

Zdravko Jadrijević
HEP – ODS d.o.o., Elektrodalmacija Split
zdravko.jadrijevic@hep.hr

Boris Brestovec
KONČAR – Inženjering za energetiku i transport d.d., Zagreb
boris.brestovec@koncar-ket.hr

Boris Njavro
KONČAR – Inženjering za energetiku i transport d.d., Zagreb
boris.njavro@koncar-ket.hr

Denis Brajković
HEP – ODS d.o.o., Elektroistra Pula
denis.brajkovic@hep.hr

AUTOMATSKA REKONFIGURACIJA MREŽE – ZRAČNA LUKA SPLIT

SAŽETAK

Zračna luka Split osobito je važan i osjetljiv potrošač. TS 10/0,4 kV Zračna luka 1 i 2 imaju mogućnost napajanja iz dvije TS 35/10 kV. U normalnom pogonu napajaju se iz TS 35/10 kV Divulje, a u slučaju ispada ili iz drugih razloga prekapčaju se na TS 35/10 kV Kaštela. Zračna luka posjeduje i vlastite pričuvne generatore. Trajanje prekapčanja napajanja iz jednu u drugu TS ograničeno je djelovanjem operatera u dispečerskom centru te raspoloživosti pogonske službe i mjeri se u desecima minuta. Kako bi se maksimalno skratilo vrijeme bez napajanja Zračne luke potrebno je ugraditi opremu za automatizaciju i upravljanje (daljinska stanica s PLC funkcijama) za ostvarivanje funkcije automatske rekonfiguracije mreže. Za komunikaciju između transformatorskih stanica koristi će se IEC 61850 standard. Osnovna namjena sustava je detekcija ispada napajanja (preko indikatora napona ili indikatora kvara, SCADA-e, ili kombinacijom istih i stanja sklopnih uređaja), te automatski, lokalno, bez utjecaja operatera obaviti sve sklopne operacije za uključanje napajanja s druge pojne točke. Primijenjeno tehničko rješenje poslužit će kao primjer rješenja napajanja osobito važnih i osjetljivih potrošača kao što su bolnice, sudovi, zatvori i sl.

Ključne riječi: automatska rekonfiguracija, pouzdanost, IEC 61850, daljinska stanica, PLC

AUTOMATIC NETWORK RECONFIGURATION – SPLIT AIRPORT (CROATIA)

SUMMARY

Split Airport is an exceptionally important and sensitive consumer. TS 10/0,4 kV Zračna luka 1 and 2 have the possibility of supply from two TS 35/10 kV. During usual operation they are supplied from TS 35/10 kV Divulje, and in case of fault or other reasons they are supplied from another source - TS 35/10 kV Kaštela. Split Airport also has its own generators. The duration of switching from one to another source depends on time of manual switching of the dispatcher and availability of the operating staff, and is measured in minutes. In order to reduce the outage time to a minimum, it is necessary to install automatization and remote control equipment (remote control unit with PLC function) for realizing automatic reconfiguration function. IEC 61850 standard will be used for communication between the transformer stations. The main purpose of the system is power supply loss detection (by voltage or fault indicator, SCADA, or combination of these and switch status), and with equipment for local automation perform all switching operations for supply restoration without the influence of dispatcher. The applied technical solution serves as a model for supplying exceptionally important and sensitive consumers such as hospitals, courts, jails, etc.

Key words: automatic reconfiguration, reliability, IEC 61850, remote terminal unit, PLC

1. UVOD

TS 10(20)/0,4 Zračna luka 1 i 2 napajaju energetska infrastrukturu Zračne luke Split, koja ima mogućnost napajanja s dvije strane, iz TS 35/10 kV Kaštela i TS 35/10 kV Divulje. Uz dvostrano napajanje, Zračna luka posjeduje i vlastite pričuvene generatore. U normalnom pogonu navedene dvije stanice napajaju se iz TS Divulje, a u slučaju ispada prekapčavaju se na TS Kaštela. Trenutno trajan paralelan rad odnosno istovremeno napajanje iz te dvije točke nije moguć, zbog prevelikih struja kratkog spoja, odnosno kapacitivnih struja u slučaju zemnog spoja. Trajanje prekapčanja napajanja iz jednu u drugu TS ograničeno je djelovanjem operatera u dispečerskom centru u Trogiru tj. Splitu te raspoloživosti pogonske službe i mjeri se u desecima minuta.

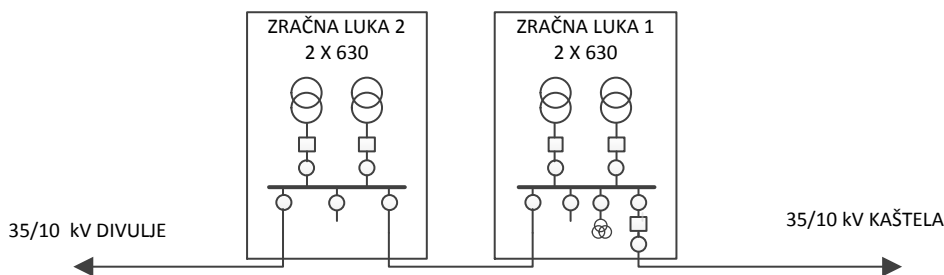
Kako bi se maksimalno skratilo vrijeme bez napajanja sustava u Zračnoj luci, potrebno je u obje TS ugraditi opremu za automatizaciju i upravljanje (daljinska stanica s PLC funkcijama) za ostvarivanje funkcije automatske rekonfiguracije mreže (ARM). Komunikacijski, ove dvije stanice povezat će se optičkim kabelom duljine cca 300 metara uz primjenu IEC 61850 standarda. Također, veza prema nadređenom centru obaviti će se optičkim putem. Osnovna namjena opreme je detekcija ispada napajanja (preko indikatora napona ili indikatora kvara ili kombinacijom istih i stanja sklopnih uređaja), te automatski, lokalno, bez utjecaja operatera obaviti sve sklopne operacije za uključenje napajanja s druge pojne točke. U ovakve operacije treba uključiti i sve opcije blokada, sigurnosne opcije i slično, kako ne bi došlo do većih kvarova odnosno krive prorade. Algoritam ARM-a mora osigurati automatsko prekapčanje unutar nekoliko sekundi od pojave kvara na dovodu tj. beznaponskog stanja dovoda. Također, potrebno je vremenski sve obaviti prije preuzimanja napajanja NN mreže od strane pričuvnih generatora.

