

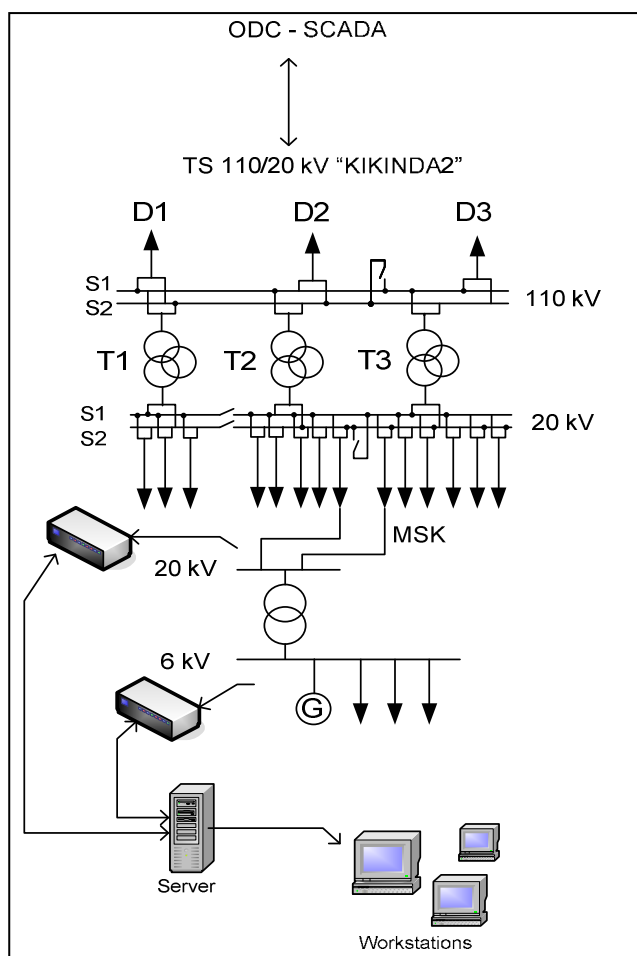
ANALIZA UTICAJA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA POUZDANOST PROCESA U INDUSTRIJI NA PRIMERU MSK KIKINDA

B. Janković¹, Elektrovojvodina, ED Zrenjanin, Pogon Kikinda, Srbija
R. Milankov, Elektrovojvodina, ED Zrenjanin, Pogon Kikinda, Srbija

UVOD

U današnje vreme smo svedoci sve većeg značaja kvaliteta električne energije u svim oblastima, pa tako i za zahtevne industrijsko-tehnološke procese. Procesna industrija poseduje dobar deo opreme koji je vrlo osetljiv na sve aspekte kvaliteta električne energije, s obzirom da prekidi, *defacto*, nisu dopušteni, a ostali poremećaji minimalno. Tokom eksploatacije, često se pokazuje da još u toku projektovanja, izgradnje, pa i održavanja, oprema nije adekvatno odabrana, podešena i na pravi način upotrebljena kako bi ceo proces bio maksimalno otporan na smetnje u napajanju električnom energijom.

U konkretnom slučaju se pokazuje da je najveći broj poremećaja koji ometaju proces vezan za propade napona. U radu se prikazuje jedan od mogućih načina rešavanja žalbe na kvalitet električne energije, počevši od definisanja problema kod kupca – korisnika sistema, utvrđivanja uzroka, pa do mogućih pravaca za rešavanje problema. Osnovna motivacija za ovakav pragmatičan pristup jeste ekonomske prirode – gašenjem sopstvenog generatora korisnik sistema bi ostvario značajno smanjenje troškova u proizvodnji, pod uslovom da nema nepotrebnih prekida procesa uzrokovanih pouzdanošću i/ili kvalitetom napajanja. Pokazuje se da propadi napona egzistiraju u distributivnom sistemu, ali i u prenosnom sistemu, te da proces može da podnese većinu događaja, uz adekvatne pripremne aktivnosti.

