

Sustavi nadzora i upravljanja (SCADA) u energetici

Tomašević, Ilan

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:363991>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-20**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

Stručni studij

**SUSTAVI NADZORA I UPRAVLJANJA (SCADA) U
ENERGETICI**

Završni rad

Ilan Tomašević

Osijek, 2019.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju**

Osijek, 22.09.2019.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada
na preddiplomskom stručnom studiju**

Ime i prezime studenta:	Ilan Tomašević
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Automatika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A 4418, 27.09.2018.
OIB studenta:	31309102814
Mentor:	Mr.sc. Dražen Dorić
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	Dr.sc. Venco Čorluka
Član Povjerenstva:	Dr. sc. Krešimir Miklošević
Naslov završnog rada:	Sustavi nadzora i upravljanja (SCADA) u energetici
Znanstvena grana rada:	Automatika (zn. polje temeljne tehničke znanosti)
Zadatak završnog rada	SCADA ili sustav nadzora i upravljanja (kratica dolazi od engleskog naziva Supervisory Control and Data Acquisition) prikuplja u realnom vremenu podatke sa instrumenata i senzora iz nadziranog procesa na jedno središnje mjesto u svrhu nadzora ili upravljanja tim procesom. SCADA sustavi u energetici, u prijenosu i distribuciji električne energije, imaju određene specifičnosti u odnosu na primjene u industrijskim i procesnim postrojenjima. Zadaća im je osigurati visoku efikasnost, pouzdanost i stabilnost elektroenergetskog sustava u integriranoj mreži. U okviru završnog rada treba opisati SCADA sustave općenito, a zatim SCADA sustave i njihovu funkcionalnost za primjenu u zemljopisno rasprostranjenim prijenosnim i distribucijskim sustavima električne energije. Ilustrirati primjerima.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Vrlo dobar (4)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 2 bod/boda Razina samostalnosti: 2 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	22.09.2019.
Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 25.09.2019.

Ime i prezime studenta:

Ilan Tomašević

Studij:

Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Automatika

Mat. br. studenta, godina upisa:

A 4418, 27.09.2018.

Ephorus podudaranje [%]:

6

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Sustavi nadzora i upravljanja (SCADA) u energetici**

izrađen pod vodstvom mentora Mr.sc. Dražen Dorić

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. SCADA	2
2.1. Povijest i razvoj	2
2.2. Signali SCADA sustava	3
2.3. Prikupljanje podataka	3
2.4. Tipovi sustava za nadzor i upravljanje	6
2.5. Komponente SCADA sustava	8
3. SCADA U ENERGETICI	9
3.1. SCADA osnovne funkcije	9
3.2. Primjena u energetici	10
3.3. Prednosti SCADA sustava u energetici	11
3.4. Područje energetike	13
4. SUSTAV UPRAVLJANJA ENERGIJOM I DISTRIBUCIJOM	16
4.1. Sustavi upravljanja energijom u upravljačkim središtima	16
4.2. Sustavi automatizacije distribucije i upravljački distribucijski sustavi	17
5. PRIMJERI SCADA SUSTAVA	19
5.1. SICAM PAS	19
5.1.1. SICAM PAS značajke	19
5.1.2. Program automatizacije	21
5.1.3. Opseg obrade podataka	21
5.1.4. SICAM SCC	22
5.2. MicroSCADA PRO	23
5.1.1. MicroSCADA PRO značajke	23
6. ZAKLJUČAK	25
7. LITERATURA	26
8. SAŽETAK	27
9. ABSTRACT	28
10. ŽIVOTOPIS	29

1. UVOD

Sustavi za nadzor, kontrolu i prikupljanje podataka (eng. Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA) omogućuju upravljanje, nadzor, prikupljanje i obradu podataka nekog udaljenog procesa.

To je sustav koji se bazira na sučelju čovjek – stroj (eng. Human – Machine Interface – HMI) koje prikupljene i obrađene podatke od strane stroja predstavlja čovjeku koji na osnovu njih nadzire i upravlja sa daljnjim procesom.

SCADA sustavi se koriste u industrijskim i procesnim postrojenjima, u energetici, u prijenosu i distribuciji električne energije, preciznije to su vodoopskrba, sustavi za nadzor prometa, sigurnosni sustavi, komunikacijski sustavi, roboti, razne industrije, elektrane itd.

Kako SCADA sustavi mogu biti vrlo jednostavni a sa druge strane i vrlo kompleksni, postoje razlike u sustavima ovisno o grani primjene. SCADA sustavi u energetici, u prijenosu i distribuciji zbog svojih potreba praćenja vrlo brzih pojava na velikom području imaju različitu i specifičnu strukturu u odnosu na industrijska i tehnološka postrojenja.

Kroz prva dva poglavlja opisan je SCADA sustav i povijest razvoja sustava te struktura SCADA sustava u energetici i njegove razlike u odnosu na sustave namijenjene za industrijska i procesna postrojenja. U idućem poglavlju objašnjene su glavne funkcije SCADA sustava u distribuciji i prijenosu električne energije. Pretposljednje poglavlje opisuje dva primjera SCADA sustava, SICAM PAS tvrtke Siemens i MicroSCADA PRO tvrtke ABB. Posljednje poglavlje prikazuje zaključne teorije.

2. SCADA

Sustav za nadzor, kontrolu i prikupljanje podataka (eng. Supervisory Control And Data Acquisition - SCADA) je skup sustava, instrumenata i rješenja koja omogućuju upravljanje, nadzor, prikupljanje i obradu podataka nekog udaljenog procesa. Sustavi koji su bazirani na računalnoj kontroli i nadzoru procesa. SCADA sustavi imaju primjenu u proizvodnim industrijama, naftnim proizvodnjama, farmacijama, distribucijama i prijenosu energija, vodnim opskrbama.

2.1 Povijest i razvoj

Sustavi za nadziranje su osmišljeni između 1890. i 1920. godine i imali su namjenu za telefonske i ostale komunikacijske industrije. Sve idući sustavi su se u osnovi temeljili na sistemu prve telefonske centrale instalirane 1892. koju je instalirala firma Automatic Electric Company.

Od 1900. pa sve do 1920. godine stvoreno je puno varijacija sustava daljinske kontrole, sve varijacije su bile osmišljene da budu sustav za nadzor procesa u smislu samo pregleda bez ikakve daljinske kontrole ili sustav za upravljanje procesom bez nadzora i obrade. Godine 1921. John B. Harlow dizajnira jednu od prvih modernih inačica SCADA sustava, sustav koji automatski registrira promjenu u daljinskoj stanici i prijavljuje promjenu u kontrolnom centru.

Dvije godine kasnije John. J. Bellamy i Rodney G. Richardson razvijaju kontrolni sistem koji u sebi ima tehniku provjeri-prije-operacije (eng. Check-before-operate) što omogućava dodatnu sigurnost i efikasnost u procesu.

Prvi sustav sa mogućnošću prijave razvijen je 1927. godine a razvio ga je Harry E. Hersey. Taj sustav je mogao nadzirati informacije sa udaljene stanice i prilikom ikakve promjene zapisivati koja promjena se dogodila, na kojoj lokaciji i u koje vrijeme. Kako su u kratkom vremenu već svi sustavi bili elektromehanički, nadzorni sustavi su se samo dograđivali sa novim i poboljšanim verzijama elektroničkih senzora, poluvodičkim komponentama i analognim / digitalnim pretvornicima.