Ovaj projekt predstavlja rješenje iz koncepta naprednih mreža (Smartgrids) te će, ako se pokaže uspješnim, poslužiti kao primjer rješenja napajanja osobito važnih i osjetljivih potrošača kao što su bolnice, sudovi, zatvori i slično.

2. POSTOJEĆE STANJE

TS Zračna luka 1 izgrađena je 1979. godine i u klasičnoj izvedbi na 10 kV („monjerke“) ugrađena su dva transformatorska polja (2x630 kVA), dva mjerna polja (jedno za potrebe mjerenja potrošnje Zračne luke 1, a jedno za potrebe mjerenja protoka energije između Pogona Trogir i Sjedišta (Split)), dva aktivna vodna polja i jedno rezervno vodno polje. Na vodnom polju prema 35/10 kV Kaštela ugrađen je prekidač kao i na transformatorskim poljima, dok je na vodnom polju prema TS Zračna luka 2 rastavljač, Slika 1.

TS Zračna luka 2 izgrađena je 1983. godine i u klasičnoj izvedbi na 10 kV („monjerke“) ugrađena su dva transformatorska polja (2x630 kVA) dva aktivna vodna polja, jedno rezervno vodno polje i jedno mjerno polje. Prekidači se nalaze u transformatorskim poljima dok su u ostalim poljima rastavljači, slika 1.

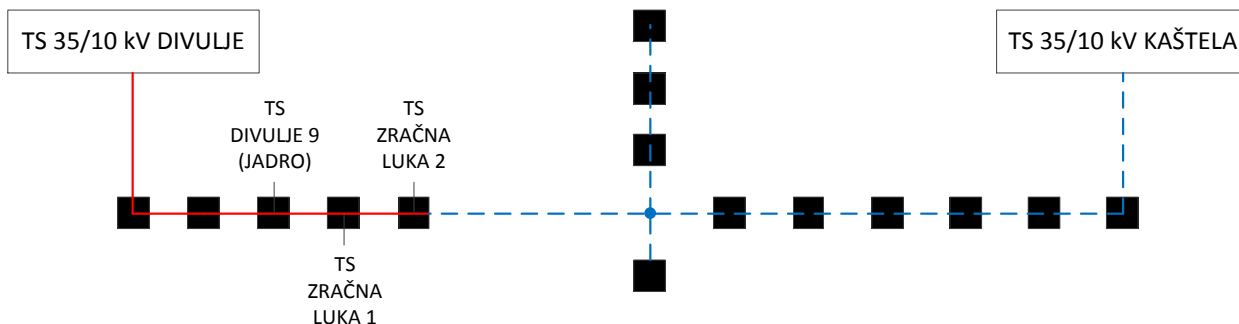


Slika 1. Jednopolna shema – napajanje TS Zračna luka 1 i TS Zračna luka 2

2.1. Mogućnosti napajanja

U normalnom uklopnom stanju obje TS napajaju se iz TS 35/10 kV Divulje, vidi Sliku 2. Prilikom prebacivanja napajanja na TS 35/10 kV Kaštela ručno se uključivanjem prekidača (VP Kaštela) u TS Zračna luka 1 uđe u kratkotrajni paralelni rad (između 35/10 kV Divulje i 35/10 kV Kaštela), a onda se isključi učinski rastavljač u susjednoj TS Divulje 9 (Jadro). Pritom se i TS Divulje 9 prebaci na 35/10 kV Kaštela jer je učinski rastavljač sa strane 35/10 kV Divulje. Prilikom nestanka napajanja iz TS Divulje, a i inače, na isti način može se prebaciti napajanje na TS 35/10 kV Kaštela s time da se pritom napoji i ostatak trafostanica sve do 35/10 kV Divulje osim kad su prevelika opterećenja. Ako je kvar na samom vodnom polju iz 35/10 kV Divulje onda se prethodno izolira mjesto kvara. Slično je ako je napajanje bilo iz

TS 35/10 kV Kaštela. Ako se želi samo TS Zračna luka 1 i 2 prebaciti na 35/10 kV Kaštela (bez TS Divulje 9) onda se prethodno treba u beznaponskom stanju pripremiti željeno uklopno stanje. Sve pogonske zahvate obavljaju pogonski energetičari uz koordinaciju dispečerskog centra u Trogiru odnosno Splitu. Sa sadašnjeg stanja opreme u navedenim TS očito je da se nerijetko mora ući u obustavu isporuke električne energije da bi se obavio željeni manevar zbog čega sve skupa predugo traje.