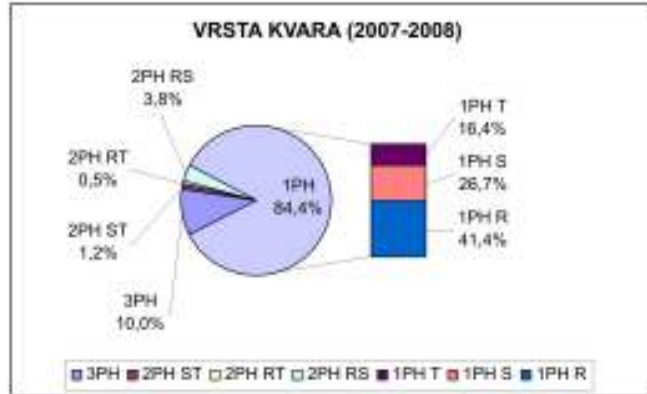


Slika 1. Akvizicija podataka 2007-2008

¹ brislav.jankovic@zr.ev.rs

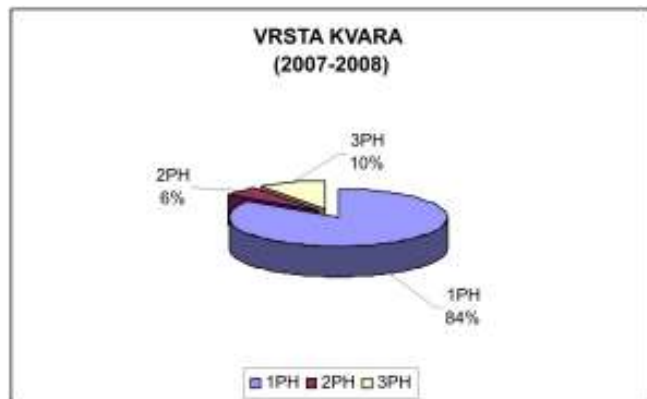
PRIMEDBE NA KVALITET EL. ENERGIJE

Kupac električne energije je uputio prigovor na kvalitet napajanja sopstvenog pogona koji je priključen na 20 kV naponskom nivou, pre svega motivisan ekonomskim razlozima. Osnovno napajanje Kupca projektovano je iz sopstvenog generatora, a rezervno (takođe i napajanje potrebno za start fabrike) sa distributivnog sistema. Veza sa distributivnim sistemom ostvarena je preko dva 20 kV voda: priključeno je razvodno postrojenje, a preko transformatora 20/6 kV priključeni su potrošači, motorni pogoni (sinhroni i asinhroni motori) kao i generator od 16 MVA. U dosadašnjem radu kupac je koristio generator kao osnovno napajanje pogona i na taj način je obezbeđivao eliminisanje i/ili prigušenje uticaja pojava iz mreže na tehnološki proces. Zemni gas koji je tehnološka sirovina koristi se i za proizvodnju pare potrebne za rad generatora. Nakon tehno-ekonomske analize u MSK, prvenstveno uticaja cene gasa i cene električne energije, doneta je odluka da se pokuša sa radom bez generatora, ako se ispuni minimum uslova vezanih za stabilnost procesa. U ovakvim promenjenim uslovima rada dolazi do izražaja rizik od ekonomskih gubitaka čiji bi uzrok bili prekidi procesa usled neočekivanih propada napona. Propadi napona u MSK su duži vremenski period praćeni, te se došlo do realne slike o stepenu ovog rizika. Analiza na ovaj način prikupljenih podataka pokazala je da bi ovakav način napajanja, bez preduzimanja mera na smanjenju/eliminisanju propada, mogao značiti čitav niz ispada, pri čemu bi kupac imao velike ekonomske gubitke.



Slika 2 Vrsta kvara

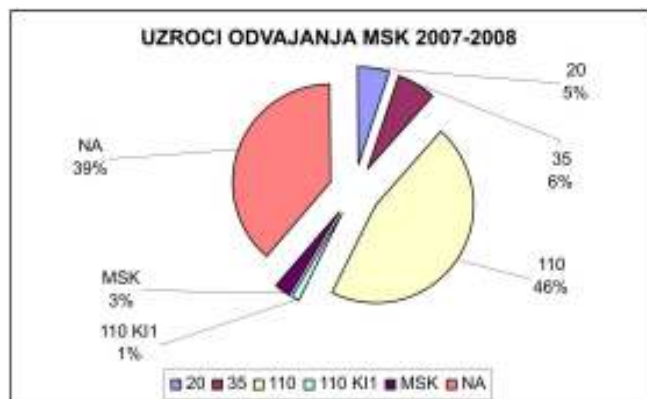
Sistem za akviziciju u MSK (Slika 1.) je postavljen pred kraj 2007. godine. Evidencija o propadima napona je vođena preko sistema za akviziciju postavljenog na 6 kV strani, na 20 kV strani u postrojenju MSK i preko SCADA sistema ED Zrenjanin ODC Kikinda koji nadzire TS 110/20 kV "Kikinda 2". U periodu dužem od godinu dana evidentirano je više od 1100 događaja. Nakon analize događaji su razvrstani po dužini trajanja i po prirodi kvara, odnosno broju faza u kojima je manifestovan. Potrebno je konstatovati da je sve vreme radio i generator, koji je uticao na ublažavanje intenziteta ovih pojava.



Slika 3 Vrste kvara 1f 2f 3f

Propad napona po definiciji predstavlja iznenadno smanjenje napona napajanja na vrednost između 90% i 1% deklarisanog napona, praćeno povratkom napona nakon kratkog vremenskog perioda. Iz dijagrama na slici 2. se mogu videti vrste kvarova u odnosu na prirodu: monofazni propadi (dati su za svaku fazu posebno), dvofazni ili trofazni. Na slici desno (Slika 3.) dat je pregled jednofaznih, dvofaznih i trofaznih propada napona u akvizicionom periodu.

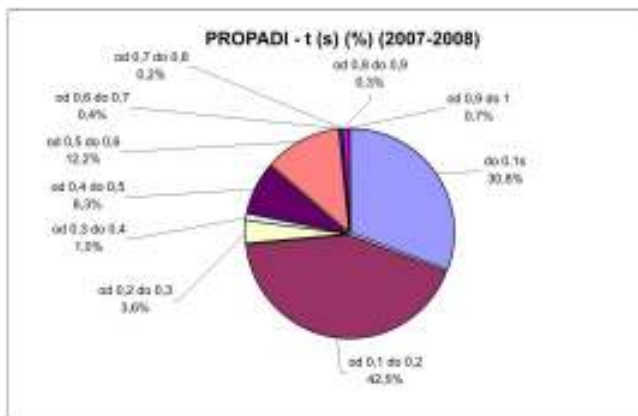
Posebnu pažnju su izazvali događaji koji su prouzrokovali odvajanje pogona MSK od mreže. U pojedinim momentima dolazilo je do isključenja 6kV prekidača u RP 20 kV MSK, pa čak i do "ostrvskog rada". Od 1106 slučajeva zabeleženo je 79 takvih događaja. Sa dijagrama dole (Slika 4.) može se videti da je veći deo uzroka odvajanja od mreže upravo na 110 kV strani, s tim više ako se uzme u obzir da je veliki broj događaja ostao neopisan, uzrok im se nije našao u SCADA sistemu niti je opisan u grupi događaja na 110 kV. Ovi se događaji mogu pripisati ili prolaznim događajima u 20 kV sistemu, pa su



Slika 4 Uzroci odvajanja

ostali nezabeleženi u SCADA sistemu, ili su uzroci u višim naponskim nivoima, bilo da su prolazni događaji na 110 kV koje SCADA ne registruje, tj. sistemska zaštita ne registruje ni kao pobudu, ili su to događaji u višim naponskim nivoima.

