



PRIMENA SCADA SISTEMA U SMART GRIDU

APPLICATION OF SCADA SYSTEM IN SMART GRID

Marko Vujić, Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada predstavljena je uloga SCADA sistema u Smart Grid-u. Opisana je arhitektura SCADA softvera koji zadovoljava potrebe Smart Grida. Predstavljene su parametri i kriterijumi koje moraju da ispune proizvođači SCADA softvera kako bi zadovoljili zahteve klijenata. Predstavljene su najbolje SCADA softveri i pojedinačno anlizirani u pogledu na ispunjavanje Smart Grid standard.

Ključne reči: SCADA sistemi, Smart Grid, ADMS

Abstract – This paper presents the role of the SCADA system in the Smart Grid. The architecture of SCADA software that meets Smart Grid needs is described. Featured are the parameters and criteria to be met by manufacturers of SCADA software in order to meet customer requirements. The best SCADA software is presented and individually described in terms of completing the Smart Grid standard.

Keywords: SCADA sistemi, Smart Grid, ADMS

1. UVOD

Tehničkim razvojem i stalnim unapređenjem proizvodnih procesa u svim sferama društva (industrije, privrede) postavljaju se zahtevi za što efikasnijim, sigurnijim i pouzdanijim praćenjem i upravljanjem tim procesima kako bi oni bili što produktivniji. Sistemi za prenos i distribuciju energenata (prirodni gas, nafta, električna energija, voda za grejanje), su prostorno raspodeljeni, složeni i neophodan je sistem koji će služiti za nadzor tih procesa. Za njihovu bezbednu i efikasnu isporuku zahteva se poznavanje trenutnog tehnološkog stanja ukupnog transportnog sistema, odnosno stanje svih parametara koji utiču na njihovu distribuciju i prenos. Razvojem računarskih sistema, kao i merne opreme omogućeno je daljinsko praćenje ovih parametara, i prikazivanje njihovih rezultata operaterima u fizički udaljenim stanicama koje su zadužene za njihovo praćenje. Kompletna automatizacija ovih procesa je omogućila razvijanje posebnih programa koji su namenjeni za praćenje proizvodnih procesa u industriji kao i praćenju procesa prenosa energenata.

Ovakva programska struktura ispraćena adekvatnim hardverskim sklopom predstavlja zaseban SCADA sistem. Ovi sistemi danas predstavljaju jednu od najznačajnijih uloga u navedenim procesima i njihova primena je sve učestalija.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red. prof.

2. SCADA SISTEMI

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) je sistem koji služi za automatizaciju opštih procesa, odnosno koji se koristi za prikupljanje podataka sa senzora i instrumenata lociranih na udaljenim stanicama i za prenos i prikazivanje tih podataka u centralnoj stanici u svrhu nadzora ili upravljanja. Prikupljeni podaci se obično posmatraju na jednom ili više SCADA računara u centralnoj (glavnoj) stanici. SCADA sistem u realnosti može da prati i upravlja i stotinama hiljada ulazno-izlaznih vrednosti. Uobičajeni analogni signali koje SCADA sistem nadzire (ili upravlja) su nivoi, temperature, pritisci, brzine protoka i brzine motora. Tipični digitalni signali za nadzor (upravljanje) su prekidači nivoa, prekidači pritiska, status generatora, releji i motori [1].

3. SMART GRID

Pametna mreža (*Smart Grid*) kao tehnologija naprednih elektroenergetskih mreža je ključna komponenta u polju primene obnovljivih izvora energije, odnosno jedan od temeljnih stubova na kojima počiva ideja obnovljivih izvora energije. Električna snaga uređaja i kontrola proizvodnje i distribucije električne energije su vrlo važni aspekti pametne mreže. *Smart Grid* napredne elektroenergetske mreže predstavljaju skup tehnologija koje omogućavaju bolju integraciju obnovljivih izvora u elektroenergetsku mrežu te uvode nove tehnologije i tehnološke inovacije koje omogućuju da klasična mreža funkcioniše na nešto drugačiji, stabilniji i precizniji način nego što je sada.