Slika 2. Normalno uklopno stanje, shema veza 10 kV-ne mreže

2.2. Pričuvno napajanje

U slučaju nestanka napajanja na niskonaponskim sabirnicama dolazi do pokretanja agregata te tako u roku od 7 sekundi prvi generator snage 640 kVA preuzme dio niskonaponske mreže u TS Zračna luka 1, a u roku od 14 sekundi drugi generator snage 640 kVA preuzme ostatak niskonaponske mreže. U TS Zračna luka 2 do preuzimanja napajanja niskonaponskih sabirnica dolazi od strane generatora snage 1000 kVA nakon 21 sekunde. Prebacivanje napajanja vrše tzv. „changover“ prekidači te je tako spriječena mogućnost istovremenog napajanja niskonaponskih sabirnica od strane mreže i pričuvnih generatora. Ako dođe do kratkotrajnog ispada napajanja sa strane mreže te se isto vrati u periodu kraćem od 7 sekundi, generatori nastave raditi u praznom hodu i isključuju se protekom 60 sekundi.

Neovisno o ovome, „Toranj kontrole leta“ ne osjeća ispad napajanja i udarce na mreži jer je napojen preko besprekidnog napajanja određene autonomije.

3. POUZDANOST NAPA JANJA

3.1. Pouzdanost postojećeg napajanja

Operator distribucijskog sustava evidentira ispad napajanja duže od 3 minute te je tako u zadnjih 5 godina (od 2006. do kraja 2011.) došlo do 36 zastoja napajanja koji su prosječno trajali više od 100 minuta, Tablica I.

Tablica I. Pregled zastoja TS Zračna luka 1 i 2 od 2006. do 2011.

Vrsta zastoja	Broj zastoja	min	Uzrok
planirani	1	8	otklanjanje posljedica kvara
planirani	2	200	redovito održavanje
planirani	4	1248	izgradnja objekata i mreže
prisilni	8	358	zastoj u napojnoj mreži
prisilni	21	1854	kvar
UKUPNO	36	3668	
Godišnji prosjek (6 god.)	6	611	

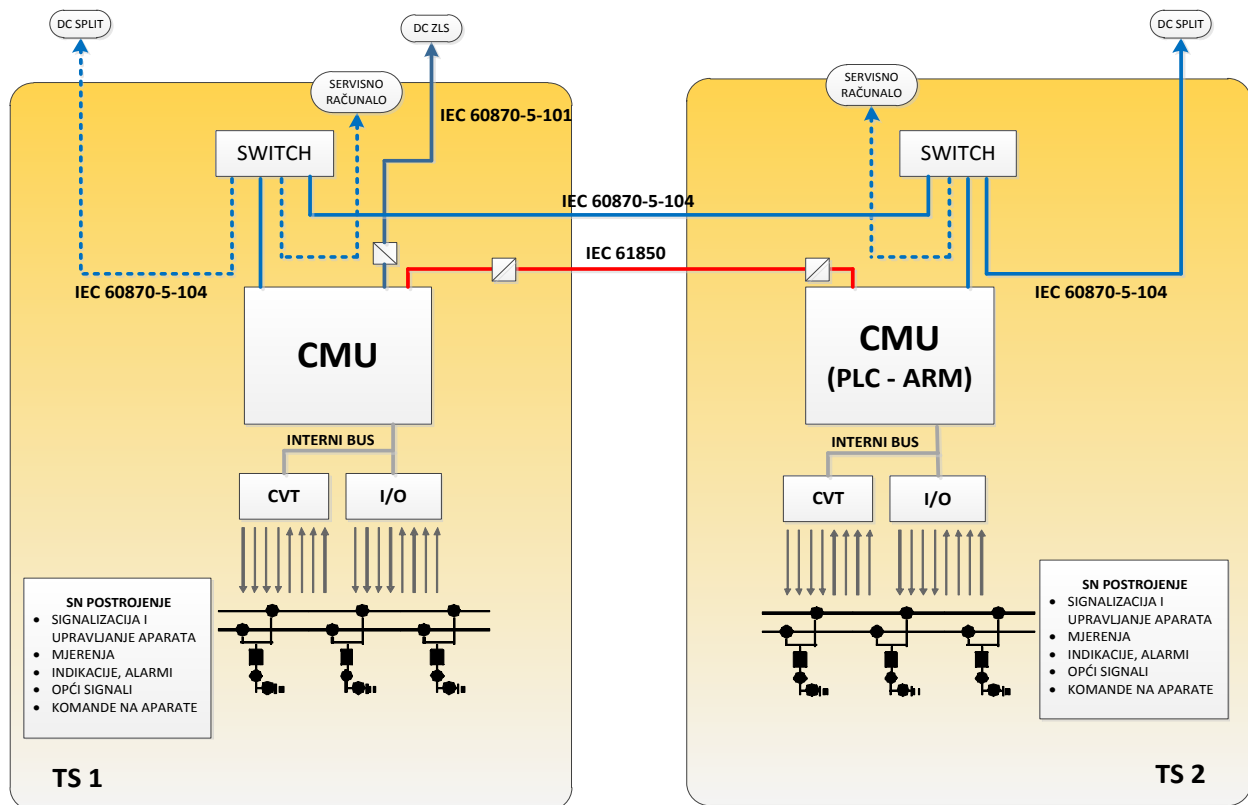
Planiranih zastoja bilo je 7, prosječnog trajanja 208 minuta. Prisilnih zastoja bilo je 29 (6 godišnje), a prosječno su trajali 76 minuta. Gotovo polovica ih je trajala do 30 minuta. Ove vrijednosti bi se mogle izraziti i kroz pokazatelje pouzdanosti sustava SAIFI i SAIDI. Iste bi ih bilo dobro prikazati odvojeno za planirane odnosno prisilne zastoje. Kratkotrajni zastoji odnosno zastoji trajanja do 3 minute se ne evidentiraju te nema podataka o njima. Planirani zastoji su najčešće posljedica redovnog održavanja ili priključenja novih objekata na mrežu. Pogonski manevri uvjetovani su dolaskom pogonske službe iz Pogona Trogir, a koordinacija manevrima odvija se iz dispečerskog centra u Trogiru (Splitu).