Pojave koje su uočene u ovom periodu se mogu klasifikovati i po dužini trajanja. Iz priloženog dijagrama (Slika 5.) može se uočiti da ogroman broj događaja traje do 200 ms, ali je, po primedbama potrošača, sumnja pala i na propade napona koji su trajanja 100 ms, te da i oni predstavljaju opasnost po tehnološki proces. To je razlog što se i pristupilo sagledavanju problema sa aspekta da dužina trajanja propada napona ne sme biti veća od 100 ms. U toku 2009. godine MSK nije imao uslova za rad, generator veći deo godine nije radio i to nije bio interesantan period za analizu, mada je sistem za akviziciju i dalje obavljao nadzor nad sistemom.



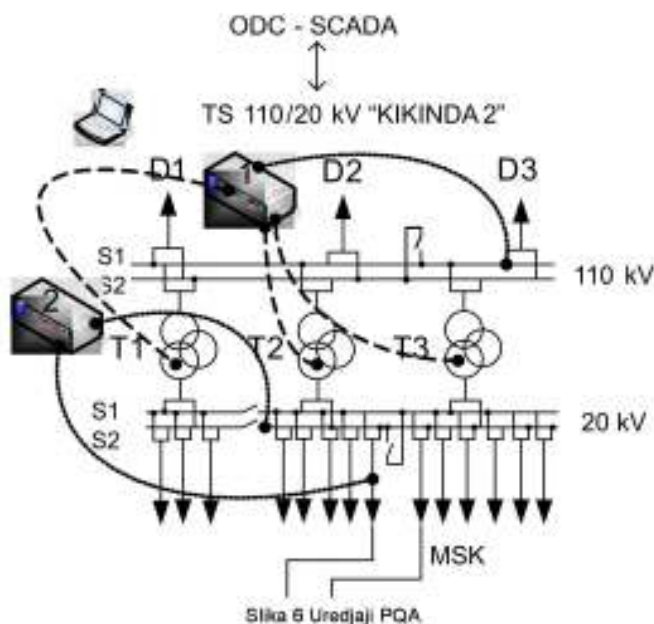
Slika 5 Dužina trajanja događaja

Posle obavljene tehnoekonomske analize MSK je odlučio da nastavi pogon, ali pod uslovom da se generator od 16MVA stavi van pogona. U svrhu traženja sigurnog rešenja MSK se obratio nadležnim institucijama zahtevajući da se ispitaju i stvore uslovi za nesmetan rad pogona bez generatora.

U nastojanju da se pruži adekvatan odgovor na zahtev kupca električne energije, formirana je komisija na nivou Elektrovojvodine sa zadatkom da sagleda mogućnosti napajanja MSK pod uslovima koje je zahtevao kupac.

U tu svrhu preduzeti su određeni postupci kako bi se postigli sveobuhvatniji odgovori i kako bi se sa sigurnošću moglo predložiti rešenje koje bi bilo moguće, a koje bi i zadovoljilo kupca. Da bi se uverili u kvalitet napajanja donet je plan da se postavi sistem za akviziciju na određenim tačkama kako bi se merenjem utvrdio kvalitet napajanja i dobijeni rezultati se uporedili sa vrednostima koje verifikuje sistem postavljen u MSK. U tu svrhu iskorišćeni su visokokvalitetni mrežni analizatori sledećih karakteristika:

- omogućen je NON-STOP monitoring merenih vrednosti
- uzorkuju se veličine struje i naponi (3 struje i 3 napona)
- broj zapisa po periodi: 512 tačaka
- harmonijska analiza po IEC 61000-4-30
- A/D konvertori do 250kHz (4μs)
- potpuna kompatibilnost sa EN 50160 i IEC 61000-4-15
- komunikacija sa uređajima na Internet alatima (WEB server, OPC server, IE, TCP/IP orijentisani)
- 2 Ethernet porta (100 Mbit sa PoE uređajem i izvorom)
- USB i RS-485 portovima
- interna memorija 2Gb
- autonomija rada bez napajanja 25 s