Dok su se nadzorni sustavi dograđivali kakvim novim elektroničkim komponentama konfiguracija RTU (eng. Remote Terminal Unit) se nije mijenjala sve dok pojedine kompanije nisu počele razvijati RTU poboljšane funkcije što je dovelo do korištenja mikroprocesora kako bi se proširio spektar funkcija i kako bi se povećao raspon mogućnosti nadzornih sustava.

2.2 Signali SCADA sustava

Nadzor i upravljanje u SCADA sustavu se temelji na informacijama iz postrojenja i povratnim aktivnostima što mogu biti:

- DI (Digital Input) – digitalni ulaz
- DO (Digital Output) – digitalni izlaz
- AI (Analog Input) – analogni ulaz
- AO (Analog Output) – analogni izlaz

Signali digitalni ulaz i digitalni izlaz imaju samo dva stanja:

1. Logička jedinica
2. Logička nula

Te se može reći da svojim formatom odgovaraju binarnim signalima koji se koriste u računalnim procesorima.

Signali analogni ulaz i analogni izlaz mogu poprimiti vrijednost u nekom rasponu, što znači da sve vrijednost stalno promatra te u svakom trenutku utječe na parametre koji se promatraju. Primjeri ovakvih signala su temperatura, tlak, protok itd.

Većina signala generirana od strane elektroničkih komponenti i raznih senzora je bazirana na naponu ili struji. Analogni signali su standardizirani i odabiru se sukladno namjeni:

- 4-20 mA – standardni signal
- 0-20 mA
- 1-5 VDC
- 0-5 VDC
- -10 VDC - +10 VDC

2.3. Prikupljanje podataka

Kako bi čovjek mogao pristupiti SCADA sustavu razvijeni su:

- OIT – Operator Interface Terminal
- HMI – Human Machine Interface

HMI predstavlja sučelje programske podrške između stroja ili postrojenja s operaterom (Slika 2.1). Uobičajeno veći HMI se sastoji od centralnog računala i nekoliko odvojenih računala koji su namijenjeni za nadzor i upravljanje strojem ili postrojenjem. Osmišljen je sa ciljem da skuplja i prikazuje podatke na postrojenju te da kroz grafičko sučelje omogući informacije strojnim ili postrojnim operaterima.

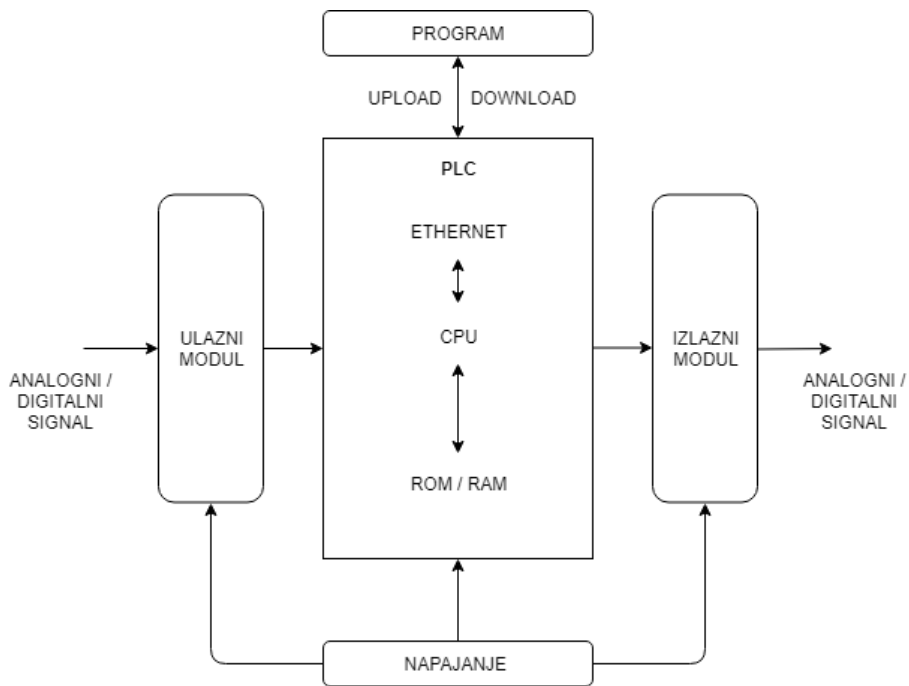


Sl. 2.1. Operatorski panel kao HMI uređaj [2]

Za razliku od HMI, OIT ili Operator Interface Terminal je sustav sa HMI ali samo u sklopu terminala koji se koristi za upravljanje sustavom. OIT je dugotrajan i može pružiti važne i sve informacije obrađene od strane HMI. Funkcija OIT je da može vratiti i obraditi informacije, vrlo je snažniji od samog HMI.[2]

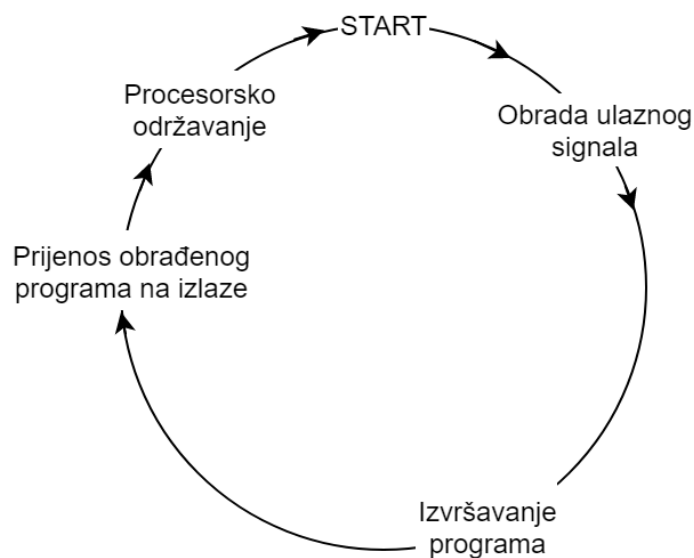
Uređaj koji najefektivnije i vrlo velikim brzinama u komunikaciji uzima podatke sa instrumenata, senzora i pretvara ih u informacije koje računalo može razumjeti je PLC (programibilni logički upravljač).

PLC uređaj (Slika 2.2) prima podatke sa senzora i ulaznih uređaja, obrađuje te podatke i na osnovu njih i parametara programa koji se prethodno učita u sami uređaj šalje signale na izlaz. Ovisno o ulazima i izlazima, PLC može nadzirati i pratiti trenutne veličine u stvarnom vremenu, generirati alarme u slučaju kvara, automatski pokretati i zaustavljati procese. Programibilni logički upravljači mogu se koristiti u gotovo svim procesima.



Sl. 2.2. Struktura PLC uređaja [1]

Slika 2.3. prikazuje prikaz cikličkog rada PLC uređaja, gdje možemo vidjeti kako uređaj prvo očitava ulazna stanja senzora i aktuatora, nakon toga obrađuje prethodno učitani korisnički program i sprema ga u izlazni memorijski registar procesora. Nakon što se izvrši program, obrađeni podaci se prenose na izlazne uređaje. U posljednjem koraku, se obavlja se održavanje sustava i komunikacija sa vanjskim jedinicama.