3.2. Pouzdanost budućeg napajanja

Umjesto postojeće tehnički zastarjele opreme ugradit će se vakuumska distribucijska sklopna aparatura s daljinski upravljivim rastavnim sklopkama u vodnim poljima te prekidačima u transformatorskim poljima. Također, ostvarit će se funkcija automatske rekonfiguracije mreže.

Nakon rekonstrukcije napajanja biti će jednostavnije izvođenje planiranih zastoja. Kad dođe do prisilnih zastoja značajno će se smanjiti pogođenost Zračne luke istima jer će se Zračna luka u kratkom roku prebaciti na susjednu pojnu točku. Jedino u slučaju da su obje pojne točke bez napajanja ili da je kvar sa obje strane Zračne luke neće se moći napojiti istu. S obzirom na buduću opremu (vakuumska distribucijska sklopna aparatura) te na kratku kabelsku dionicu između TS mala je vjerojatnost kvara unutar postrojenja Zračne luke. Ako i dođe do kvarova, zbog ugrađene automatske rekonfiguracije mreže te uvođenja u sustav daljinskog vođenja, oni će se vrlo brzo izolirati i, ako bude moguće, napojiti sa susjedne pojne točke. Takvi prekidi napajanja trajati će svega nekoliko sekundi što znači da se neće ni evidentirati u sustav za zapis zastoja napajanja (DISPO). S obzirom na podatke iz prethodnog podpoglavlja za očekivati je da će se za polovicu prisilnih zastoja trajanje (vrijeme bez napajanja) svesti ispod 3 minute. Stoga se očekuje poboljšanje (smanjenje) pokazatelja pouzdanosti SAIFI za prisilne zastoje od 50%. Također, doći će i do osjetnog poboljšanja pokazatelja SAIDI.

4. PREDLOŽENO TEHNIČKO RJEŠENJE ARM-A



Slika 3. Blok shema sustava

Postojeća zastarjela primarna oprema zamijeniti će se suvremenom daljinski upravljivom vakuumskom distribucijskom sklopnom aparaturom (RMU). U TS Zračna luka 1 za potrebe daljinskog upravljanja ugradit će se daljinska stanica dok će se u TS Zračna luka 2 (energetski je bliža TS 35/10 kV Divulje) ugraditi daljinska stanica sa PLC funkcijama, Slika 3. Komunikacija između tih daljinskih stanica uspostaviti će se preko optike po IEC 61850 protokolu.

Iz TS 35/10 kV Divulje uzimat će se informacija o proradi zaštita na vodnom polju koje napaja Zračnu luku. Također, i iz TS 35/10 kV Kaštela. Razvijeni algoritam osiguravat će automatsku rekonfiguraciju uvažavajući zadane uvjete i sigurnosne blokade.

Sva oprema sustava za ARM napaja se preko besprekidnog napajanja koje ima autonomiju rada od 30 min. Veće vrijeme autonomije nije potrebno jer u slučaju nestanka napajanja (bez mogućnosti napajanja sa druge pojne točke) napajanje Zračne luke preuzimaju agregati čime se automatski napoji i sustav besprekidnog napajanja.

4.1. Potrebna oprema

Kako bi se osigurala osnovna zadaća i povećala pouzdanost u napajanju sustava Zračne luke potrebno je imati visoko pouzdan i raspoloživ sustav koji bi izvršavao automatsku rekonfiguraciju mreže. Osnovni dijelovi sustava su:

- daljinska stanica,
- mjerni pretvarači struje i napona,
- indikatori kvara i napona,
- komunikacijska oprema,
- oprema za besprekidno napajanje,
- lokalno grafičko sučelje

4.1.1. Daljinska stanica

Osnova ARM sustava je daljinska stanica sa PLC funkcijama koja se sastoji od centralne jedinice za obradu podataka i distribuiranih U/I jedinica za prikupljanje podataka iz postrojenja. Procesni podaci ožičeni su na U/I jedinice koje se dijele na:

- digitalne ulazne jedinice – DI jedinice,
- digitalne izlazne jedinice – DO jedinice,
- analogne ulazne jedinice – AI jedinice.

Centralna procesna jedinica mora imati određeni broj komunikacijskih sučelja za povezivanje s ostalom opremom u sustavu. Za potrebe povezivanja s nadređenim sustavima koristi se mrežno sučelje preko kojega se razmjenjuju podaci sa SCADA sustavom u dispečerskom centru (DC-u) i u centru korisnika zračne luke. Razmjena podataka mora se zasnivati na mrežnom IEC 60870-5-104 komunikacijskom standardu prema dispečerskom centru, odnosno na IEC 60870-5-101 standardu prema centru nadzora korisnika – Zračnoj luci Split.