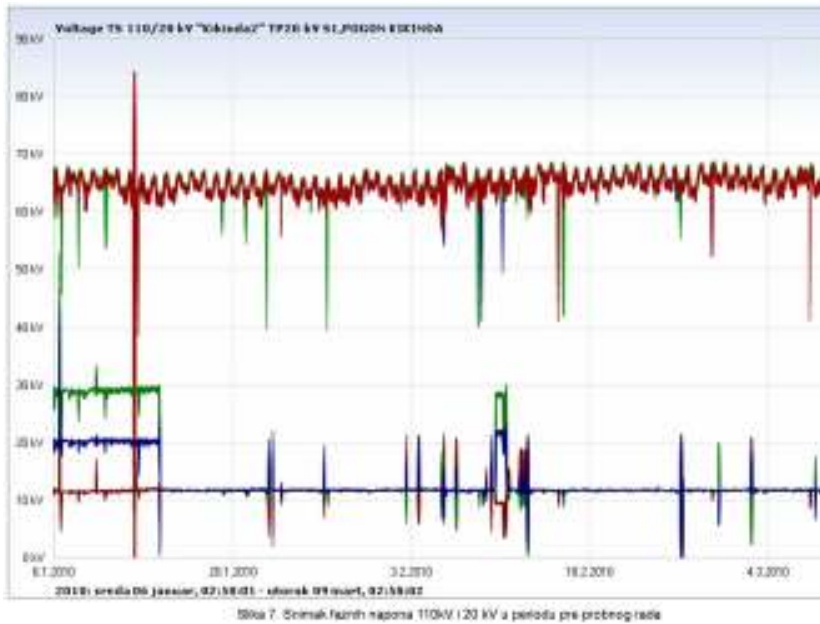


Slika 6 Uređaji PQA

Postavljena su 2 ovakva uređaja. Jedan je postavljen na 20 kV strani gde je četvorožično uzorkovao fazne napone sabirnica 20 kV sa kojih se napajao MSK kao i struje koje su merene na jednom od dva izvoda 20 kV. Drugi uređaj je postavljen na 110 kV strani gde su mereni fazni naponi na 110 kV sabirnicama. Ovaj drugi uređaj je merio i struje neutralnih tačaka 20kV. Na sledećoj šemi dat je položaj ova dva uređaja. (Slika 6.). Akvizicija u MSK je ista kao i ranije – (Slika 1).

Dogovoreno je da se obavljaju snimanja u prelaznom periodu u trajanju od 3 meseca, da se sagledaju registrovani događaji, da se potom predlože pojedine mere za poboljšanje napajanja i da se pređe u probni pogon bez generatora.

Pošto se sada raspolagalo podacima koje su registrovala 3 odvojena sistema za akviziciju, a SCADA sistem je u Dispečerskom Centru služio samo kao verifikaciono sredstvo za događaje, moralo se pristupiti poređenju dobijenih rezultata. Mrežni analizatori koji su postavljeni u MSK imaju slične



Na slici dat je dijagram praćenih veličina od početka 2010. godine do 09.03.2010: (Slika 7)

Na slici su dati dijagrami faznih napona 110 kV i 20 kV u periodu merenja: od početka januara do početka probnog rada (bez generatora) početak marta 2010. Iz ovog perioda merenja uzeti su oni događaji koji u sebi sadrže specifičan tehnološko – tehnički pojam – “ispad,„. To je naziv za isključenje generatorskog 6kV prekidača usled prorade nekih zaštita. Priložena Tabela1 predstavlja deo tabele koja se formirala u procesu identifikacije i upoređenja podataka.

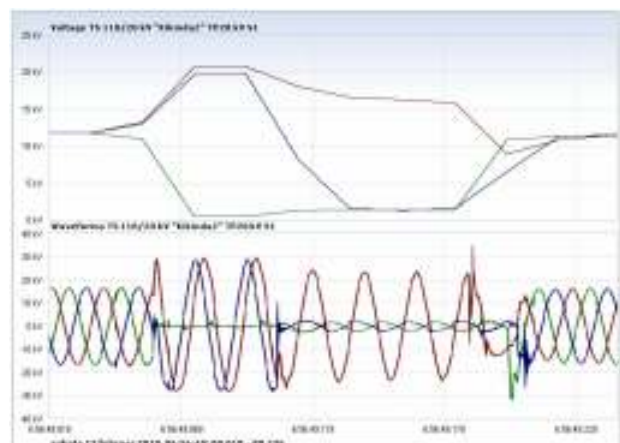
Tabela1: Upoređenje registrovanih događaja

t(s)	R	S	T	DATUM	ISPAD	SCADA	TS KI2	RDC
0,119	93	96	78	2010-Feb-09 14:07:04.313	DA	14:07:19:048 KI2_D1146 KIKINDA 1 Z< POBUDA F 8	09.02.2010 13:14:42.471 1ph 190ms 64.3kV na 40.9kV	14:07:19:200 Zr2 - KI 1 DV 143 Z< (1. st.) Isključenje 14:07:19:260 Zr2 - KI 1 DV 143 Z< Isključenje
0,160	180	4	15	2010-Feb-13 05:55:19.622	DA	13.02.2010, 05:55:31:783 KI2_I220 KOMUNALNO I>>	13.02.2010 05:56:49.048 1ph propad na 20 kV 166ms 1ph prelazi u PRORADA	Bez događaja
0,109	76	93	96	2010-Feb-15 17:20:17.150	DA	15.02.2010, 17:20:30:179 KI2_D1146 KIKINDA 1 Z< POBUDA F 0	15.02.2010 u 17:19 1 propd 65.8kv na 40.6 (61%) 140 ms	17:20:30:360 Zr2 - KI 1 DV 143 Z< (1. st.) Isključenje 17:20:30:430 Zr2 - KI 1 DV 143 Isključenje
2171,62	0	0	0	2010-Feb-25 14:57:01.555	DA	14:21:12:405 KI2_T22 I>>, t1 ZASTITA SABIRNICA 20 KV	beznaponsko stanje	beznaponsko stanje
0,159	177	3	167	2010-Feb-13 06:00:38.610	Ostrv. rad	13.02.2010, 06:00:50:727 KI2_I220 KOMUNALNO lo>	13.02.2010 06:02:08:49.048 1ph propad na 20 kV 184ms	Bez događaja

Od datuma kad su postavljeni merni instrumenti po dogovoru sa MSK (početkom januara), do početka probnog rada (bez generatora – početkom marta 2010. godine) od snimljenih 11 bitnih događaja, onih koji su prouzrokovali odvajanje od mreže, može se zapaziti da je 3 uzroka registrovanih u 20 kV mreži a 8 događaja ima uzrok u 110 kV mreži.