Sl. 2.3. Ciklički rad PLC uređaja [1]

Sa vremenom su razvijene nove verzije PLC pa čak i uređaji slični PLC ali bitno različitih specifikacija i specifične namjene, a to su:

- RTU – Remote Terminal Unit
- PAC – Programmable Automation Controller
- DCS – Distributed Control Systems

RTU ili Remote Terminal Unit predstavlja uređaj dizajniran da primi ili postavi podatke nekog procesa kroz ulaze i izlaze te ih proslijedi do upravljača. Većinom RTU su postavljeni u daljinskim stanicama pa samim time imaju mogućnosti komuniciranja preko velikih udaljenosti (radio modem ili GSM, SMS itd.), uređaji su niske potrošnje, velikih podatkovnih kapaciteta, i velika otpornost na visoke i niske temperature.

PAC ili Programmable Automation Controller je vrlo sličan PLC, ima iste funkcije ali više snage i brzine, fleksibilniji je za korištenje a uz to više prilagođen komunikacijskim mrežama baziranim na Ethernetu.

2.4. Tipovi sustava na nadziranje i upravljanje

Prikupljanje podataka i upravljanje sustavom na najvišem nivou može se podijeliti na dva djela:

1. SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition
2. DCS – Distributed Control System

U suštini definicija oba tipa sustava bi glasila da su je to sustav upravljanja koji koristi jedno središnje računalo za pohranu podataka i daljinske uređaje za nadzor procesa. Upravljanje može biti ručno ili automatsko te se može odvijati direktno sa udaljene stanice i ili sa središnjeg računala tj. stanice.

Kako ipak postoji podjela, postoje i razlike između ova dva sustava, a najznačajnije razlike su u njihovom općem dizajnu. Data Control System je procesno orijentiran, tj. usredotočen je na procese u svakom koraku operacije, dok se SCADA bazira na sticanju i uspoređivanju podataka kako bi se pravilno moglo uputiti osoblje koje je zaduženo za praćenje tog procesa.

Distributed Control System obavlja sve svoje zadatke na sekvencijalan način, a događaji se ne spremaju sve dok ih stanica ne registrira, dok je SCADA događaj, ne poziva na registriranje promjena ali čeka na promjenu vrijednosti u nekoj komponenti kako bi pokrenuo određene radnje.

U pogledu aplikacija, DCS je sustav za postavljanje za manju lokalizaciju kao što je jedno postrojenje ili jedna tvornica, dok je SCADA poželjna kada je cijeli sustav raširen na puno veći prostor tj. geografski položaj. Jedan od problema koji opravdava ovu teoriju je to što DCS uvijek treba biti povezan sa ulazno izlaznim sustavom dok se kod SCADA sustava očekuje ispravan rad sa dalje udaljenosti pa čak i u slučaju da komunikacije u postrojenju ne funkcionira neko vrijeme. SCADA sustav to izvodi na način da vodi evidenciju o svim vrijednostima, tako da ako bazna stanica ne može izdvojiti nove podatke s udaljene lokacije, ona će ipak moći prikazati posljednje zabilježene vrijednosti.[2]

Postoji podjela s obzirom na strukturu, a to je:

- Jedinstveni (vendorski) SCADA sustav:
 - Sve ili većina komponenti izrađene od istoga dobavljača
 - Postavljanje i servis sa istoga izvora
 - Nedostatak kompatibilnosti sa komponentama drugih proizvođača
 - Tvrtke: Siemens, ABB, Schneider Electric, Emerson

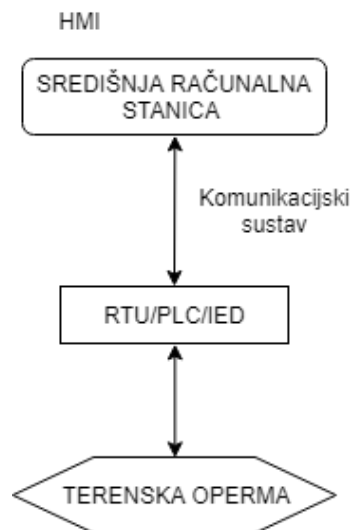
- Nezavisni SCADA sustav:
 - Koristi otvorene komunikacijske protokole
 - Koristi gotove proizvode (ne modificirane)
 - Standardizirani PLC programi
 - Koristi otvorenu HMI programsku podršku
 - Tvrtke: Končar, GE-Digital, Iconics, Inductive Automation,

Prvi SCADA sustavi bili su jedinstvenog tipa, proizvođač je bio zadužen za sklopovlje, programsku podršku, postavljenu opremu i čitavu stvar sa programiranjem. Sa vremenom, kako je tehnologija napredovala, tako se i sami SCADA sustav razvijao i došlo je do sve veće uporabe miješanog tipa sustava, jer se na taj način sustav mogao prilagoditi za svaku potrebu, odnosno postao je otvoren.

2.5. Komponente SCADA sustava

SCADA sustav predstavlja integriranu tehnologiju koja se sastoji od nekoliko komponenti (Slika 2.4.) :

- RTU (Remote Terminal Unit) / PLC (Programming Logic Controller) / IED (Intelligent Electronic Devices)
- Komunikacijski sustav
- Središnja računalna stanica uključujući HMI
- Oprema u polju što čine elektroničke komponente, senzori, aktuatori



Sl. 2.4. Prikaz komponenti SCADA sustava [1]

Sa razvojem tehnologije došlo je do zamjene Remote Terminal Unit sa IED (Intelligent Electronic Devices), IED predstavlja uređaj koji može uspostaviti komunikaciju između udaljenih senzora, upravljača i komunikacijske mreže. IED se od PLC i RTU razlikuje po tome što jedan IED može upravljati sa nekoliko različitih tipova opreme te podatkovni signali i upravljački su obostrani između upravljača i IED dok kod veze PLC/RTU – upravljač veza je obostrana samo za podatkovne signale.

Središnja računalna jedinica (eng. Master Station), predstavlja skup računala, perifernih sustava i odgovarajućih ulazno izlaznih uređaja koji omogućuju operaterima nadzor i upravljanje procesa.

Komunikacijski sustav odnosi se na komunikacijske kanale koji se koriste između opreme i središnjeg računalnog sustava. Propusnost kanala određuje brzinu komunikacije.