4. ULOGA SCADA SISTEMA U SMART GRID-U

SCADA sistemi imaju značajnu ulogu u Smart Grid-u i manifestuje se u pogledu što bržeg, efikasnijeg i pouzdanijeg prikupljanja informacija sa RTU (PLC), na osnovu kojih će se izvršiti određene komande, generisati alarmi kako bi detektovali istupanja iz normalnog stanja, tačno prikazalo stanje sistema kako bi operater imao jasnu sliku kompletnog sistema koji nadzire.

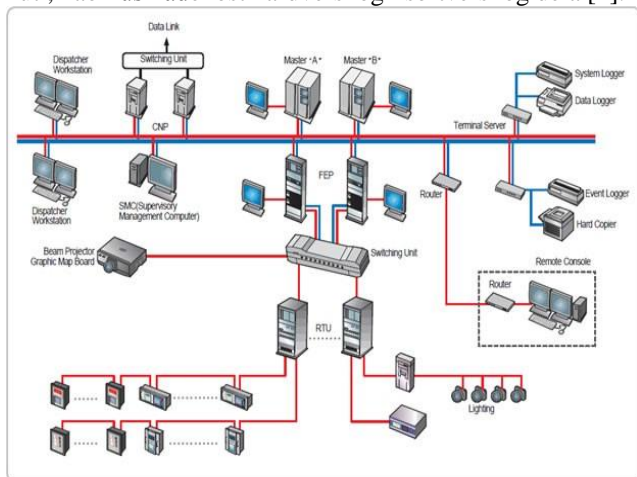
4.1. SCADA aplikacije za kontrolni centar i njeni korisnici

Funkcionalnosti u prenosnim i distributivnim mrežama koje imaju „Smart“ karakteristike ostvaruju se u kontrolnom centru pomoću nekoliko korisnih aplikacija vezanih za električnu uslugu, koje uključuju sledeće celine: SCADA, DMS, EMS, NIS (Network Information System), GIS (Geographic Information System). Tipična uloga, odnosno poslovi koje obavljaju ljudi koji su

uključeni u SCADA deo i koji su korisnici ove aplikacije: SCADA menadžeri, SCADA kontroleri informacionih bezbednosti, SCADA sistemski administrator, SCADA inženjeri/developer, SCADA operator, tehničar u polju (terenski radnici) i daljinski korisnik koji može biti povezan preko uređaja [2].

4.2. Sistemska aktivnost

Kao dodatak osnovnim aktivnostima električne mreže, SCADA predstavlja osnovni server za rad sa podacima bitnim za korisničku upotrebu. Performanse SCADA sistema su bazirane na dostupnosti, održivosti, vremenu odziva, sigurnosti i proširivosti. Visoka dostupnost SCADA sistema i kontinuirano osiguranje rada su postignuti, kao i usklađenost hardverskog i softverskog dela [2].



Slika 1. Arhitektura SCADA sistema integrisanog u Smart Grid [2]

4.3. Operacione funkcionalnosti

Osnovne operacione funkcionalnosti SCADA sistema u realnom vremenu su: akvizicija podataka, procesuiranje podataka, praćenje stanja mreže, kontrola uređaja i sekvenci, tagovanje uređaja i delova mreže i upravljanje alarmima i event-ima. Praktično gledano, Distributivni mrežni sistem sadrži aplikacione alate koji obezbeđuju sledeće funkcionalnosti: mrežnu topologiju i praćenje stanja mreže, odgovore na određene zahteve u mreži i upravljanje opterećenjem mreže, prognoziranje opterećenja i proizvodnje, prekidačko upravljanje i manipulacija, upravljanje greškama, upravljanje pozivima greški, upravljanje radom sistema, obezbeđivanjem potrebnih informacija za korisnike [2].