Na 20 kV izvodu se dogodila prorada zemljospojne zaštite $J_0 >$ i dalje se događaj razvijao kao kratak spoj jer se pojavio zemljospoj na drugoj fazi. Na slici 8 dat je snimak mrežnog analizatora ovog događaja.

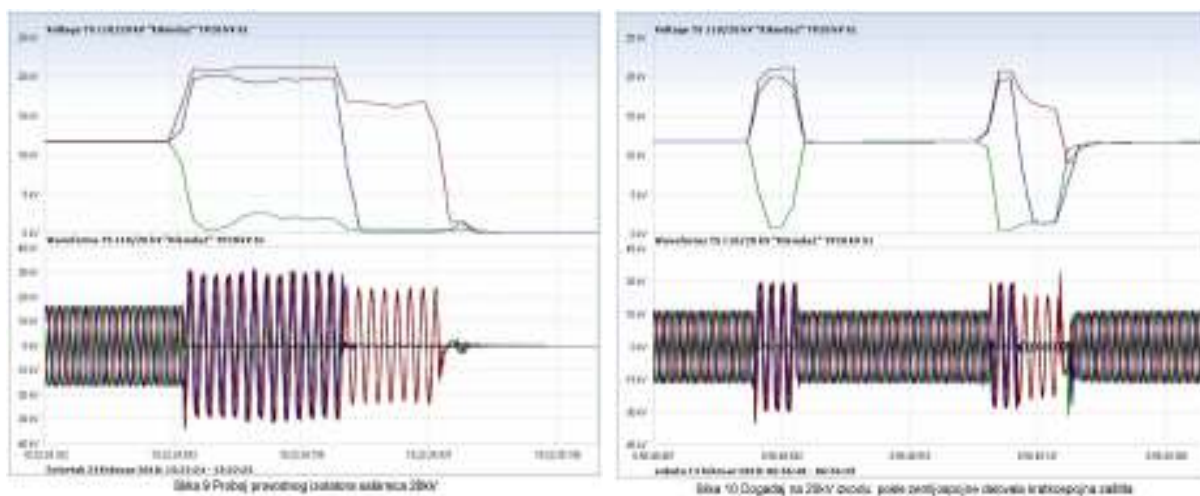
Dana 25.02.2010. dogodio se probaj provodnog izolatora na 20 kV sabirnicama i kupac je ostao bez napajanja (prikaz na slici 9.)



Slika 8 Dvofazni zemljospoj na 20kV izvodu: trajanje 150ms, dubina propada veća od 90%

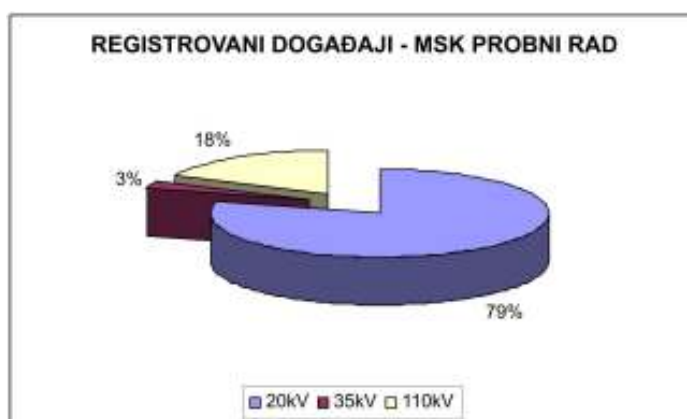
karakteristike kao i uređaji postavljeni u TS “Kikinda 2”, s tim što su to fiksno postavljeni uređaji, koji su preko LAN povezani sa server-klijent aplikacijom koja je dostupna na radnim stanicama. Vremenska sinhronizacija ovakvih uređaja je vrlo dobra, dok kod prenosnih mrežnih analizatora vremenska sinhronizacija zahteva GPS sinhronizaciju koja u našem slučaju jeste bila moguća ali je nismo imali. Stvar u vezi sinhronizacije vremena se komplikuje ukoliko se ima u vidu i sinhronizacija SCADA sistema koja je takođe teško dostupna.

Svi ostali prelazni procesi koji su se javljali nisu bili duži od 200ms i dubina propada nije bila veća od 10%. Izdvojen je još jedan karakterističan događaj na 20 kV, kada je posle prorade Jo>, došlo do prorade J>>. (Slika 10.)