Daljinska stanica na TS 2 mora imati mogućnost izvođenja proračuna i algoritma ARM-a. Za te potrebe daljinska stanica mora imati PLC razvojno okruženje zasnovana na IEC 61131-3 standardu. U PLC razvojnom okruženju nužno je izraditi algoritam ARM-a korištenjem jednog od programskih jezika FBD ili ST. Daljinska stanica na TS 2 prikuplja sve potrebne podatke za izvođenje algoritma ARM-a (bilo preko vlastitih U/I jedinica ili preko daljinske stanice na TS 1 komunikacijskim putem) i ciklički izvodi proračune. Kao rezultat proračuna daljinska stanica u TS 2 šalje komande (na vlastite U/I jedinice ili komunikacijskim putem na daljinsku stanicu na TS 1) i provodi rekonfiguraciju.

4.1.2. Mjerni pretvarači struje i napona

Kako bi se mogla prikupljati procesna mjerenja struje i napona, koriste se mjerni pretvarači. Prikupljena mjerenja komunikacijskim putem se šalju u daljinsku stanicu gdje se dalje obrađuju. Mjerni pretvarači se spajaju na internu komunikacijsku sabirnicu daljinske stanice te na taj način u biti djeluju kao U/I jedinica stanice. Na ovaj način moguće je istim programskim alatom konfigurirati i mjerne pretvarače i olakšati inženjering baze podataka i omogućiti njihovo daljinsko parametriranje.

4.1.3. Indikatori kvara

Indikatori kvara se koriste za detekciju i indicaciju dozemnog i kratkog spoja na vodnim poljima koji napajaju TS 1 i TS 2 odnosno na kabelskom vodu između njih. Prilikom pojave kvara senzori i indikator kvara detektiraju, indiciraju i registriraju kvar prije nego što zaštita voda isključi vod u kvaru. Indikator kvara indicira vrstu i mjesto kvara lokalno na LED elementima za pripadajuće vodno polje. Na daljinsku stanicu povezat će se korištenjem MODBUS protokola.

4.1.4. Indikatori napona

Indikatori napona koriste se za lokalnu i daljinsku indicaciju prisutnosti napona u TS 1 i TS 2, odnosno na dovodnim poljima, te se preklopni kontaktni izlazi spajaju na U/I jedinice daljinske stanice i signaliziraju prisutnost napona u sve tri faze.

4.1.5. Komunikacijska oprema

Za potrebe mrežnog povezivanja sa SCADA sustavom u dispečerskom centru i sustavom u centru korisnika, koristi se mrežni preklopnik za proširenje procesne mreže na svakoj TS. Mrežni preklopnik mora osigurati dovoljan broj mrežnih sučelja kako bi se mogli povezati svi potrebni uređaji na razini postrojenja.

Za potrebe međusobne razmjene podataka korištenjem IEC 61850 informacijske sabirnice, između dvije daljinske stanice koriste se zasebni mrežni preklopnici povezani optičkom vezom.

4.1.6. Oprema besprekidnog napajanja

Kako bi se osigurala pouzdanost u radu sustava za ARM i zadovoljavajuća raspoloživost sustava nužno je isporučiti sustav besprekidnog napajanja. Sustav besprekidnog napajanja sastoji se od ispravljača koji pretvara ulazni napon 230 VAC na 24 VDC i baterija koje osiguravaju autonomiju od minimalno 30 min.

4.1.7. Lokalno grafičko sučelje

Lokalno grafičko sučelje prema operateru mora omogućiti uvid u uklopna stanja na oba postrojenja putem jednopolnih prikaza shema, slično kao i na SCADA-i u nadređenom DC-u. Osim jednopolnih shema, lokalno grafičko sučelje mora omogućiti i tabelarni prikaz svih alarma i indicacija sa pojedinog postrojenja, te kronološku listu događaja. Ovakav način prikaza na lokalnom grafičkom sučelju omogućiti će operateru postrojenja kompletnu situaciju i uvid u stanje postrojenja.

4.2. Osnovne funkcije sustava za ARM

Za potrebe ostvarivanja ARM-a, nužno je isporučiti distribuirani sustav lokalne automatike. Sustav lokalne automatike mora se temeljiti na funkcijama daljinske stanice kao što su:

- prikupljanje procesnih podataka o stanjima aparata, općim signalima i alarmima, mjerenjima struje i napona,
- izdavanje komandi na aparate,
- ciklički proračun algoritma ARM-a pomoću PLC razvojne okoline prema IEC 61131-3,
- razmjena podataka sa nadređenim SCADA sustavom u DC Elektrodalmaciji korištenjem IEC 60870-5-104 mrežnog standarda,
- razmjena podataka sa nadređenim sustavom u centru korisnika (Zračna luka) korištenjem IEC 60870-5-101 mrežnog standarda,
- razmjena podataka između daljinskih stanica u TS 1 i TS 2 korištenjem IEC 61850 informacijske sabirnice,
- lokalni grafički prikaz uklopnog stanja EE mreže,
- vremenska sinkronizacija korištenjem SNTP protokola sa SCADA sustavom u DC Elektrodalmaciji,
- daljinski nadzor, dijagnostika i parametrisiranje daljinskih stanica iz DC Elektrodalmacije (web poslužitelj).

Daljinska stanica prikuplja podatke preko ulazno/izlaznih (U/I) jedinica na kojima se izvršava i obrada procesnih signala. Preko izlaznih jedinica daljinska stanica izdaje komande na aparate. Centralna jedinica obrađuje podatke i brine se za izvođenje komunikacijskih zadataka razmjene podataka sa nadređenim centrima, te za izvođenje ARM algoritma.

Prikupljene procesne podatke nužne za izvođenje algoritma ARM-a daljinska stanica obrađuje u PLC razvojnom modulu koji se zasniva na IEC 61131-3. Obje daljinske stanice međusobno razmjenjuju podatke koristeći postojeću optičku infrastrukturu preko IEC 61850 informacijske sabirnice. Podaci koji se razmjenjuju služe za izvođenje algoritma ARM-a.

