

STUDIJSKI ODBOR B5 – ZAŠTITA I AUTOMATIZACIJA

Predsjednik: dr.sc. RENATA RUBEŠA dipl. ing. el.
Tajnik: dr.sc. ZORAN ZBUNJAK dipl. ing. el.

Stručni izjavitelji: dr.sc. RENATA RUBEŠA dipl. ing. el.
dr.sc. ZORAN ZBUNJAK dipl. ing. el.

IZVJEŠĆE STRUČNIH IZVJESTITELJA

1. UVOD

Na studijski odbor B5 – Zaštita i automatizacija, za 17. savjetovanje HRO CIGRÉ, u zadanom roku prispjelo je ukupno 8 referata. Teme referata odražavaju aktualne izazove i smjerove razvoja u području zaštite, automatizacije i mjerenja unutar prijenosnog elektroenergetskog sustava.

Preferencijalne teme za 17. savjetovanje HRO CIGRÉ za studijski odbor B5 su:

1. Izazovi u sustavima relejne zaštite, upravljanja i mjerenja u modernoj elektroenergetskoj mreži – pogonska iskustva
2. Analiza i praćenje podataka iz sustava relejne zaštite, upravljanja i mjerenja u svrhu održavanja elemenata elektroenergetskog sustava
3. Praktična iskustva u ispitivanjima i puštanjima u rad sustava relejne zaštite, upravljanja i mjerenja u elektroenergetskom sustavu
4. Izazovi integracije upravljačkih sustava obnovljivih izvora i spremnika energije na razini trafostanice
5. Inovativne strategije primjene naprednih sinkroniziranih mjernih tehnologija
6. Kibernetička sigurnost u infrastrukturi elektroenergetskog sustava: upravljanje rizicima i prevencija napada na razini trafostanice

Podjela referata prema preferencijalnim temama:

Preferencijalna tema 1: B5-01; B5-02; ukupno 2 referata

Preferencijalna tema 2: B5-03; B5-04; ukupno 2 referata

Preferencijalna tema 3: B5-05; ukupno 1 referat

Preferencijalna tema 4: B5-06; B5-07 ukupno 2 referata

Preferencijalna tema 5: B5-08; ukupno 1 referat

Preferencijalna tema 6: nije bilo prijavljenih referata

Preferencijalna tema 1 bavi se izazovima koji proizlaze iz rastuće kompleksnosti relejne zaštite i mjernih sustava u suvremenim elektroenergetskim mrežama, osobito pod utjecajem sve većeg udjela energetske elektronike i varijabilnih tokova snage. Kroz praktična pogonska iskustva prikazana su rješenja poput naprednih SCADA sustava i unaprjeđenja funkcije provjere sinkronizma, s ciljem sigurnog uključivanja elemenata elektroenergetskog sustava i optimizacije upravljačkih operacija

Preferencijalna tema 2 se fokusira na korištenje naprednih mjernih sustava i analitičkih metoda za optimizaciju podešenja opreme te identifikaciju smetnji u niskonaponskim mrežama, osobito onih uzrokovanih poluvodičkim uređajima. Prikazani su pristupi temeljeni na povijesnim podacima i primjeni visokotemperaturnih vodiča (HTLS) u cilju smanjenja gubitaka, boljeg održavanja i učinkovitijeg upravljanja sustavom

U središtu **Preferencijalne teme 3** su praktični aspekti implementacije sinkrofazorskih mjerenja u trafostanicama, s naglaskom na tehničke izazove i organizacijsku provedbu ugradnje. Tema ističe važnost ugradnje PMU uređaja za poboljšanje situacijske svjesnosti sustava i podršku prediktivnom upravljanju mrežom.

Preferencijalna tema 4 pokriva modeliranje upravljačkih sustava za baterijske spremnike energije (BESS) i njihovu povezanost sa SCADA sustavima u kontekstu upravljanja na razini trafostanica. U radu su analizirani tehnički aspekti PPC-a i zahtjevi kibernetičke sigurnosti prema KRITIS regulativi, uz naglasak na potrebu za transparentnijim tehničkim podacima

Preferencijalna tema 5 obrađuje izazove i tehnička rješenja vremenske sinkronizacije PMU uređaja u elektroenergetskim objektima. Prikazane su koristi zajedničke vremenske sinkronizacije te implikacije na pouzdanost i održavanje mrežnih uređaja

Za **Preferencijalnu temu 6** nije bilo prijavljenih referata.

Zastupljene teme pokazuju usmjerenost struke prema modernizaciji sustava i unaprjeđenju operativne učinkovitosti, dok izostanak radova u području kibernetičke sigurnosti upućuje na potrebu većeg fokusa u narednim savjetovanjima.