4.4. Komunikacioni deo SCADA sistema integrisanog u Smart Grid

Komunikacioni deo *Smart Grid* sistema je zadužen za daljinski nadzor sistema i za prenos kolekcije podataka sa uređaja koji su u polju do SCADA sistema, npr. merene vrednosti na instrumentima, položaj prekidačkih sklopki. Takođe, ovaj sloj obuhvata i suprotan deo, odnosno slanje komandi iz kontrolnih centara ka spoljašnjim uređajima. Ključni zahtevi brze, robusne i pouzdane komunikacije u mreži su: identifikovanje komunikacionih saobraćajnih tokova (odnosno ko je izvor podataka, destinacija do koje treba da stigne podatak i količina podataka), sistemska topologija, šema adresiranja uređaja, karakteristika komunikacione saobraćajne mreže (protok, kašnjenje, latent-

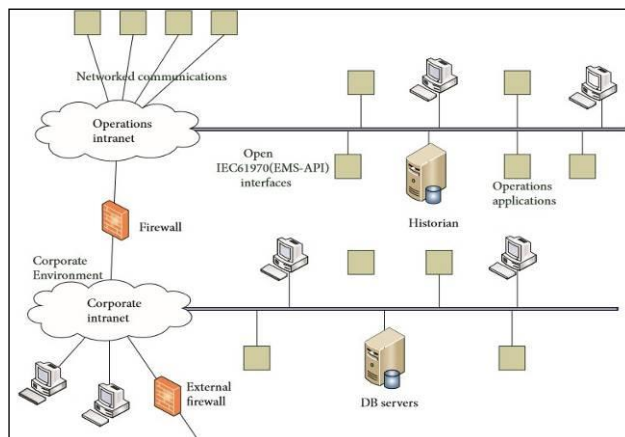
nost, pouzdanost, i rukovanje greškama), zahtevi performansi, problemi sa vremenom, backup/failover struktura, operacioni zahtevi (zaštita podataka i upravljanje mrežom), kvantifikovanje elektromagnetskih smetnji sa zahtevima [2].

4.5. Komunikacione tehnologije

Tradicionalni SCADA sistem ima master-slave komunikaciju. U današnje vreme uz dostupnost mrežnih protokola kao što su IEC 61850, moguće je sprovesti komunikaciju sa više klijenata u različitim udaljenim lokacijama. Na slici 2. je prikazan izgled jedne mreže koja opisuje komunikaciju oba kontrolna centra sa enterprise sistemom. SCADA mrežni sistemi pretenduju da idu u korak sa razvojem standardnih mrežnih tehnologija u budućnosti.

4.6. Komunikacioni protokoli

OPC protokol se koristi kao komunikacioni interfejs u kontrolnom centru. On omogućava razmenu podataka između automatizacije i upravljačkih aplikacija. OPC predstavlja set industrijskih standarda, obezbeđujući zajednički interfejs za komunikaciju između više zasebnih softverskih aplikacija, na nekom fizički udaljenom industrijskom prostoru. Komunikacija između više kontrolnih centara je standardizovana pomenutim ICCP protokolom ili ELCOM protokolom, baziranim na TCP/IP komunikaciji. ICCP je otvoreni i standardizovan protokol, baziran na IEC 60870-6 i TASE [2].



Slika 2. Prikaz komunikacije u SCADA sistemu

5. TEHNIČKI ZAHTEVI TRŽIŠTA SCADA SISTEMA

Trend razvoja hardverskih uređaja, kao i softvera učinio je i tu mogućnost da firme koje se bave razvojem SCADA sistema steknu značajne resurse za njihove buduće proizvode. Sa druge strane, zahtevi kupaca su sve veći u vidu performansi SCADA sistema, sigurnosti, pa i same integracije u neku veliku Smart Grid mrežu. Neki od glavnih zahteva, koji SCADA proizvođači treba da ispune su: Distribuirana arhitektura sa *main/backup* stanicom. (ovim bi se obezbedio nivo n-1 sigurnosti); Razmena podataka podržavanjem DNP3, IEC 101 i 104, ICCP protokola; Više ruta za uspostavljanje komunikacije sa uređajima na polju (u slučaju prekida glavne rute); Aplikacija za rad sa SCADA modelom, što omogućava promena u šematskom prikazu, izmena modela, dodavanje novih i brisanje starih vrednosti iz modela; Adekvatne

performanse sistema, u zavisnosti od veličine mreže i topologije; Generisanje alarma, *event*-a (događaja), prikaz trenda promene vrednosti uz adekvatne dijagrame; Obezbeđivanje adekvatnog i jednostavnog korisničkog interfejsa; Ispunjavanje svih bezbednosnih uslova vezanih za zaštitu podataka i njihove razmene.