3. SCADA U ENERGETICI

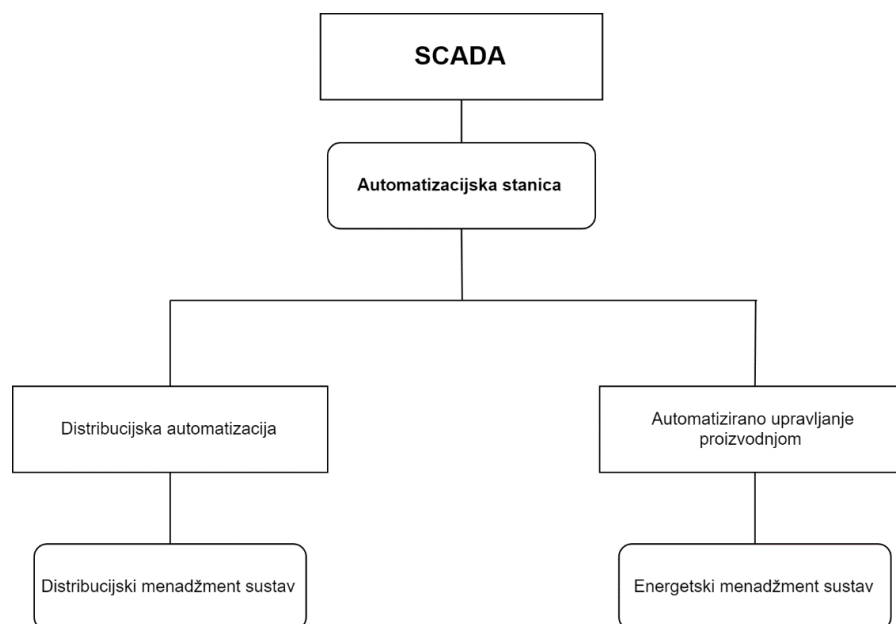
U području energetike SCADA sustavi imaju široku namjenu, od proizvodnje energije pa sve do distribucije. U odnosu na SCADA sustave u industrijskim i procesnim postrojenjima, ovi sustavi imaju posebne specifičnosti a to su da osiguraju visoku efikasnost i stabilnost elektroenergetskog sustava u integriranoj mreži.

3.1 SCADA osnovne funkcije

Osnovne funkcije SCADA sustava uključuju prikupljanje podataka, daljinsko upravljanje, HMI, analizu podataka i pisanje izvještaja. Ove funkcije su neophodne za proizvodnju, prijenos i distribucijske sustave.[5]

Energetski SCADA sustavi zahtijevaju da se izradi potreban broj izvještaja o potrošnji energije sa različitih razina upravljanja i sa različitih odjela. Izvještaji se smatraju neophodnim za rad jednog kvalitetnog energetskog SCADA sustava.

Slika 3.1. prikazuje osnovni prikaz SCADA sustava sa njegovim osnovnim funkcijama, lijeva grana prikazuje distribucijsku automatizaciju sa distribucijskim menadžment sustavom a desna grana automatizacijsku upravljačku proizvodnju sa energetskim menadžment sustavom. Distribucijski i energetski menadžment sustavi su najkompleksniji i najskuplji SCADA sustavi.



Sl. 3.1. Funkcije SCADA sustava u energetici[1]

3.2 Primjena u energetici

SCADA sustavi u proizvodnji osim osnovnih funkcija, uključuju funkcije:

- AGC ili Automatic Generation Control je skup opreme i računalnih programa za upravljanje jednom granom sa brzim odzivom.
- EDC ili Economic Dispatch Calculation – raspoređivanje energije sa svih izvora s ciljem smanjivanja troškova u određenim granicama.
- ITS ili Interchange Transaction Scheduling – osigurava i omogućava dovoljan kapacitet za ulaznu energiju u sustavu.
- UC ili Unit Commitment – izračunava potrebno vrijeme pokretanja i učitavanja sustava s ciljem smanjivanja troškova
- HC ili Hydrothermal coordination – raspoređivanje energije sa svih dostupnih hidroelektrana s ciljem smanjivanja troškova

SCADA sustavi u prijenosu osim osnovnih funkcija, uključuju funkcije energetske menadžment sustava, a to su:

- NC/TP ili Network Configuration / Topology Processor analizira stanje prekidača i obavlja mjerenja za automatsko određivanje trenutnog modela elektroenergetskog sustava
- SE ili State Estimation - način obrade suvišnih informacija za dobivanje procjene stanja sustava
- CA ili Contingency Analysis - simulira isključenje proizvodnih jedinica radi proučavanja njihovog utjecaja na napon sabirnice, protok električne energije i stabilnost elektroenergetskog sustava
- TPBPF ili Three-Phase Balanced Power Flow – dobivanje informacije o naponu za svaku sabirnicu u elektroenergetskom sustavu za zadane uvjete napajanja i napona generatora
- OPF ili Optimal Power Flow - optimizira trošak proizvodnje, gubitke i slično, pod uvjetom fizičkih ograničenja i zakona na mreži

Funkcije SCADA sustava u distribuciji osim osnovnih funkcija uključuju funkcije distribucijskog menadžment sustava, kao što su:

- identifikacija kvarova
- ponovno postavljenje mreže
- kontrole jalove snage
- predviđanje preopterećenja
- sučelje sa korisničkim informacijskim sustavom
- sučelje s geografskim informacijskim sustavom

3.3 Prednosti SCADA sustava u energetici

Prednosti SCADA sustava u energetici:

- sustavi su više pouzdani, pa mogu raditi sa ozbiljnim i manje predvidim situacijama, a problemi se rješavaju brzo
- niži operativni troškovi, zbog manje potrebe za ljudskim resursima
- brže obnavljanje u slučaju kvara, te brže otkrivanje kvarova i poduzimanje mjera
- Bolje upravljanje snagom, zbog vrlo preciznih informacijskih vrijednosti
- Smanjeni ljudski utjecaj i pogreške, kako očitavanja potrebnih informacija obavlja automatski
- brže donošenje odluka, te raspolaganje sa operaterima
- usklađeni rad sustava uz veliki izbor ulaznih parametara

S obzirom na mogućnost prikaza stanja gotovo svih komponenti sustava i na mogućnost upravljanja s jednog mjesta, može se postići pravilno uravnoteženje sustava izbjegavajući nepotrebno preopterećenje i na način da se produži rok trajanja opreme.[6]

Samim time što se dovodi do ravnoteže u sustavu, smanjuju se troškovi. Na primjer, što se manje fizičkih oštećenja pojavi u sustavu, komponente produljuju vlastiti vijek trajanja te se smanjuju troškovi servisiranja i kupovine novih.

Funkcije poput prediktivnog održavanja, volt-var kontrola, dijagnostički programi i pristup podacima za automatizaciju pomažu uslužnom programu koji omogućuje donošenje bolje informiranih odluka koje se temelje na sveobuhvatnim i točnim operativnim podacima, a ne na pravilima za optimizaciju troškova.

Nadziranjem stanja opreme i komponenata sustava, uz pravilno održavanje mogu se otkrivati sve nepravilnosti tog dijela sustava. Uređaji koji u stvarnom vremenu prate stanje opreme nazivaju se IEDS ili Intelligent Electronic Devices. Korištenjem ovih uređaja na vrijeme se mogu otkloniti pred kvarovi i poremećaji u radu.

Neki od elemenata energetske sustava koje nadziru IEDS uređaji:

- transformatori električne energije
- izolacijski sustavi
- baterije podstanica

Ključni događaji u sustavu vremenski se bilježe kako bi se mogla odraditi analiza istih, ti podaci su ključni za ravnotežu sustava. Sa ciljem rekonstrukcije sustava i mreže moguće je rekonstruirati događaje redoslijedom kako su se prethodno desili u sustavu.

Postoji mogućnost postavljanja uređaja za nadzor kvalitete energije koji se mogu direktno spojiti na mrežu te omogućiti nadziranje iz centralne jedinice. Nadziranjem kvalitete energije moguće je pratiti padove napona, oscilacije i neravnotežu energije. Kako bi se poboljšala kvaliteta energije primjenjuju se mjere kao što su ugradnja regulatora napona kako bi se korisniku pružilo kvalitetno napajanje.