IZVJEŠĆE O REFERATIMA

PREFERENCIJALNA TEMA 1: IZAZOVI U SUSTAVIMA RELEJNE ZAŠTITE, UPRAVLJANJA I MJERENJA U MODERNOJ ELEKTROENERGETSKOJ MREŽI – POGONSKA ISKUSTVA

B5-01 Domagoj Ožanić, Robert Štrangar, Marko Alerić, Marino Radošević, Vladimir Vujić, Edi Ivančić, Ivica Pavlić i Domagoj Bago

ISKUSTVA INTEGRATORA I PUŠTANJE U POGON PROZA STATION SCADA SUSTAVA U PRIJENOSNIM TRAFOSTANICAMA, CENTRIMA I DRUGIM PRIMJENAMA

U referatu su detaljno opisane nove napredne SCADA funkcije koje predstavlja PROZA Station SCADA sustav, kao i novi principi i standardi koji se uvode u SCADA sustave općenito. Navedene su karakteristike PROZA Station koja podržava automatsko migriranje SCADA konfiguracije sa PROZA NET SCADA sustava, a brzina inženjeringa se ubrzava 2 do 3 puta.

Detaljno su opisane nove reference u transformatorskim stanicama prijenosnih područja (TS Sesvete 110 kV) i centrima (Nadzor Sustava Procesne Informatike (NSPI) i Opći podsustavi) HOPS-a. NSPI i Opći podsustavi su prvi PROZA Station SCADA sustavi koji su ušli u sustav HOPS-a, a funkciju ostvaruju u PrP Rijeka. Informacijama iz sustava omogućava se rano otkrivanje kvarova na opremi i prevenciju istih. S druge strane TS Sesvete 110/20 kV predstavlja prvi ulazak PROZA Station lokalnog SCADA sustava u sustav daljinskog nadzora i upravljanja u HOPS-u, koji je zahtjevan obzirom da obuhvaća kompletno upravljanje i nadzor jedne transformatorske stanice.

Pitanja za diskusiju:

1. Što se podrazumijeva pod pojmom „HAT arhitektura“ i kakva je primjena HAT arhitekture u SCADA sustavima?
2. Za vrijeme FAT i SAT testiranja dokumentirani su nedostaci i prijedlozi za poboljšanja SCADA sustava u HOPS-u. Možete li navesti nove SCADA funkcije koje su se prije pokazale potrebnim, a koje su implementirane u nastavku projekta?
3. NSPI nadzor prati zdravlje diska, zauzeće memorije, temperaturu itd., na serverima i radnim mjestima lokalnih SCADA sustava, čime se omogućuje rano otkrivanje kvarova, da li ste imali u praksi događaj koji je omogućio rano otkrivanje kvara i kako se manifestirao? Da li u budućnosti planirate dograditi analitički sustav za prikupljanje i analizu podataka korištenjem umjetne inteligencije za NSPI nadzor?

B5-02 Ana Kekelj, Zoran Bunčec, Renata Rubeša, Domagoj Ožanić, Marino Radošević i Marko Išlić

UNAPRJEĐENJA FUNKCIJE ZA PROVJERU UVJETA SINKRONIZMA KOD UKLOPA ELEMENATA EES-a

Autori su u radu opisali probleme koji nastaju u uvjetima promjenjivih tokova energije u prijenosnom sustavu nastalih uslijed isključenja pojedinih vodova ili dijelova sustava te ponovnog uključenja. Uključenje voda koji povezuje dvije cjeline sustava mora biti realiziran sigurno, vodeći računa o dozvoljenim razlikama napona, kuta i frekvencije na oba kraja. U sustavima u kojima su promjene tokova energije pravilo, zbog promjenjive proizvodnje OIE, tržišta električne energije te međusobne ovisnosti i povezanosti, sve sklopne operacije moraju biti kontrolirane jer svaka greška može dovesti do značajnijih problema u pogonu.

Pitanja za diskusiju:

1. U radu je navedeno da će se komande sekvenci synchrocheck funkcije ujednačiti na svim komunikacijskim razinama (npr. vrijeme čekanja na ispunjenje uvjeta na 30 s) kako bi operater prilagodio svoju odluku. Koji su alati na raspolaganju operateru kako bi u tako

- kratkom vremenu revidirao svoju odluku (promjena topologije mreže, upravljanje proizvodnjom,...)?
2. U slučaju većeg poremećaja nastaju velike razlike u sustavu u iznosu i kutu napona te ponekad frekvencije. Na koji način će se određivati prioritetne aktivnosti za uključenje dijelova sustava kako ne bi došlo do još većih problema u stabilnosti?
 3. U zaključku su navedene neke aktivnosti koje će u budućnosti svakako biti primijenjene u vođenju sustava (vođenje sustava u stvarnom vremenu). Kakvo je trenutno stanje u implementaciji sinkroniziranih mjerenja kao pomoć u vođenju prijenosnog sustava u Republici Hrvatskoj?