6. TRŽIŠTE SCADA SISTEMA U SVETU

Ulaganje u razvoj SCADA softvera se iz godine u godinu povećava. U ovom poglavlju su predstavljeni neki od proizvođača.

6.1 OSI SCADA

OSI SCADA softver na tržištu se ističe svojom *monarch* arhitekturom, koja predstavlja *real-time* sistemsku arhitekturu, podržanu visokim performansama koje zahteva današnje tržište i aplikacijama za praćenje i nadgledanje mreže, optimizaciju, složene mrežne operacije koje se koriste u prenosu električne energije, gasa, nafte. *Monarch* arhitektura uključuje sledeće sisteme: SCADA, DMS, EMS, GMS, NMS i MMS sistem. Predstavljena je kao fleksibilna arhitektura koja bez problema može da podrži u radu sistema sa milion tačaka i koja je proširiva za nove protokole i standarde. OSI ovakvom arhitekturom garantuje procesiranje milion transakcija po sekundi, kao i stotina hiljada alarma i *event*-a u minuti, kao i korisnički interfejs koji zadovoljava sve uobičajene tenderske kriterijume [3].

6.2 General Electric (GE)

GE SCADA proizvod se zasniva na *iPower* softverskoj aplikaciji čija je osnovna uloga obezbeđivanje svih rešenja koji zahteva moderni SCADA sistem. *iPower* obezbeđuje moćno softversko rešenje dizajnirano za kontrolne centre, koji imaju ulogu u nadgledanju, upravljanju električnim mrežama i kao takvo obezbeđuje upravljanje dinamikom mreže, čuvanje podataka u bazi, prikaz dinamike i topologije i mnoge druge značajne stvari koje mora moderni SCADA da podrži. Svojim HMI GE daje kvalitetno rešenje kojim zadovoljava sve kriterijume tržišta, kao i zahteve operatora [4].

6.3 Siemens SCADA

Kao odgovor na potrebe zahteva *Smart Grid*-a, Siemens nudi *Spectrum Power* softversko rešenje. Ova arhitektura omogućava brz i precizan pregled kompletne mreže, što operatorima daje brzu procenu statusa mreže, kao i donošenje ispravnih odluka na osnovu trenutnog stanja mreže. Važan deo *Spectrum Power* arhitekture je DSCADA (Distribution SCADA), koji utiče na poboljšanje pouzdanosti, efikasnosti i optimizacije celokupnog sistema. DSCADA prati sve telemetrijske i netelemetrijske operativne podatke, uključujući alarmiranje svih neželjenih uslova rada, izvršavanje naredbi operatera koje zadaju iz kontrolnih centara preko korisničkih interfejsa, kao i dodatne prelazne funkcije. Tri ključne stvari koje Siemens naglašava, koje karakterišu SCADA deo ADMS *Spectrum Power* aplikacije su pouzdanost, efikasnost i optimizacija [5].

6.4 Schneider Electric

Schneider Electric predstavlja jednog od globalnih lidera u proizvodnji SCADA softvera i *Smart Grid* aplikacija. Schneider Electric SCADA je integrisana u ADMS

softver i predstavlja FEP servis, koji obezbeđuje sve SCADA funkcionalnosti. Odlikuju ga izuzetne performanse, efikasnost i proširivost u pogledu implementiranja novih industrijskih i komunikacionih protokola. Posедуje funkcionalnosti koje omogućavaju operaterima jednostavnije praćenje. Integrisan je sa DMS delom softvera, koji obezbeđuje funkcionalnosti vezane za optimizaciju snaga u mreži, detektovanje kvara u mreži i dr. Implementiran je rad sa kalkuliranim tačkama, prikaz statistike, kao i dodatni aplikativni alati koji pomažu operaterima u praćenju mrežne dinamike.