Uvođenje inteligentnih uređaja za praćenje stanja opreme te izrazito brze komunikacije u sustavu dovele su maksimalnog praćenja podataka, svi mogući podaci se arhiviraju u centralnoj stanici kako bi se kupcu pružila maksimalna kvaliteta usluge. Prednosti analiza podataka su precizno otkrivanje nepravilnosti rada sustava, brže se reagira u slučaju nepravilnosti ili kvara, brže i efektivnije donošenje ispravnih odluka.

3.4 Područje energetike

Od same proizvodnje pa do krajnje točke isporuke klijentu električna energija prolazi kroz sljedeće podstanice:

- Trafostanica za proizvodnju
- Mrežna trafostanica
- Distribucijska trafostanica
- Trafostanica za posebne namjene

Mrežne podstanice i podstanice za proizvodnju sadrže sljedeće komponente:

- Transformatori
- Vodovi
- Izolatori
- Prekidači
- Sklopke
- Reaktori
- Kondenzatori
- Baterije

Slika 3.2. prikazuje trafostanicu za prijenos.



Sl. 3.2. Trafostanica za prijenos [4]

Današnje podstanice imaju gotovu istu opremu te nema neke velike razlike. SCADA sustav ovdje igra ulogu prikupljanja podataka od transformatora, sklopki, vrijednosti napona i struje koji se prenose u glavnu stanicu. Osim ovih informacija SCADA prikuplja podatke o vremenskim uvjetima kao što temperatura, vlažnost zraka, tlak i sl.

U samom nadgledanju SCADA sustava, prikupljeni podaci mogu se podijeliti u dvije skupine:

- Analogni
- Digitalni

U analogne signale se ubrajaju svi kontinuirani i vremenski različiti signali, a mogu dolaziti iz električnih, mehaničkih, pneumatskih, hidrauličnih i drugih sustava. U elektroenergetskim sustavima preko transformatora se smanjuje napon sa razine kV na V odnosno na 110V, raspona struje najčešće 4 do 20 mA. Vrijednost granice od 4mA je odabrana kako bi nula na ulazu bila različita od 0mA pa bi se mogao uočiti kvar na vodu.

Prikupljanje podataka i sustavi prikupljanja podataka obično uključuju pretvorbu analognih valnih oblika u digitalne vrijednosti za obradu.

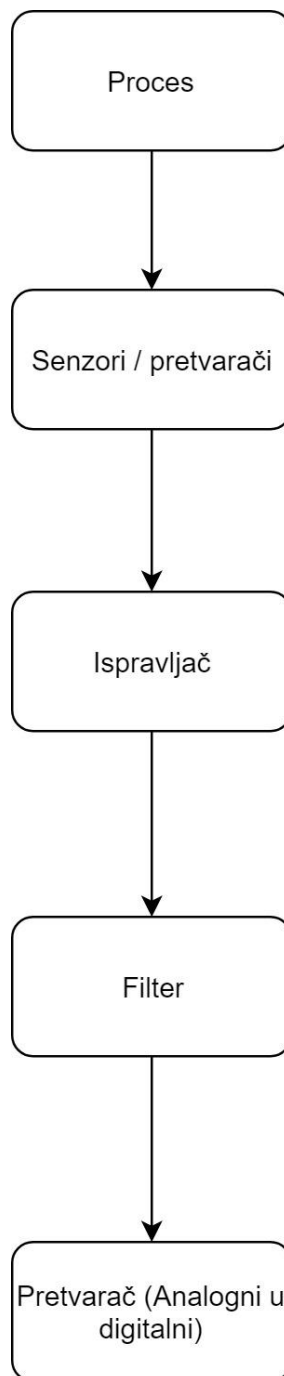
Sustav za prikupljanje podataka sadrži sljedeće:

- Senzori / pretvarači koji pretvaraju fizičke vrijednosti u signale (najčešće 4 – 20mA)
- Članovi za obradu signala
- Pretvornici koji pretvaraju analogni signal u digitalni

U digitalne signale spadaju položaji prekidača, sklopki, pozicije izolatora iz nekog sustava.

Iz sigurnosnih razloga svi signali koji ulaze u sustav, ulaze preko releja kako bi se u sustavu moglo uvjetovati pokretanjem određenog strujnog kruga.

Slika 3.3. prikazuje tijek procesuiranja signala do njegovog digitalnog oblika.



Sl. 3.3. Pretvorba signala [4]

4. SUSTAV UPRAVLJANJA ENERGIJOM I DISTRIBUCIJOM

Elektroenergetski sustavi predstavljaju najsloženije sustave koji postoje, pokrivaju ogromne zemljopisne površine, proizvode i distribuiraju energiju širom svijeta. Kako se udaljenosti iz dana u dan povećavaju time slabi i stabilnost same mreže gdje dolazi do potrebe za poboljšanjem samog sustava. Automatizacija energetskeg distribucijskog sustava na širem području olakšava nadziranje i upravljanje istim te osigurava pouzdaniju mrežu.

4.1 Sustavi upravljanja energijom u upravljačkim središtima

Cilj energetskeg sustava je uklanjanje opterećenja i postavljanje troškova u minimalni mogući iznos sa prihvatljivom kvalitetom. Sustav se pravovremeno mora odražavati kako ne bi došlo do velikih problema, gdje štete mogu biti velike. Sustav je potrebno unaprjeđivati kako bi se učinio pouzdanijim i spremnijim za moguća opterećenja te kako bi mogao obavljati veći prijenos energije.

Ovisno o jednadžbi prijenosa energije, ograničenjima i karakteristikama sustava definirano je pet radnih stanja energetskeg sustava. Ograničenjem se smatra ukupna potrebna proizvodnja koja je potrebna da se u slučaju iznenadnog opterećenja sustav učini stabilnim.

Stanja energetskeg sustava su:

- Normalno stanje
- Stanje upozorenja
- Hitno stanje
- Ekstremno stanje
- Stanje obnove

U normalnom stanju proizvodnja je dovoljna za nadolazeća opterećenja te je sve unutar granica. U trenutku kada opterećenja pređu dozvoljenu odnosno postavljenu granicu to se zove stanje upozorenja. Ukoliko se stanje ne poboljšava, te opterećenje počne uništavati opremu stanje upozorenja prelazi u izvanredno stanje. Ograničenja se još uvijek mogu odražavati i brzim djelovanjem sustav je moguće vratiti u stanje upozorenja. Ukoliko se ne poduzmu potrebne mjere za dovođenje sustava u stabilno stanje sustav će preći u ekstremno stanje gdje će se sva ograničenja prekršiti i sustav će potpuno izgubiti proizvodnju. Ukoliko dođe do tog stanja potrebno je namjernim putem prekinuti mrežu kako bi se smanjila dodatna šteta u sustavu te kako bi sustav mogao preći u obnovljivo stanje gdje može raditi za slučaj nužde.

Osim funkcija za prikupljanje podataka iz procesa, SCADA obavlja i niz drugih funkcija koje se zajednički zovu EMS ili energetska menadžment sustav.

Svaki EMS bi trebao imati sljedeće funkcije:

- Informacije o cijelom sustavu koji se nadgleda
- Mogućnost čitanja podataka procesa u stvarnom vremenu
- Mogućnost kontinuiranog računanja i obrade podataka
- Mogućnost upravljanja sa opremom na terenu
- Mogućnost praćenja ravnoteže sustava
- Mogućnost pokretanja obnove

Cilj EMS je osigurati uravnoteženu stabilnu snagu, uz minimalne troškove. Sustavi automatizacije proizvodnje i prijenosa nazivaju se SCADA / EMS sustavi.