PREFERENCIJALNA TEMA 2: ANALIZA I PRAĆENJE PODATAKA IZ SUSTAVA RELEJNE ZAŠTITE, UPRAVLJANJA I MJERENJA U SVRHU ODRŽAVANJA ELEMENATA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

B5-03 Robert Kovač, Dino Masle, Josip Benović, Krešimir Markanović i Ana Šimić

OPTIMIZACIJA PODEŠENJA REGULATORA NAPONA S CILJEM MINIMIZACIJE OPERACIJA UZ OSVRT NA POVIJESNE PODATKE

Cilj ovog rada je istražiti jesu li podešenja regulatora napona optimalna u smislu minimiziranja broja operacija i poštivanja ograničenja, koristeći povijesne podatke napona na primarnoj strani izabranog energetskog transformatora. Kvazidinamička simulacija u softverskom paketu DiGSILENT PowerFactory provodi se tijekom jedne godine. Model regulatora napona unutar softverskog paketa imitira rad stvarnog uređaja, te iterativnim postupkom pronalazi optimalna podešenja ili potvrđuje postojeća podešenja. Ukoliko postoji prostor za unaprijeđenje podešenja, potencijalno je moguće produljiti intervale održavanja regulacijske preklopke i ostvariti uštede.

Pitanja za diskusiju:

1. Da li se u radu promatrao utjecaj regulacijskih mogućnosti elektrana povezanih na prijenosnu mrežu na regulaciju napona u čvorištima?
2. Kakav utjecaj imaju regulacijske prigušnice i SVC uređaj ugrađeni u sklopu Synchrogrid projekta u Hrvatskoj na regulaciju napona?
3. Da li autori smatraju da se optimalna regulacija napona u prijenosnoj mreži može postići jedino iz centralnog VVC sustav ili ju je moguće postići na distribuirani način pomoću regulatora napona pojedinih elemenata sustava?

B5-04 Anton Penko, Toni Radovanović i Karlo Radošević

GUBITCI PRIJENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE NAKON REVITALIZACIJE DALEKOVODA S HTLS VODIČEM

Autori u prvom dijelu referata opisuju neke aspekte primjene visokotemperaturnih (HTLS) vodiča na nadzemnim dalekovodima HOPS-a te razlike u električkim karakteristikama u odnosu na do sada primjenjivane AIČ vodiče. HTLS vodičima je na razini HOPS-a do sada revitalizirano 19 dalekovoda naponske razine 220 kV i 110 kV.

Iz prezentirane analize proizlazi da su nakon zamjene HTLS-vodičem u godini 2024. registrirani manji gubici u odnosu na promatrani period u godinu 2022. Iako je ukupno prenesena energija u 2024. godini bila manja te su razmjerno tome i gubici bili manji, prema prezentiranim rezultatima analize proizlazi da je prosječni udio gubitaka u odnosu na ukupno prenesenu energiju manji nakon primjene HTLS vodiča.

Pitanja za diskusiju:

1. Za koju temperaturu vrijede iznosi radnih otpora HTLS i AIČ vodiča iz tablice 3?
2. Kako se dođe do iznosa smanjenja gubitaka u iznosu od 2.991,87 GWh navedenom u zaključnom poglavlju?

PREFERENCIJALNA TEMA 3: PRAKTIČNA ISKUSTVA U ISPITIVANJIMA I PUŠTANJIMA U RAD SUSTAVA RELEJNE ZAŠTITE, UPRAVLJANJA I MJERENJA U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAV

B5-05 Renata Rubeša, Josip Benović, Ivan Nevistić, Tomislav Stjepandić, Zoran Zbunjak, Dalibor Brnobić i Marko Rekić

ISKUSTVA I SMJERNICE U UGRADNJI PMU UREĐAJA U TRAFOSTANICAMA

Rad pod naslovom "Iskustva i smjernice u ugradnji PMU uređaja u trafostanicama" predstavlja vrlo kvalitetan prikaz praktične implementacije sinkrofazorskih mjerenja u elektroenergetsku mrežu HOPS-a. Autori su na sustavan i pregledan način obradili tehničke, organizacijske i operativne aspekte projekta, uz navođenje konkretnih izazova i rješenja iz prakse. Posebno se ističe visok stupanj tehničke razrađenosti, kao i relevantnost teme za suvremeno upravljanje elektroenergetskim sustavima. Rad ima visok stupanj primjenjivosti i može poslužiti kao referenca drugim operatorima sustava.