Operator iz dispečerskog centra Elektrodalmacije ima mogućnost daljinskog nadzora i upravljanja. Razmjena podataka odvija se preko IEC 60870-5-104 mrežnog standarda. Omogućen je nadzor nad svim aparatima, alarmima, općim signalima i procesnim mjerenjima na oba postrojenja te izdavanje komandi i upravljanje. Osim procesnih signala u DC-u je moguće vidjeti i status algoritma ARM-a (režim rada algoritma i status). U Centru korisnika Zračne Luke nužno je isporučiti programsku aplikaciju za daljinski nadzor i alarmiranje. Sustav mora omogućiti komunikaciju i prikupljanje podataka s daljinskih stanica preko mrežnog IEC 60870-5-101 standarda. Operatori u centru korisnika autorizirani su samo za nadzor nad procesnim podacima te nemaju ovlasti za bilo kakvo upravljanje. Nadzor nad procesnim podacima odnosi se na uvid u pojednostavljene jednopolne prikaze shema, tablice alarma i kronološke liste događaja, te režim rada i status ARM-a.

4.3. Logika ARM-a

Daljinska stanica na TS 2 na koju je i spojen izvod iz TS Divulja, vodeća je daljinska stanica u konfiguraciji sustava ARM-a. Vodeća daljinska stanica mora provoditi proračune i algoritam ARM-a te je nužno da u svojoj konfiguraciji ima i PLC razvojni modul. Podređena daljinska stanica na TS 1 služi samo kao izvršni član u algoritmu ARM-a i zadaća joj je prikupiti signale i proslijediti ka vodećoj daljinskoj stanici te odraditi komande.

Unutar PLC razvojnog modula nužno je definirati algoritam ARM-a prema slijedećim strukturama:

- blok za obradu ulaznih podataka,
- blok za utvrđivanje početnih uvjeta i sigurnosnih blokada,
- blok algoritma ARM-a,
- blok za obradu izlaznih podataka.

Izvođenje algoritma ARM-a mora biti cikličko sa vremenom ciklusa od 200 ms. Algoritam ARM-a mora imati i ulazne parametre koji će omogućiti korisniku fino podešavanje vremenskih konstanti algoritma bez nepotrebnog ulaženja u samu strukturu i programski kod. Zbog izvođenja APU-a u prijenosnoj mreži (jedan stupanj trajanja od 0,4 do 0,8 sekundi) potrebno je izvršiti zatezanje izvođenja ARM-a od 2 sekunde.

4.3.1. Podaci za ARM algoritam

Procesni podaci koje je nužno prikupljati i obrađivati u algoritmu dobivaju se na jedan od slijedećih načina:

- ožičeni signali na U/I jedinice vodeće daljinske stanice,
- signali dobiveni komunikacijskim putem preko IEC 61850 informacijske sabirnice iz podređene daljinske stanice,
- signali dobiveni iz mjernih pretvarača komunikacijom preko interne U/I komunikacijske sabirnice,
- signali dobiveni komunikacijskim putem iz lokalnih sustava nadzora i upravljanja na nivou TS (stanično računalo na TS Divulje),
- signali dobiveni komunikacijskim putem sa indikatora kvara i napona.

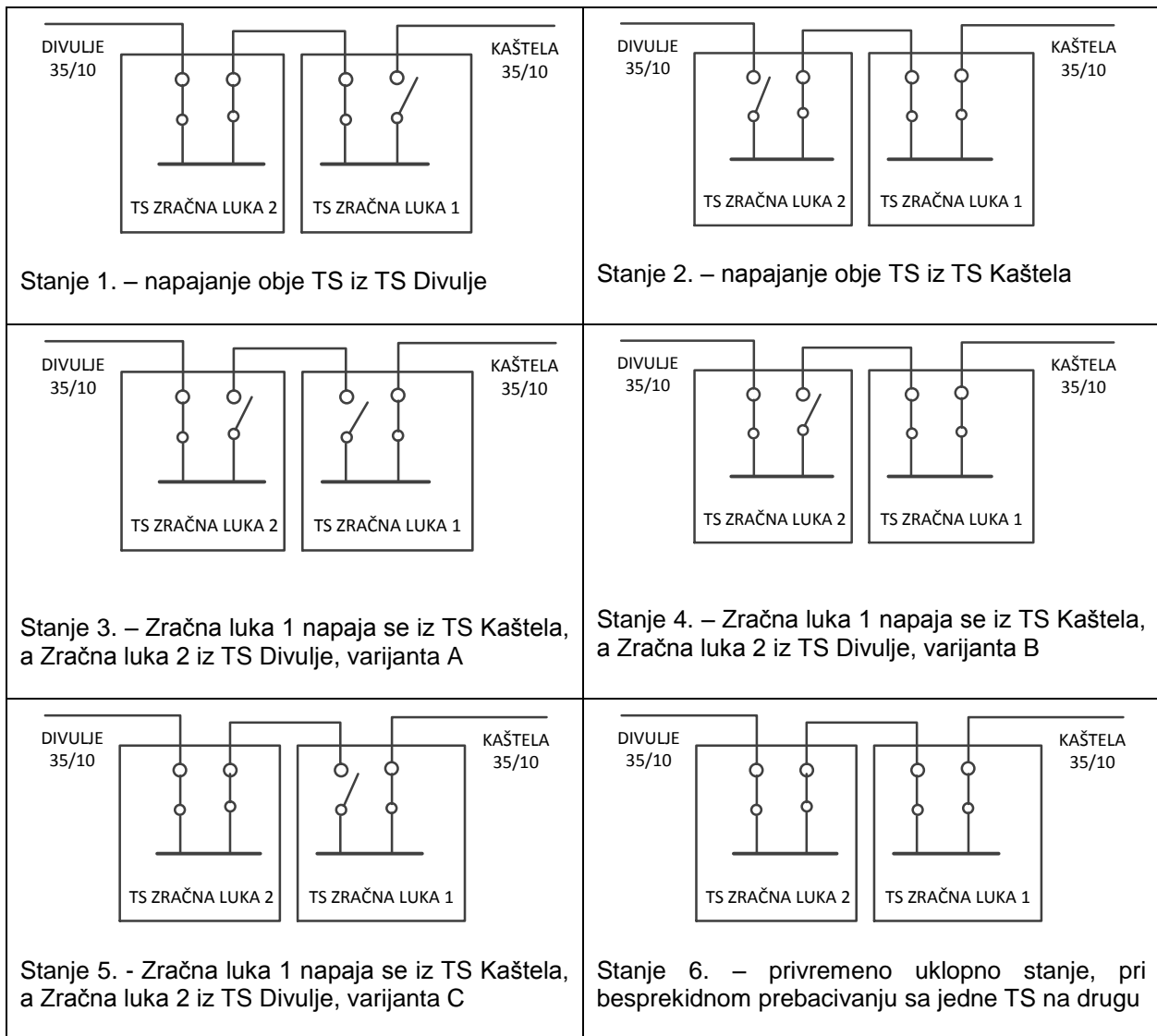
Izlazni signali rezultat su proračuna i generirani su unutar PLC modula. Oni se uglavnom odnose na komande prema aparatima koji su izvršni članovi ARM algoritma. Među ostalim signalima tu su i signali statusa algoritma ARM koji se prosljeđuju u nadređeni SCADA sustav.