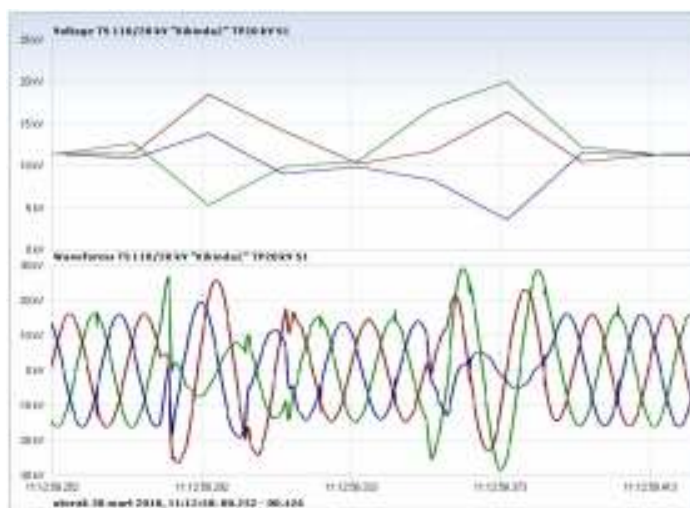
PROBNI RAD MSK – BEZ GENERATORA

U periodu od 09.03.2010 MSK je nastavio sa radom bez sopstvenog generatora. Do kraja marta registrovano je 38 događaja. Struktura događaja data je na slici 11. Karakterističan događaj jeste prorada kratkospojne zaštite na 20 kV izvodu, kada se posle uključjenja ne javlja naknadni kvar. Ovaj snimak je prikazan na slici 12. i značajan je kao mera robusnosti procesa u MSK. Proces je izdržao ovakav događaj, te se može očekivati da u budućnosti može da izdrži sve poremećaje slabijeg intenziteta i/ili kraćeg trajanja od ovog.



Slika 11: Događaji po naponskom nivou

Pošto je izvorna TS 110/20 kV Kikinda–2, sa koje se napaja kupac MSK, kratkim DV 110 kV povezana sa susednom TS 110/35 kV Kikinda–1, može se izvesti korelacija događaja na konzumu ovog EEO i registrovanog propada na konzumu 20 kV. Analizom događaja zabeleženih u prethodnim periodu, a datih na slici 4, može se zaključiti da postoji veliki udeo pojava na 35 kV mreži u pojavama na 20 kV. Na izvodima 35kV realizovana je zaštita nadzemnih vodova klasičnim elektromehaničkim relejima, sve prema tehnologiji koja pripada sedamdesetim godinama prošlog veka. Zaštita je projektovana na osnovu parametara opreme i karakteristika izvodnih dalekovoda 35kV, u skladu sa željenom selektivnošću, tako da vremensko zatezanje na izvodima iznosi 1.8s. Ovakvo podešenje zaštite prouzrokuje propade napona i na 20 kV konzumu (susedna TS Kikinda–2 udaljena je svega nekoliko kilometara) koji imaju znatnu dubinu i vreme trajanja, pa je artikulisan predlog da se izvrši

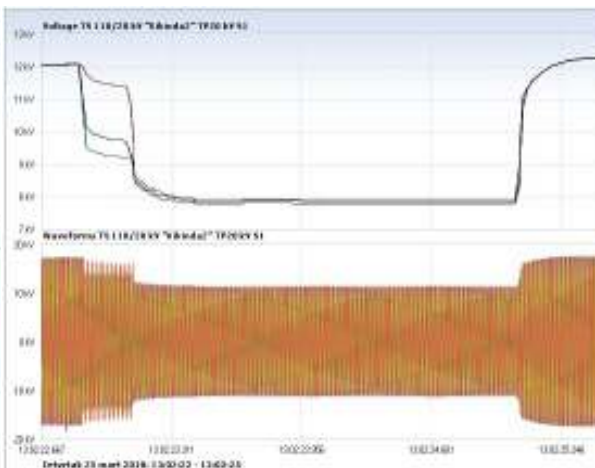


rekonstrukcija postojeće zaštite, kako bi se skratilo vreme trajanja prelazne pojave. Primer ovakvog događaja se može videti na slici 13, gde je došlo posle prorade zemljospojne zaštite na nadzemnom DV 35kV u TS Kikinda–1, do prorade zemljospojne zaštite TP 35 kV, usled proboja potpornog izolatora sabirnica 35 kV, sa vremenskim zatezanjem od 2s.

Na slici 13 je dat događaj na 110 kV strani u TS 110/20 kV Kikinda–2. Trajanje pojave je 2s 180ms, sa dubinom propada trofazno na 65%. Slika na 20 kV strani, koja je snimljena i u postrojenju MSK je data na slici 14.



Slika 13



Slika 14

Trajanje ovakve pojave je približno dužini trajanja pojave na 110 kV strani, 2s 390ms, sa dubinom propada na 65%.

Pored ovih pobrojanih slučajeva registrovani su događaji i usled prorada systemske, distantne, zaštite, gde se pojave sa jedne deonice prenose i na susedne EEO. Primer je dat na slici 15. U TS 110/35 kV Kikinda–1 proradila je distantna zaštita na DV 110 kV 12.03.2010 u 02:58. Događaj je trajao 1s 44ms, dubina propada 34%. Na slici je data pojava na 110 kV strani u TS 110/20 kV Kikinda–2. Događaj koji je snimljen na 20 kV sabirnicama ima sličnu karakteristiku i vreme trajanja pojave je 1s 104ms i dubina propada je nešto manja, 45% - slika 16.

ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Sve ove prelazne pojave koje su se dogodile u periodu od početka prigovora na kvalitet el.energije, postavljanja mernih uređaja i praćenje rada pogona MSK, nisu bitno uticale na rad industrijskog procesa. U prvobitnom režimu rada, sa generatorom, kupac je imao velikih problema sa radom lokalnih napojno-signalnih i upravljačkih krugova, jer je sva prateća automatika prouzrokovala vrlo česte tehnološke ispadne i pogon je bio neizvestan. Posle niza analiza i razmatranja rezultata snimanja faktora kvaliteta električne energije, prevashodno praćenje propada napona, došlo se do podataka o



Slika 15



Slika 16

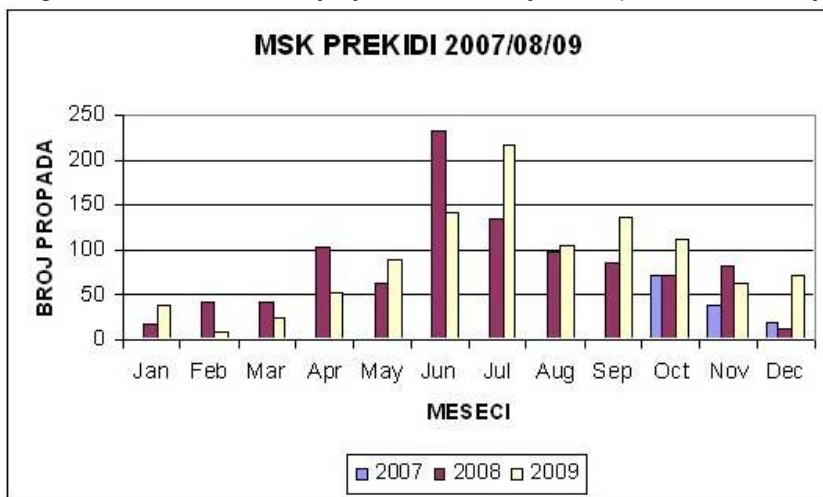
realnim vrednostima o kvalitetu električne energije.

Standardi koji definišu opšte karakteristike isporučenog napona imaju u vidu učestanost, amplitudu, talasni oblik i simetriju trofaznih napona. Napon napajanja je efektivna vrednost napona na napojnim

priključcima u datom trenutku, merena u toku datog intervala. Za elektrodistributivni sistem je normalni radni uslov izlaženje u susret potrebama potrošača, prekidanje i uklanjanje kvarova automatskim sistemom zaštite u odsustvu vanrednih okolnosti usled spoljašnjih uticaja ili značajnih događaja. Propad napona je iznenadno smanjenje napona napajanja na vrednost između 90% i 1% deklarisanog napona, gde je obično deklarisan napon isto što i nominalni napon napajanja, ukoliko nije drugačije uređeno posebnim obligacionim odnosima sa kupcem električne energije. Dubina propada je definisana kao razlika između najmanje efektivne vrednosti napona u toku propada napona i deklarisanog napona.

Normalni radni uslovi u pogledu promene napona napajanja podrazumevaju da se u toku svake nedelje 95% desetominutnih efektivnih vrednosti napona napajanja moraju naći unutar opsega $U_n \pm 10\%$, dok se sve desetominutne srednje efektivne vrednosti napona napajanja moraju naći unutar opsega $+10\% / - 15\%$.

Uzroci propada mogu biti različitog porekla, ali su obično posledica kvarova. Kvarovi koji nastaju na korisničkim instalacijama nisu predmet razmatranja. Najveći broj kvarova sa značajnim propadima napona nastaje u delu distributivnog sistema sa kojeg se kupac napaja (niženaponska strana u trafostanici 110/x), ali se takođe može osetiti značajan uticaj kvarova iz susednih (naročito bližih) trafostanica 110/x, pošto se svi kvarovi reflektuju na određeni način kroz prenosnu mrežu. Uticaj kvara na intenzitet propada pre svega zavisi od udaljenosti kvara od mesta posmatranja, ali i od uklopnog stanja u distributivnom sistemu i prenosnom sistemu. Što je kvar više udaljen od mesta posmatranja, odnosno što je prenosna mreža čvršća, propadi napona su manji. Jedan deo propada nastaje delovanjem sistemske zaštite EMS. Svi propadi koji nastaju delovanjem zaštite su lako prepoznatljivi zbog standardne dužine trajanja, odnosno daju sliku podešenosti relejne zaštite, bilo u distributivnom



Slika 17

sistemu, bilo u prenosnom sistemu.

Poremećaji su obično nepredvidivi, odnosno slučajni događaji.

Učestanost ovakvih događaja na godišnjem nivou može biti vrlo nepravilna i može zavistiti od tipa sistema za napajanje i od tačke posmatranja. Osim toga, raspored u toku godine može dosta varirati, što se može uočiti i u ovom slučaju, kao što je prikazano na slici 17, gde se vidi broj zabeleženih propada u posmatranom periodu po

mesecima u toku svake godine. Dat je broj prekida bez obzira na dužinu trajanja i dubinu propada. Pod normalnim radnim uslovima očekivani broj propada napona u godini može biti od nekoliko desetina do hiljadu. Pokazne vrednosti propada su kraće od 1 sekunde sa dubinom manjom od 60%. Uticaj propada napona na opremu i otpornost tehnološkog procesa, transparentno po dubini procesa, može se sagledati jedino uz razumevanje samog procesa. U pogledu otpornosti procesi se mogu generalno podeliti u dve grupe: procesi koji se mogu odvijati nesmetano bez el. energije duže vreme (nekoliko sekundi ili duže) i procesi koji se zaustavljaju posle kratkotrajnih nestanaka el. enegije (100ms). Za ovu drugu kategoriju procesa veoma je bitno pojedinačno poznavanje individualne opreme u procesu.