Pitanja za diskusiju:

1. Koje funkcionalnosti WAMS sustava smatrate ključnima u kontekstu prediktivnog upravljanja mrežom i integracije obnovljivih izvora energije?
2. Na kojim razinama sustava (egionalna, nacionalna) biste preporučili primjenu napredne obrade sinkrofazorskih podataka (npr. detekcija oscilacija, predikcija poremećaja) i koji bi bili tehnički preduvjeti?
3. Kakvi su izazovi u osiguravanju visoke pouzdanosti vremenske sinkronizacije u uvjetima ograničenog GNSS signala, te postoje li alternativna rješenja koja bi mogla povećati otpornost sustava?

PREFERENCIJALNA TEMA 4: IZAZOVI INTEGRACIJE UPRAVLJAČKIH SUSTAVA OBNOVLJIVIH IZVORA I SPREMNIKA ENERGIJE NA RAZINI TRAFOSTANICE

B5-06 Blaž Jozanovic, Dino Masle, Dražen Tubić, Ross Kelly, Jonathan Regan i Jose Paredes

SUBSTATION-LEVEL ENERGY STORAGE CONTROL: A MODEL-BASED APPROACH

U članku se opisuju koraci u modeliranju upravljača elektrane (PPC) primjenjenog na sustav baterijskog spremnika energije (BESS). Napravljene su simulacije u programu DlgSILENT radi procjene ponašanja PPC-a i BESS-a kao cjelovitog sustava te učinka koji imaju na elektroenergetski sustav u točki priključenja (POC). Definirani su i zahtjevi kibernetičke sigurnosti za sučelje između operatora mreže, BESS postrojenja i sustava upravljanja BESS-om u skladu s regulatornim okvirom KRITIS. Članak prikazuje konkretne rezultate simulacija, ali nedostaju ulazni podaci sustava (jednopolna shema s nazivnim podacima, arhitektura sekundarnog sustava s prikazom veze između PPC-a i SCADA sustava,...). Radi se o korektnom i informativnom članku koji pruža dobar uvid u temu, iako bi dodatni konkretni podaci o sustavu dodatno pridonijeli njegovoj tehničkoj zaokruženosti. Rad je pisan na engleskom jeziku.

Pitanja za diskusiju:

1. Molim vas da prikazete jednopolnu shemu i arhitekturu sekundarnog sustava i da opišete funkciju upravljača elektrane i njegovu vezu sa SCADA sustavom.
Please present the single-line diagram and the architecture of the secondary system, and describe the function of the power plant controller and its connection to the SCADA system.
2. Kako je BESS prikazan u modelu (svaki kontejner/regal zasebno modeliran, nekoliko identičnih jedinica paralelno ili jedinstveni agregirani ekvivalent)?
How is BESS represented in the model (Each container/rack built explicitly, several identical units paralleled or a single aggregated equivalent)?

3. U članku se navodi da se za sve osjetljive operacije koristi Multi-factor authentication (MFA). Pojasnite na koje se to točno osjetljive operacije primjenjuje MFA.
The paper states that Multi-factor Authentication (MFA) is used for all sensitive operations. Please clarify which specific sensitive operations MFA is applied to.

B5-07 **Josip Čolak, Srete Nikolovski i Danijel Fridl**

METODOLOGIJA U KOORDINACIJI ZAŠTITE AKTIVNIH DISTRIBUCIJSKIH MREŽA NAPREDNIM SIMULACIJSKIM ALATOM

Rad prikazuje metodologiju koordinacije zaštitnih uređaja u aktivnim distribucijskim mrežama s integriranim fotonaponskim elektranama, koristeći simulacijski alat DIgSILENT PowerFactory. Simulacije obuhvaćaju različite tipove kratkih spojeva i uključuju modeliranje releja i osigurača na srednjenaponskoj i niskonaponskoj strani mreže. Prikazani su konkretni primjeri konfiguracije zaštita te je analizirana selektivnost kroz t-l karakteristike i vremensku domenu. Rad se temelji na stvarnom sustavu i prati smjernice HEP-ODS za izradu Elaborata Podešenja Zaštite (EPZ).

