže (optimalno opterećenje) te izrada planova prespajanja u distribucijskoj mreži uslijed elementarnih nepogoda odnosno neraspoloživosti pojnih točaka jedno je od bitnih stavki pravilnog funkcioniranja energetske sustava. Uslijed elementarnih nepogoda, kao što nam ovaj rad zorno predočava, dolazi do mnogobrojnih ispada u elektroenergetskoj mreži priradom relejne zaštite te neraspoloživosti pojnih točaka, stoga je bitno imati izrađene planove intervencija operativnih ekipa koji su definirani pogođenim lokalitetom (organizacija operativnih ekipa radi brzine dolaska, temeljena na analizi lokacija pogođenih postrojenja prva dva potresa). Koordinacija ekipa na terenu se provodila i uslijed poziva upućenih Call centru HEP ODS-a od strane korisnika mreže pogođenih prekidima u opskrbi električnom energijom. Iz toga razloga bitno je imati ažurirane i sortirane baze podataka korisnika mreže po prioritetima. Cilj svakog operatora distribucijskog sustava je unaprjeđenje elektroenergetskog sustava a to se postiže sustavnim ulaganjem čime se postiže brzina rekonfiguracije distribucijske mreže te bolji nadzor i detekcija kvarova. Jedan od takvih primjera je provođenje „Pilot-projekt uvođenja naprednih mreža“ od strane HEP ODS-a koji za cilj ima ugradnju daljinski upravljivih sklopnih blokova s indikatorima kvara, daljinski upravljivih rastavnih sklopki te sumarnih brojila.