6.5 ABB SCADA

ABB kao SCADA proizvod ističe softversku SCADA platformu u realnom vremenu za sigurno i efikasno upravljanje svim daljinskim i kontroliranim operacijama u proizvodnji, prenosu i distribuciji električne energije. Ističe se ABB proizvod *MicroSCADA Pro* rešenje koje predstavlja aplikaciju na nivou jedne stanice (mini SCADA sistem samo za praćenje npr. jedne transformatorske stanice), kao i posebno distributivno generisano rešenje za integraciju i upravljanje obnovljivim izvorima energije (na pr. solarne FN elektrane, vetroelektrane i sl.) i na taj način omogućavaju daljinski nadzor, pojednostavljene operacije rada, analitiku i prognoziranje [6].

7. POJEDINAČNA ANALIZA DOSTUPNIH SCADA SISTEMA NA TRŽIŠTU

Na osnovu iznetih parametara koje nameće trenutno tržište SCADA sistema, i opisanih kompanija koji su lideri u proizvodnji SCADA softvera, možemo izvršiti pojedinačnu analizu svako softverskog rešenja.

OSI SCADA sa performansama koje ističe OSI (procesuiranjem milion tačaka u sekundi) možemo reći da takav sistem može da se primeni u nekom velikom geografskom prostoru sa velikim brojem potrošača, transformatorskih stanica, odnosno krajnjih korisnika. Razlika u odnosu na ostale SCADA sisteme navedene u ovom radu je mogućnost integracije na *Cloud* servis ovog SCADA rešenja, što donosi poboljšanje performantnosti sistema i smanjenje dodatnih troškova u vidu dodavanja hardvera za čuvanje podataka u bazi.

General Electric SCADA sistem poseduje sve potrebne karakteristike modernog SCADA sistema. General Electric na tržištu nam nudi ADMS softver koji ima posebnu DPF aplikaciju, čija je namena praćenje, upravljanje topologijom mreže u realnom vremenu. Ovakvo rešenje je predviđeno za velike geografske oblasti, jer DPF aplikacija prikuplja podatke sa više SCADA sistema, obrađuje iste, i prikazuje ih operaterima.

Siemens SCADA sistem predstavlja deo celokupne moćne *Spectrum Power* arhitekture, koja omogućava praćenje, kontrolu i komandovanje u distributivnoj i prenosnoj mreži. Ovaj SCADA sistem ima značajnu ulogu u uspostavljanju mnogih funkcionalnosti koje donose EMS i DMS funkcije, čiji je cilj poboljšanje rada generatora, smanjenje gubitka snage i kompletan rad sa mrežnom topologijom.

Schneider Electric SCADA kao deo ADMS softvera predstavlja podršku za funkcionalnosti koje donose DMS i EMS funkcije. Performanse ovog softvera su veoma

visoke i na taj način predstavljaju jednog od tržišnih lidera. Ovaj sistem je predviđen za praćenje velikog broja potrošača, poseduje distribuiranu arhitekturu, visok nivo sigurnosti. Omogućeno je praćenje preko *Web* aplikacija, kao i posebna aplikacija koja obezbeđuje obaveštenje terenskim radnicima o mestu i uzroku kvara.

ABB SCADA sistem je takođe integrisan u ADMS rešenje. Naglasimo rešenje u vidu ABB MicroSCADA Pro, koje obezbeđuje praćenje i nadziranje dela mreže posebnih karakteristika i zahteva praćenja. Ovaj SCADA sistem ima primenu kod vetroelektrana, solarnih elektrana, ili nekih specifičnih potrošačkih jedinica kao što su železnice, velika fabrička postrojenja itd.