4.2 Sustavi automatizacije distribucije i upravljački distribucijski sustavi

Automatizacija distribucije diljem svijeta zauzela je središnje mjesto i zbog ogromnih mogućnosti predstavlja središnju točku razvoja. Implementacija pametne mreže s sudjelovanjem kupca koje zahtijevaju dvosmjernu komunikaciju, zajedno s obnovljivom integracijom, prisiljavaju uslužne programe na veliku automatizaciju distribucijskih sustava. Automatiziranje trafostanica, poslužitelja i kupaca ključno je za potpunu automatizaciju distribucijskih sustava. Automatizacija distribucije ili DA skup je tehnologija koje omogućuju uslužni program daljinskom nadzoru, koordinaciju i upravljanje distribucijskim komponentama u stvarnom vremenu s udaljenih mjesta.

SCADA sustavi nadgledaju i upravljaju uređajima i sklopovima u distribucijskoj podstanici ili kontrolnom centru. Osnovne komponente SCADA sustava ili inteligentni elektronički uređaji (IEDS) prenose podatke na matičnu stanicu putem komunikacijskog medija, gdje operatori nadziru i kontroliraju rad sustava. Distribucijski SCADA sustav ima osnovne funkcije s mnogim dodatnim funkcijama specifičnim za sustave upravljanja distribucijom.

Sustavi upravljanja distribucijom ili distribucijski menadžment sustavi (DMS) uključuju funkcionalnosti SCADA distribucije u stvarnom vremenu zajedno s odgovarajućim aplikacijskim

funkcijama uz podršku procesnih sustava kao što su informacijski sustavi o kupcima i zemljopisni informacijski sustavi. DMS su integrirani i sa sustavima upravljanja kvarovima i sustavima upravljanja imovinom. Napredna mjerna infrastruktura ili Advanced Metering Infrastructure (AMI) je planiranje i rasprava, a integrirana je s DMS-om za zajedničku razmjenu informacija i aktivnosti.

5. PRIMJERI SCADA SUSTAVA

U ovom poglavlju navedena su dva primjera SCADA sustava, SICAM PAS njemačke tvrtke Siemens kao prvi primjer i MICROSCADA PRO švicarsko-švedske tvrtke Asea Brown Boveri ili ABB kao drugi primjer.

Oba sustava predstavljaju vodeće sustave u grani energetike te se koriste u cijelom svijetu. Iako je u suštini svrha oba sustava jednaka, postoje bitne razlike između njih.

5.1 SICAM PAS

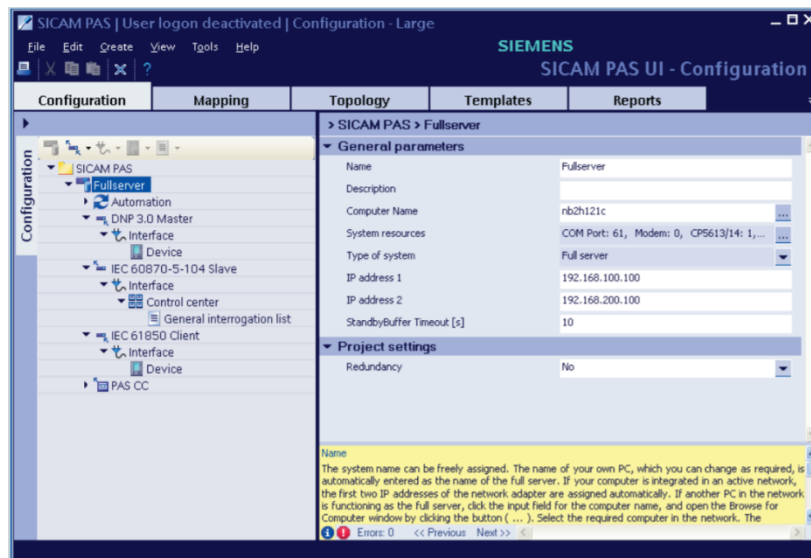
SICAM PAS ili Power Automation System je sustav koji zadovoljava sve uvjete za automatiziranje energetske sustava. Podržava IEC 61850 komunikacijski protokol između podstanica i IED uređaja te uz standardizirane prijenos podataka sadrži korisnička sučelja za provedbu specifičnih procesa za sustav, sa više mogućnosti automatizacije. Jedna od najvećih prednosti je da se može lako uključiti u postojeće sustave i koristiti za integraciju takvog sustava. Koristi modernu dijagnostiku te je potpuno dokumentiran i ispitan pa ga je lako održavati.

5.1.1. SICAM PAS značajke

Značajke SICAM PAS sustava:

- Pogodan je za rad u kombinaciji sa više daljnjih SICAM PAS sustava koji su međusobno povezani putem Ethernet LAN komunikacije.
- Mogućnost proširivanja sustava korištenjem dodatnih modula koji pokrivaju široki raspon aplikacija
- Podržava konfiguracije distribucijskih sustava
- Djeluje istovremeno na nekoliko računala
- Podržava postojeće komponente sustava te njihove komunikacijske protokole
- Registrira sve procesne podatke unutar podstanice u kojoj djeluje
- Omogućava grafičku vizualizaciju cjelokupnog procesa
- Jednostavna instalacija novih uređaja
- Online način upravljanja
- Integrirane funkcije dijagnostike
- Bazira se na operacijskom sustavu Microsoft Windows (Slika 5.1.) što ga čini jednostavnim za konfiguriranje i upravljanje od strane operatera
- Razvijen je u skladu sa sigurnosnim standardima

- Distribucijska procesna veza omogućena je putem DIP-a ili Device Interface Processora
- Može se postaviti na računala umrežena putem TCP / IP gdje jedno računalo predstavlja puni poslužitelj dok se ostala računala upotrebljavaju kao DIP. To omogućuje poboljšanje performansi sustava te mogućnost strukturiranja sustava preko topologije.
- Omogućuje upravljanje i nadzor procesa preko sustava vizualizacije procesa SICAM SCC.



Sl. 5.1. SICAM SCC konfiguracija [4]

Za industrijske aplikacije moguće je konfigurirati sučelje za obradu sustava vizualizacije putem OPC-a (Object Process Control). SICAM PAS je moguće konfigurirati kao OPC server ili OPC klijent, što omogućava komunikaciju sa drugim vizualiziranim procesom.

Za nadziranje sustava, prikaz stanja uređaja, prikaz mjerenih vrijednosti i dijagnostičkih podataka može se koristiti SICAM Diamond. SICAM Diamond podržava zapis liste događaja i upozorenja te vizualizaciju procesa putem dijagrama što ga čini jednostavnim za korištenje od strane operatera. Sastoji se od poslužitelja i klijenta, gdje je poslužitelj izravno povezan sa SICAM PAS-om i priprema podatke za pristup putem internet preglednika dok klijent predstavlja Microsoft Internet Explorer. SICAM Diamond omogućava pristup arhivu putem interneta pa se arhivi može pristupiti sa bilo kojeg mjesta u bilo koje vrijeme.