Za algoritam ARM-a koriste se sljedeći podaci:

- stanje prekidača odnosno rastavnih sklopki s transformatorskih i vodnih polja,
- stanje rastavljača za uzemljenje s transformatorskih polja,
- napon i struja s mjernih polja,
- signalizacija prorade nadstrujne, kratkospojne i ostalih zaštita transformatorskih polja,
- signalizacija s indikatora napona na vodnim poljima (tri napona),
- signalizacija s indikatora kvara,
- prorada kratkospojne i zemljospojne zaštite na vodnim poljima koji napajaju Zračnu luku (TS 35/10 Divulje i 35/10 Kaštela),
- režim rada – lokalno, daljinski odnosno automatski ili ručno,
- status IEC 61850 – ispad komunikacije,
- status PLC-a – kvar PLC-a.

4.3.2. Početna stanja mreže

Tablica II. Početna uklopna stanja i privremeno uklopno stanje



Početna stanja mreže bitno je definirati tako da se jednoznačno može izvesti algoritam ARM-a, a odnose se na uobičajena stanja mreže prilikom normalnog pogona. Moguće je razlikovati ukupno 5 osnovnih uklopnih stanja, te stoga možemo govoriti i o 5 početnih stanja iz kojih se smije krenuti u proračun algoritma ARM-a, a koji su dani slikama od 1. do 5. (shemama) u tablici II.

Ostala uklopna stanja mreže ne mogu se smatrati početnim stanjima i ne zadovoljavaju uvjete koji moraju biti ispunjeni za pokretanje algoritma ARM-a. Takva stanja su uglavnom stanja nakon kvara na mreži ili stanja u kojima se odvijaju servisni popravci odnosno održavanje i ARM-u se ne smije dozvoliti da djeluje kako ne bi doveo do havarijske situacije. Prilikom ručnog prebacivanja napajanja sa jedne pojne točke na drugu privremeno se može ući u paralelan rad između TS 35/10 Divulje i TS 35/10 Kaštela što je prikazano u Tablici II., stanje 6. U takvoj situaciji algoritam ARM-a neće izvršavati nikakve aktivnosti jer stanje 6. ne spada u početna stanja, a i pritom će preklopka za odabir režima rada ARM-a biti u položaju RUČNO. Ako pritom dođe do ispada napajanja s jedne strane ispasti će i napajanje s druge strane te u tom slučaju dispečer mora ručno (daljinski) vratiti napajanje.

4.3.3. Početni uvjeti i sigurnosne blokade

Sigurnosne blokade moraju biti sastavni dio početnih uvjeta za stanje spremnosti algoritma ARMa. Ukoliko neki od početnih uvjeta nisu ispunjeni, algoritam ARM-a neće biti spreman za izvođenje. Kao početni uvjeti definiraju se:

- uklopno stanje mreže odgovara početnim stanjima 1, 2, 3, 4, 5,
- nema aktivnih alarma zaštite (signalizacija dobivena preko indikatora kvara),
- postoje naponi na dovodima iz TS Divulje i TS Kaštela (sa indikatora napona),
- sigurnosne blokade nisu aktivne,
- prekidač na Trafo 1 i/ili Trafo 2 uključen i ne postoji kvar na Trafo 1 i/ili Trafo 2,
- preklopka za odabir režima rada ARM-a je u položaju AUTO.

4.3.4. Algoritam ARM-a

Ukoliko su zadovoljeni svi početni uvjeti algoritam ARM-a spreman je za izvođenje. Ako je algoritam ARM-a spreman za izvođenje on će se pokrenuti ukoliko dođe do pojave signala za pokretanje – okidača. Signal za pokretanje se definira kao:

- ispad napona na jednom od dovoda iz TS Divulje ili TS Kaštela (ovisno o tome odakle se u tom trenutku napaja Zračna luka),
- indikacija kvara na dovodu TS Divulje ili TS Kaštela.