Pitanja za diskusiju:

1. Jeste li i na koji način validirali model FN elektrane, osobito ponašanje invertera tijekom kratkog spoja (npr. korištenje tvorničkih karakteristika ili usporedbom s generičkim validiranim modelima)
2. Kako ste definirali pragove za isključenje pojedinih zaštitnih uređaja?
3. S obzirom na veliki broj potrebnih simulacija, postoji li mogućnost automatizacije tog procesa u DIgSILENT PowerFactory-u i jeste li koristili takve funkcionalnosti?
4. Koliko značajno prisutnost FN elektrane utječe na iznose struje kvara i na postavke zaštitnih uređaja u usporedbi s mrežom bez FN izvora?

PREFERENCIJALNA TEMA 5: INOVATIVNE STRATEGIJE PRIMJENE SINKRONIZIRANIH MJERNIH TEHNOLOGIJA

B5-08 **Dalibor Brnobić, Zoran Zbunjak, Renata Rubeša, Dino Mađar i Mateo Martinčić**

IZAZOVI I RJEŠENJA VREMENSKE SINKRONIZACIJE PMU UREĐAJA U HE VINODOL

U Hrvatskom operatoru prijenosnog sustava d.d. (HOPS-u) je u tijeku projekt ugradnje većeg broja PMU uređaja s ciljem njihove integracije u sustav praćenja primarne regulacije te unapređenje sustava sekundarne regulacije. Projektom se planira proširenje nadzora na sve ključne proizvodne jedinice te sve prekogranične vodove. Obzirom na navedenu planiranu ugradnju, potrebno je PMU uređaje integrirati sa postojećim uređajima sekundarnih sustava kako bi tijekom korištenja imali osiguranu, osim jednostavniju ugradnju, kvalitetnije održavanje i pravovremeno otklanjanje nedostataka. Između ostalog bilo bi korisno ukoliko je moguće za sve uređaje u elektroenergetskim objektima imati zajedničku vremensku sinkronizaciju.

Pitanja za diskusiju:

1. Tijekom dosadašnje korištenja odabranog tehničkog rješenja vremenske sinkronizacije PMU uređaja u HE Vinodol jesu li uočeni nedostaci i kako na ostalim objektima funkcionira vremenska sinkronizacija odnosno koja je brzina odziva u detekciji i otklanjanju grešaka?
2. Obzirom da svaka trafostanica ima GPS antenu koja se koristi za vremensku sinkronizaciju uređaja sekundarnih sustava može li se koristiti ista GPS antena iako su zahtjevi za vremenskom točnošću različiti?
3. Kad bi se za PMU uređaje koristio PTP za vremensku sinkronizaciju bili bi se moglo integrirati sa vremenskom sinkronizacijom uređaja sa process bus-om?

**PREFERENCIJALNA TEMA 6: KIBERNETIČKA SIGURNOST U INFRASTRUKTURI
ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA: UPRAVLJANJE RIZICIMA I
PREVENCIJA NAPADA NA RAZINI TRAFOSTANICE**

Nije bilo prijavljenih referata.

ZAKLJUČAK

Ovogodišnji referati pokazali su snažan fokus na praktičnu primjenu naprednih tehnologija i iskustva iz pogona. Uočljivo je da autori sve više obrađuju teme povezane s automatizacijom, upravljanjem velikim količinama podataka, integracijom obnovljivih izvora energije kao i sinkroniziranim mjerenjima (PMU/WAMS), što ukazuje na rastuću važnost pouzdanog i prediktivnog nadzora elektroenergetskog sustava.

Svim autorima je zajedničko nastojanje da se osigura bolja operativnost sustava u uvjetima sve većih izazova u pogonu, bilo zbog OIE, promjenjive topologije ili povećanih zahtjeva za fleksibilnost i brzinu reakcije. Bez obzira na specifičnu podtemu (SCADA, regulacija, zaštita, PMU) svi radovi govore o potrebi za pouzdanima i integriranim informacijama koje su dostupne u realnom vremenu, te o upotrebi modeliranja i simulacija kao alata za unapređenje tehničkih rješenja.

Među referatima nedostaje dublja razrada standardizacije komunikacije i interoperabilnosti sustava (osim gdje se implicitno spominje IEC 61850). Također, primjena umjetne inteligencije i strojne analitike, iako se kratko spominje u pitanjima za diskusiju, još uvijek nije zahvaćena kroz konkretne primjere i metodološke okvire. Kibernetička sigurnost, iako izdvojena kao zasebna preferencijalna tema, ostala je bez referata, što ukazuje na potrebu snažnije motivacije stručnjaka da postojeća rješenja i pristupe prikažu u obliku radova koji uključuju sustavna rješenja i analize rizika.