Sagledavanjem uticaja propada pojedinačno na DOL (direct on-line) motore, kontaktore, programabilne logičke kontrolere (PLC), personalne računare (PC), velike ispravljače i ostalu prateću signalno-komandnu automatiku, dolazi se do parametra koji povezuje razne vrste opreme u pojedine grupe. To je „vreme za koje je proces imun“ na poremećaje – PIT (*process immunity time*). Uticaji na opremu se mogu podeliti na tri kategorije: uticaji zavisni od napona (parametri pre propada (napon napajanja, distorzija), parametri za vreme propada (tip propada, trajanje, dubina), parametri posle propada (vraćanje u prethodno stanje), ukloпно stanje, zatim uticaji od same opreme (izdržljivost, podešenje opreme, zaštite, brzina, moment, inercija) i neelektrični uticaji (temperatura, vlažnost ...). Sagledavajući sve ove činjenice, i vodeći računa i o ekonomskoj strani otpornosti na propade, kupac električne energije je, uz maksimalnu angažovanost distributera, koji je sve svoje resurse usmerio ka interesu kupca, uspeo da se uveri u mogućnost postizavanja željenog načina obavljanja tehnološkog procesa.

ZAKLJUČAK

Postoji značajan uticaj kvaliteta električne energije na stabilnost procesa u MSK i sličnim industrijskim postrojenjima, naročito u pogledu propada napona. U pogledu obavljenih merenja, dobijenih rezultata i analize, Elektrovojvodina je uspeła da na pragmatičan i savremen način, dokumentovano i brzo odgovori na zahtev kupca električne energije – korisnika sistema, te da sveobuhvatno sagleda postavljeni problem i da stvori početne uslove za prevazilaženje poteškoća sa kojima se susreo kupac. Rešenja koja su moguća potrebno je klasifikovati prema vremenu potrebnom za realizaciju, pri čemu treba konstatovati da je za dugoročna rešenja potrebno i značajnije investiranje.

Sve aktivnosti na smanjenju uticaja propada – povećanju pouzdanosti industrijskih procesa mogu se klasifikovati na sledeći način:

1. **Formiranje optimalnog uklopnog stanja:** Ukoliko je moguće, sve potrošače koji zahtevaju posebno stabilno napajanje treba grupisati i napajati ih zajedno, po mogućnosti kablovskom mrežom. Sa stanovišta propada napona povoljno je da u prenosnoj mreži bude što veći broj dalekovoda učvoren (što je u nadležnosti EMS), a transformatori na objektima 110/x ne treba da rade paralelno.
2. **Podešavanje relejne zaštite:** potrebno je maksimalno skratiti vremena trajanja kvarova, naročito kvarova sa velikim strujama kvara. Ovu aktivnost treba sprovesti i na susednim objektima 110/x, odnosno do nivoa kada je to ekonomski isplativo.
3. **Pojačavanje mreže:** Izgradnja i povezivanje novih dalekovoda naponskog nivoa 110 kV i/ili izgradnja novih izvora – ovim se postiže veća „krutost“ mreže. Ova aktivnost zahteva dugoročno planiranje i svestranu analizu, s obzirom na potrebno vreme i finansijska sredstva potreban za realizaciju.
4. **Imunizacija procesa:** U samom industrijskom procesu potrebno je pronaći slabe tačke i preduzeti mere kojima bi se povećala otpornost samog procesa na poremećaje iz sistema koji se ne mogu izbeći ni na koji način. Generalno posmatrajući, ovo su aktivnosti kojima svaki Kupac može najviše sam sebi da doprinese, te se može preporučiti i za druge kupce kojima je značajno pouzdano napajanje.

Pozitivno dejstvo će imati i revitalizacija izolacije (naročito u 20 kV postrojenja u napojnoj TS 110/20 kV, ali i u ostalim delovima sistema), kao i ugradnja posebnog otpornika za uzemljenje neutralne tačke 20 KV za transformator koji napaja procesnu industriju.

U narednom periodu potrebno je nastaviti sa sistematskim prikupljanjem i analizom podataka o radu distributivnog sistema radi daljeg unapređenja kvaliteta napajanja.

LITERATURA

1. Prof. dr Vladimir Katić, 2002, "Kvalitet električne energije – viši harmonici", Monografije, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad,
2. SRPS EN 50160:2008, "Karakteristike napona isporučene električne energije iz javnih distributivnih mreža", Institut za standardizaciju Srbije, Beograd,
3. Međunarodni standard, 2003, IEC 61000-4-30, Elektromagnetska kompatibilnost (EMC) Deo 4-30: Tehnike ispitivanja i merenja – Metode merenja kvaliteta električne energije
4. Pierluigi Caramia, Guido Carpinelli, Paola Verde, 2009, "Power quality indices in liberalized markets", John Wiley & Sons, Ltd
5. CIGRÉ, Working Group C4.110, 2010, "Voltage Dip Immunity of Equipment and Installations",
6. Uputstva i procedure sistema kvaliteta ISO 9001: PD Elektrovojvodina Novi Sad,
7. Prof. dr Radiša Jevremović, 2002, Studija revizija relejne zaštite MSK, FTN Novi Sad,
8. Prof. dr Vladimir Katić, 2000, Studija Povećanje pouzdanosti napajanja MSK I deo: Kvalitet napajanja MSK", FTN Novi Sad,
9. Prof. dr Radiša Jevremović, 2000, Studija Povećanje pouzdanosti napajanja MSK II deo: Startovanje sinhronih motora bez rada sopstvenog generatora, FTN Novi Sad