Ukoliko dođe do pokretanja algoritma ARM-a tada algoritam ispituje u kojem početnom uklopnom stanju se nalazi mreža i prema tome djeluje na izvršne članove, prekidače tj. rastavne sklopke. Provođenje algoritma treba izvoditi tako da se ne dogodi privremeno uklopno stanje, dakle da se ne uđe u paralelni rad između dviju TS 35/10 kV.

4.4. IEC 61850 standard

IEC 61850 definira stroga pravila za razmjenu podataka između funkcijskih čvorišta, a time je omogućena interoperabilnost uređaja u sustavu zaštite, nadzora, upravljanja te automatizacije transformatorskih stanica, neovisno o proizvođaču opreme [4]. Za razliku od prethodnih komunikacijskih standarda (IEC 60870-5, DNP3) čija se semantika procesnih podataka temelji na signalima (eng. signal-oriented), IEC 61850 uvodi načelo opisivanja energetske opreme na temelju objektno orijentirane paradigme [5]. IEC 61850 ne definira samo komunikacijske mehanizme za prijenos podataka već definira i strukturu podataka koji se prenose. Standard razlikuje sedam grupa podataka: uzorkovane vrijednosti analognih signala (eng. SV – Sampled Values), GOOSE poruke (eng. Generic Object Oriented Substation Events), GSSE poruke (eng. Generic Substation Status Event), vremensku sinkronizaciju (eng. Time Sync) i MMS poruke (eng. Manufacturing Message Specification). Uvođenje servisa za GOOSE poruke jedna je od glavnih i najpoznatijih značajki standarda IEC 61850. Servis se temelji na konceptu autonomne i decentralizirane metode koja na učinkovit način omogućava istovremeno slanje podataka na više od jednog fizičkog uređaja. GOOSE poruke podržavaju razmjenu podataka različitih formata dok GSSE poruke podržavaju razmjenu podatka o promjeni stanja binarnih vrijednosti.

Najveća razlika između GOOSE i GSSE servisa je u vrsti informacije koja se prenosi. GOOSE servis omogućuje fleksibilni odabir tipa informacije koja se prenosi, dok GSSE podržava isključivo jednostavni popis binarnih stanja. Postoje dva osnovna modela slanja podataka uzorkovanih vrijednosti:

- za zaštitne funkcije šalje se 80 uzoraka po ciklusu (4000 uzoraka u sekundi), odnosno 80 podataka po ciklusu.
- za funkcije analize kakvoće električne energije potrebna je veća frekvencija uzorkovanja, stoga se šalje 256 uzoraka (12800 uzoraka u sekundi); u podatkovnim blokovima po 8 podataka, odnosno 32 bloka po ciklusu.

Procesom virtualizacije objektni modeli fizičkih uređaja u energetske postrojenjima izravno su povezani s procesnim podacima koji su ključni za njihov nadzor i upravljanje.

5. ZAKLJUČAK

U radu je opisan mogući način rješavanja napajanja osobito važnih i osjetljivih potrošača kao što su zračne luke, bolnice, sudovi, zatvori i slično. Automatska rekonfiguracija mreže dosad se nije koristila u mreži HEP Operatora distribucijskog sustava. Ovo Smartgrids rješenje predstavlja suvremeno tehničko rješenje koje pored odgovarajuće primarne opreme čine i daljinska stanica sa PLC funkcijama, indikatori kvara i napona, komunikacijska oprema (IEC 61850) te ugrađena logika. Pored stanja sklopkih aparata u algoritam su uključeni i signali sa indikatora napona, indikatora kvara, zaštitnih uređaja, SCADA-e i drugo.

Sustav ne ovisi o komunikaciji sa dispečerskim centrom već lokalno odrađuje automatsku rekonfiguraciju mreže tj. nakon ispada napajanja prebacuje napajanje na drugu pojnu točku. Odabrani algoritam i sigurnosne blokade te komunikacijska rješenja jamstvo su sigurnog i uspješnog rada sustava.

Očekuje se poboljšanje pokazatelja prosječne učestalosti zastoja sustava SAIFI za 50% te znatno poboljšanje pokazatelja prosječnog trajanja zastoja sustava SAIDI.

LITERATURA

- [1] B. Brestovec, M. Šlogar Brcko, P. Domijan, S. Jurešić, Ž. Beljan, "Distribuirani sustav daljinskog vođenja u Rafineriji nafte Rijeka", 10. savjetovanje HRO Cigre, B5-04, Cavtat, studeni 2011.
 - [2] Z. Jadrijević i suradnici, „Projektni zadatak za izmjenu glavnih projekata za adaptaciju TS u Zračnoj luci Split“, Elektrodalmacija, Split, siječanj 2012.
 - [3] IEC 61850-1 Communication networks and systems in substations – part 1: Introduction and Overview
 - [4] G. Jurišić, „Utjecaj standarda IEC 61850 na sustav zaštite“, rad za kvalifikacijski doktorski ispit, FER Zagreb, 2012.
 - [5] S. Sučić, H. Keserica, A. Martinić, „Utjecaj drugog izdanja IEC 61850 standarda na razvoj komunikacijske arhitekture elektroenergetskog sustava“, 2. (8.) savjetovanje HO Cired, SO3-19, Umag, svibanj 2010.
- RTUtil560 User's Guide Release 10 , ABB AG, Mannheim/Germany, 2011.