8. ANALIZA NAJBOLJEG SCADA REŠENJA U SMART GRID-U.

Analizirajući zahteve koje nameće tržište, vezano za SCADA softvere i upoređujući već pojedinačno analizirane SCADA sisteme, mogu se doneti određeni zaključci oko izbora najpogodnijeg rešenja u zavisnosti od potrebe klijenata.

SCADA distribuirani sistem, integracija u ADMS softver: po ovom parametru svi SCADA sistemi su integrisani u ADMS. Ovo donosi ogromna poboljšanja, i kompletnu integraciju u Smart Grid rešenje. U ovom segmentu se ističu Schneider Electric i Siemens, ne samo po dobrim SCADA karakteristikama, već i po dodatnim EMS, DMS funkcijama.

Komunikacija: većina SCADA softvera koji su analizirani u ovom radu implementiraju zahtevane protokole (DNP3, IEC 101 i 104, IEC).

Proširivost i postavka softvera: prednost imaju softveri kod kojih je SCADA deo implementiran u vidu FEP servisa, a ne kao dodatna instalacija ili posebna aplikativna sekcija. Schneider Electric poseduje softver sa najboljim karakteristikama u ovom pogledu.

Smart Grid funkcionalnosti: SCADA sistemi koji su integrisani u ADMS imaju ulogu da svojom sigurnošću i pouzdanosti, doprinesu ostvarivanju funkcija koje implementiraju DMS i EMS delovi. Schneider Electric i Siemens imaju funkcije koje omogućavaju operaterima proračune mogućih dešavanja u sistemu, pre svake manipulacije operatera.

Performanse: izdvajaju se Schneider Electric (procesuiranje milion vrednosti u sekundi, podrška za rad sa 10 miliona tačaka) i OSI SCADA koja ističe mogućnost procesuiranja milion transakcija u sekundi i mogućnost generisanja 100 hiljada alarma u minutu.

Integracija na Cloud servise: Jedino je OSI SCADA trenutno integrisana na Cloud servis, dok Schneider Electric tu mogućnost najavljuje u novoj verziji softvera.

9. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisano funkcionisanje SCADA sistema u budućim pametnim mrežama (*Smart Grids*). Predstavljani su dostupni SCADA sistemi razvijeni od vodećih i najjačih kompanija u domenu elektrotehnike, energetike, automatike i softverskog upravljanja i izvršeno njihovo poređenje. Analizirano je najpovoljnije rešenje za primenu u pametnim mrežama.

10. LITERATURA

- [1] http://www.keep.ftn.uns.ac.rs/predmeti/ee2_3g_indsys_protokoli/ISIP%20skripta%20-%20SCADA.pdf
- [2] A.Leonardi, K.Mathioudakis, A.Wiesmaier, F.Zeiger, „Towards the Smart Grid: Substation Automation Architecture and Technologies Hindawi Publishing Corporation“, Advances in Electrical Engineering Vol. 2014, Article ID 896296,.
- [3] <http://www.osii.com/solutions/products/scada.asp>
- [4] <https://www.ge.com/digital/sites/default/files/ge-digitals-hmi-scada-with-ipower-brochure.pdf>
- [5] <https://w3.usa.siemens.com/smartgrid/us/en/distributon-grid/products/distribution-scada-system-platforms/pages/dscada.aspx>
- [6] <https://new.abb.com/network-management/network-management/microscada-pro/sys600>

Kratka biografija:



Marko Vujić rođen je 1989. god. u Šapcu. Diplomirani inženjer elektrotehnike i računarstva postao je 2013. god. na Fakultetu tehničkih nauka. Master studije je upisao školske 2013/2014. god. na studijskom programu Energetika, elektronika i telekomunikacije, modul Elektro-energetika i završio ih 2018. god. Trenutno je medior software inženjer u Panon IT Novi Sad, outsourcing u Schneider Electric DMS NS.



Vladimir Katić rođen je 1954. god. u Novom Sadu. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Trenutno je prodekan Fakulteta tehničkih nauka. Oblasti interesovanja su energetska elektronika, obnovljivi izvori električne energije, električna vozila i kvalitet električne energije.