5.1.2. Program automatizacije

Program automatizacije procesa konfigurira se u SICAM PAS-u putem CFC ili Continuous Function Chart. To je dio software-a u kojem se piše program procesa odnosno grafički slaže korištenjem funkcijskih blokova. SICAM PAS dolazi sa bibliotekom funkcionalnih blokova koji su posebno razvijeni za automatizaciju u energetici.

Sami program se veže sa sustavom vizualizacije procesa SICAM SCC (Slika 5.2.) te je kontinuirano usklađen s njime.



Sl. 5.2. SICAM SCC programska podrška[4]

5.1.3. Opseg obrade podataka

Količina podataka koje SICAM PAS može obraditi određuju sljedeći faktori:

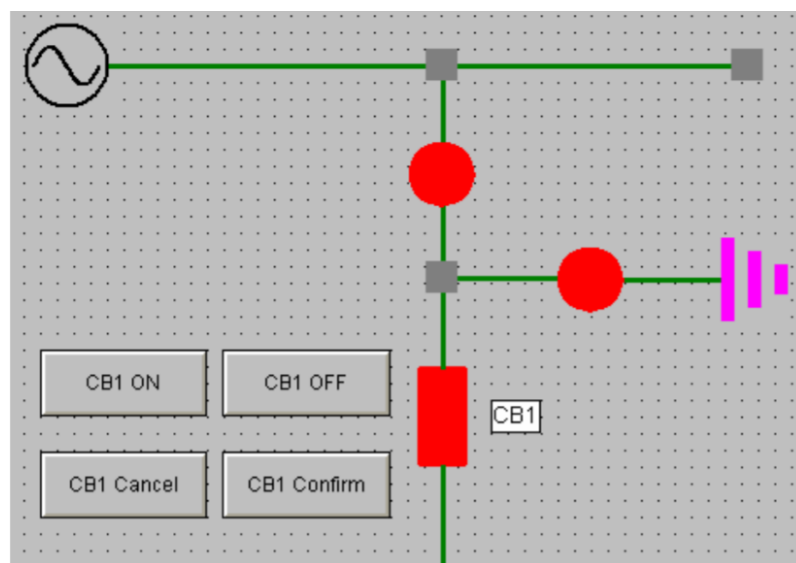
- Struktura računalne mreže (Jedna ili više stanica)
- Performanse sklopovlja koje se koristi
- Performanse mreže
- Veličina baze podataka
- Brzina promjene vrijednosti podataka

S distribuiranim PAS sustavom koji koristi server i 6 DIP-ova, maksimalno je moguće podržati 350 pametnih elektroničkih uređaja i 20.000 podataka.

5.1.4. SICAM SCC

SICAM PAS se koristi za postavke stanice i kao koncentrator podataka procesa dok samu vizualizaciju tih podataka obavlja SICAM SCC. Jedan SICAM PAS može primiti podatke sa nekoliko neovisnih SICAM SCC poslužitelja.

Pri radu trafostanice SICAM PAS koristi se za konfiguracijske svrhe i kao moćan koncentrator podataka. SICAM SCC služi kao sustav vizualizacije procesa, vidljivo na slici 5.3.. Nekoliko neovisnih SICAM SCC servera može biti povezano na jedan SICAM PAS, a isto tako je moguće da jedan SICAM SCC server šalje podatke na više SICAM PAS sustava.



SI. 5.3. SICAM SCC - Upravljanje dijagramom pomoću prekidača [4]

Signali između SICAM PAS, SICAM SCC i uređaja na polju razmjenjuju se u milisekundama. Uz svaki signal prikazuje se i niz drugih podataka koji pružaju informacije o uzrocima (spontani, naredbeni), izvorima događaja (bliski raspon, lokalni, udaljeni) i drugima. Osim procesnih signala, zapisuju se i naredbeni signali. Za nadzor rasklopnih uređaja koriste se IndustrialX kontrole. Ovi predmeti s sklopnim uređajima podržavaju četiri različita oblika prezentacije za aktuator. Također je moguće stvoriti bitmape za inicijalizaciju preklopnih uređaja te ih povezivati s objektima. Za informativni prikaz osim predodređenih stanja moguće je prikazati i ostala stanja koja su naknadno određena. Vrijednosti koje se zbog kvara nekog uređaja na polju ne promjene moguće ih je ručno ažurirati sa upravljačke ploče SCC-a.

Prednosti SICAM SCC:

- Prilikom vizualizacije procesa dijagramima može se koristiti bojanje topologije
- Dodavanjem SIMATIC web navigatora može se koristiti za kontrolu i nadzor putem interneta.
- SICAM Valpro može se koristiti za procjenu izmjerenih i doziranih vrijednosti. To ne samo da omogućava grafički i tablični prikaz arhiviranih vrijednosti, već omogućava i naknadne funkcije procjene, kao što su minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti.
- Automatsko arhiviranje snimki kvarova sa mogućnošću upravljanja istim.

Jezgra SICAM SCC je jedan od vodećih sustava za vizualizaciju procesa SIMATIC WinCC. SICAM SCC razvijen s ciljem da se električni procesi u sustavima visokog i niskog napona mogu upravljati s jednog mjesta.

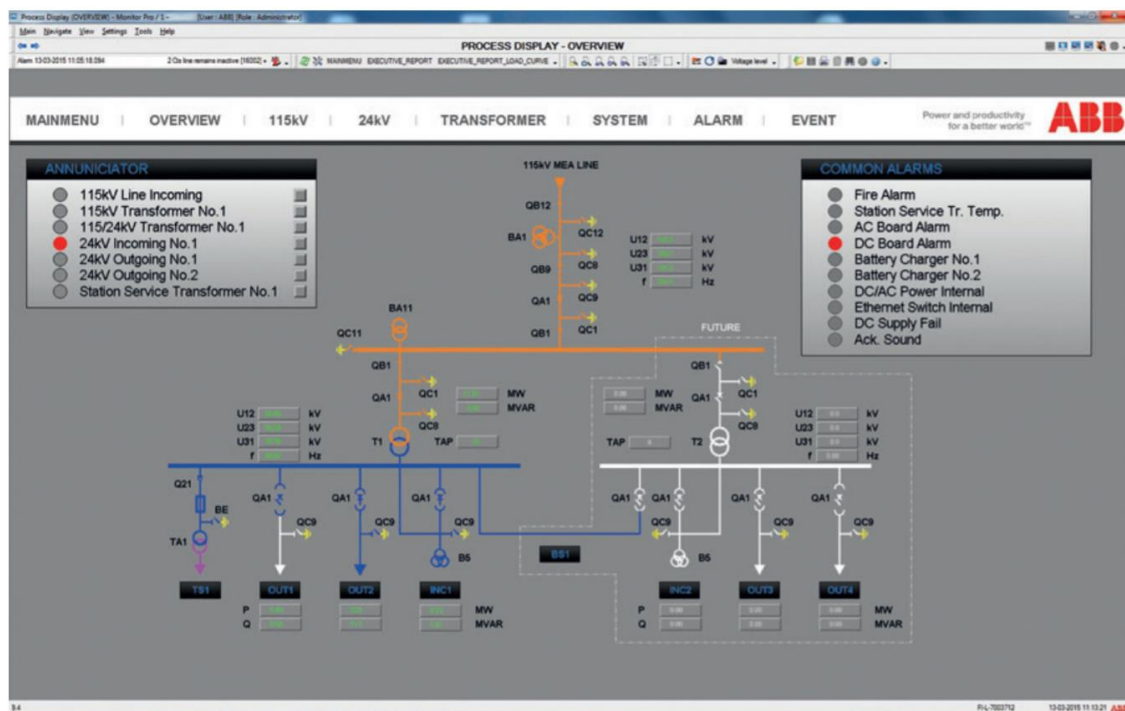
5.2. MicroSCADA PRO

MicroSCADA Pro dizajnirana je za cjelokupno funkcionalno nadziranje i upravljanje opremom u distribucijskim i prijenosnim sustavima energije. Omogućuje sigurnu i jednostavnu kontrolu procesa od strane operatora.

5.2.1. MicroSCADA PRO značajke

Značajke MicroSCADA PRO sustava:

- PRED: MicroSCADA Pro povećava dostupnost informacija podržavajući strane servere i komunikaciju na bilo kojoj trafostanici u svakoj situaciji
- Ručno i automatsko upravljanje svim segmentima procesa
- Razvijena analiza poremećaja
- Automatska upozorenja za potrebe održavanja opreme
- Optimizira kvalitetu energije procesa
- Jednostavan za upravljanje
- Mogućnost postavki ovisno u potrebama
- Mogućnost zapisa događaja
- Jednostavna nadogradnja
- Potpuno vizualizacija procesa te potpuno upravljanje istim (Slika 5.4.)



Sl. 5.4. MicroSCADA PRO - Upravljanje procesom putem grafičkog sučelja [7]

Jedna od glavnih prednosti MicroSCADA PRO sustava je ta da koristi dva servera za komunikaciju u mreži sa dobro razvijenom tehnologijom. Dok je jedan server aktivan drugi je neaktivan te za vrijeme neaktivnosti uzima podatke sa servera koji je u radu i u slučaju kvara neaktivni uzima njegovu funkciju i sustav nastavlja u normalnom načinu rada. Osim dodatnog servera, MicroSCADA PRO preferira da se i ostale komponente dupliciraju kako bi se povećala pouzdanost sustava.

MicroSCADA PRO sadrži mogućnosti potpunog zapisa i arhiviranja događaja i signala koji prolaze kroz sustav. Ima razvijen sustav za upravljanjem i analiziranjem arhive te vizualizacijom iste, vidljivo na slici 5.5., sadrži mogućnosti predviđanja i analize kvara.[7]

Vizualizacija procesa potpuno jednostavna i pristupačna operateru, sadrži mogućnosti skaliranja i bojanja grafičkog prikaza što olakšava kontrolu na cijelim procesom.

Sustav je moguće postaviti na Microsoft Windows operacijski sustav.

6. ZAKLJUČAK

Kroz ovaj rad opisan je SCADA sustav općenito, njegove komponente, specifičnosti u području energetike, opisane su tehnologije automatizacije energetskog postrojenja i navedena dva primjera energetskog SCADA sustava vodećih tvrtki u svijetu.

SCADA sustavi u energetici specifični su iz razloga što moraju osigurati visoko pouzdani rad uz zadovoljavajuću efikasnost. A kako bi zadovoljivi te uvjete, unutar sustava mora biti strukturirana dobra komunikacijska mreža, brz odziv između komponenti, dobro organizirani sustavi sigurnosti i zaštite, maksimalna moguća grafička vizualizacija procesa te je potrebno da je sustav moguće upravljati sa više mjesta.

U radu se navode dva primjera SCADA sustava, prvi primjer je SICAM PAS tvrtke Siemens, kojeg odlikuju visoka pouzdanost, brzina odziva, kompatibilnost sa brojem uređaja drugih tvrtki i jednostavno upravljanje. Drugi primjer sustava je MicroSCADA PRO tvrtke ABB koji je isto kao SICAM PAS zbog svojih prednosti i mogućnosti jedan od vodećih sustava u svijetu. Na osnovu dostupnih informacija o pojedinom sustavu autor dolazi do zaključka da nema velikih razlika između ova dva sustava, razlike se pojavljuju pri detaljnijem zahtijevanju konfiguracija pojedinog sustava.

Kompleksnost sustava ovisi o potrebama, zahtjevima i načinu na koji će sustav raditi. Svaki SCADA sustav u energetici teži tome da razvija tehnologije automatiziranog i energetskog upravljanja.

SCADA sustavi svakim danom postaju sve bitniji za energetska, industrijska i tehnološka postrojenja, što dovodi do razvijanja novih sustava, nadograđivanja raznim tehnologijama kako bi sustavi bili pouzdaniji i efikasniji. Međutim tu se javlja problem, što je postrojenje bolje komunikacijski povezano sa upravljačkim jedinicama potrebna je veća zaštita od kibernetičkih napada, odnosno krađe podataka ili namjernog prouzrokovanja štete iz nekih posebnih razloga. Stvara se potreba za razvijanjem posebnih tehnologija za kibernetičku sigurnost.

7. LITERATURA

- [1] M.S. Thomas, J.D. McDonald, Power system SCADA and smart grids, CRC Press Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, 2015.
- [2] D. Bailey, E. Wright, Practical SCADA for industry, Newnes, Great Britain, 2003.
- [3] E. Vaahedi, Practical power system operation, John Wiley & Sons, Inc, Canada, 2014.
- [4] Siemens, Power Engineering Guide Edition 8.0, Siemens AG 2017, Energy Management Division Freyeslebenstrasse 191058 Erlangen, Germany 2017.
- [5] J. Northcote-Green, R. Wilson, Control and automation of electrical power distribution systems, CRC Press Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, 2007.
- [6] Stuart A. Boyer, International Society of Automation; 4 edition, Great Britain, 2010
- [7] ABB Oy Finland, MicroSCADA Pro: Substation automation applications, P.O. Box 614 FI-65101 Vaasa, Finland

8. SAŠETAK

SUSTAVI NADZORA I UPRAVLJANJA (SCADA) U ENERGETICI

Rad opisuje SCADA sustav sa primjenom u energetici, njegove karakteristike, komponente, prednosti, nedostatke te razlike u odnosu na SCADA sustave u drugim granama. U radu su opisana dva primjera SCADA sustava tj. zahtjevi, karakteristike i primjeri konfiguracije.

Ključne riječi: SCADA, nadzor, upravljanje, energetika, distribucija, prijenos, proizvodnja, SICAM PAS, MicroSCADA PRO, IED, HMI

9. ABSTRACT

SUPERVISORY CONTROL SYSTEMS (SCADA) IN POWER

The work describes the SCADA system with application in power, its characteristics, components, advantages, disadvantages and differences to SCADA systems in other branches. The work describes two examples of SCADA system software with its requirements, characteristics and configuration examples.

Keywords: SCADA, supervision, control, power, distribution, transmission, production, SICAM PAS, MicroSCADA PRO, IED, HMI

10. ŽIVOTOPIS

Ilan Tomašević rođen je 11.01.1998. u Osijeku. Završio je Osnovnu školu Josipovac 2012. godine. Upisuje smjer tehničar za mehatroniku u Elektrotehničkoj i prometnoj školi Osijek, koju završava 2016. godine. Nakon srednje škole upisuje preddiplomski stručni studij na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek. Za vrijeme studija odrađuje 200 sati praktičnog rada u tvrtki TEO-Belišće d.o.o.. Preddiplomski stručni studij na smjeru automatika završava 2019. godine.