

# SCADA u elektroenergetskom sustavu

---

Šabić, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

*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:200:442831>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-10**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Sveučilišni preddiplomski studij**

**SCADA U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU**

**Završni rad**

**Ivana Šabić**

Osijek, 2021.

## SADRŽAJ

|  |    |
|--|----|
| <i>UVOD</i> .....  | 1  |
| <i>1. OPĆENITO O SCADA SUSTAVU</i> .....                                 | 2  |
| 1.1. Povijest i razvoj .....   | 2  |
| 1.2. Princip rada .....  | 3  |
| 1.3. Podjela SCADA sustava .....   | 5  |
| <i>2. ARHITEKTURA SCADA SUSTAVA</i> .....                                | 6  |
| 2.1. Sklopovska arhitektura .....  | 6  |
| 2.2. Programska arhitektura.....   | 7  |
| 2.3. Funkcija SCADA sustava.....   | 8  |
| <i>3. SCADA U ELEKTROENERGETICI</i> .....                                | 9  |
| 3.1. Primjena sustava .....  | 9  |
| 3.2. Primjena SCADA sustava u hrvatskom elektroenergetskom sustavu ..... | 10 |
| 3.3. SCADA laboratorij .....   | 11 |
| <i>4. PRIMJERI SCADA SUSTAVA</i> .....                                   | 14 |
| 4.1. Sustav SICAM PAS .....  | 14 |
| 4.2. Sustav SICAM SCC .....  | 15 |
| 4.3. Sustav MicroSCADA PRO.....  | 17 |
| 4.4. SCADA kompanije diljem svijeta.....                                 | 19 |
| <i>5. PREDNOSTI I MANE SCADA SUSTAVA</i> .....                           | 20 |
| 5.1. Dostupnost u svakom trenutku .....                                  | 20 |
| 5.2. Funkcionalnost sustava.....   | 21 |
| 5.3. Napad na sustav .....   | 21 |
| 5.4. Rad i briga oko sustava .....                                       | 23 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>6. BUDUĆNOST SCADA SUSTAVA.....</b> | <b>24</b> |
| <b>7. ZAKLJUČAK.....</b>               | <b>26</b> |
| <b>8. LITERATURA.....</b>              | <b>27</b> |
| <b>9. SAŽETAK.....</b>                 | <b>29</b> |
| <b>10. ABSTRACT .....</b>              | <b>30</b> |
| <b>11. ŽIVOTOPIS.....</b>              | <b>31</b> |

## UVOD

Distribucija i korištenje električne energije na najjednostavniji način, ali ujedno i ekonomičan način vrlo je bitna za poduzeća koja se bave područjem usko vezanim za električnu energiju, ali i same korisnike kojima je danas život bez električne energije postao sasvim nemoguć. Istraživanja i razvoj u području robotike, računarstva, informacijskih tehnologija te elektronike daju na dostupnosti automatiziranih mehanizama zbog čega imamo konstantni razvoj, a potražnja postaje sve veća. U tome nam je jedno od pomagala i engl. *Supervisory Control and Data Acquisition*, tj. SCADA sustav u procesu distribucije i korištenja električne energije koji služi za nadgledanje, upravljanje i prikupljanje podataka automatiziranim procesima unutar poduzeća u stvarnom vremenu. Osnovni zadatak SCADA sustava je prikupljanje podataka i distribuiranje istih u nadzorne centre – disponente stanice.

Sam sustav je komponiran poput „simbioze“ čovjeka i stroja (engl. *Human—Machine Interface – HMI*), gdje na osnovu prikupljenih i obrađenih podataka pružatelj usluga nadzire i upravlja s daljnjim procesom. SCADA sustavi su definirani kao zbirka opreme koja će operatoru na udaljenom mjestu pružiti dovoljno informacija kako bi utvrdio status određene opreme ili procesa i kontrolirao radnje u vezi s tom opremom ili postupkom, a da pritom ne bude fizički prisutan. Kompletna automatizacija procesa može se postići automatizacijom radnji praćenja i upravljanja sustavom.

SCADA sustavi, premda ih mnoge industrije u velikoj mjeri koriste, pretrpjeli su drastične promjene. Dodavanje novih tehnologija i uređaja predstavlja ozbiljan izazov za nastavnike, istraživače i inženjere koji rade, kako bi uhvatili korak sa svjetskim postignućima.

U ovom radu ću obraditi osnovni princip rada SCADA sustava kroz povijest, također njegove najbitnije komponente i podsustave. Uz to, pažnju ću obratiti na funkcije, primjenu i rad sustava općenito, te i na prostorima Republike Hrvatske. Nadalje, prikazan je način rada SCADA laboratorija, primjeri SCADA sustava, njezine kompanije širom svijeta, prednosti i mane, te budućnost sustava.

# 1. OPĆENITO O SCADA SUSTAVU

## 1.1. Povijest i razvoj

Većina upravljačkih sustava temelji se na računalu. Koriste ih mnoge infrastrukture i industrije za praćenje i kontrolu osjetljivih procesa i fizičkih funkcija. Evoluciju automatizacijskih sustava možemo pratiti od prve industrijske revolucije kada je rad ljudi zamijenjen strojevima. S drugom industrijskom revolucijom uvedena je kontrola procesa, čime strojevi dobivaju na važnosti i postaju stalno prisutni. Michael Faraday izumio je elektromotor 1821., a James Clark Maxwell povezo je elektricitet i magnetizam (1861. – 1862.). U drugom dijelu devetnaestog stoljeća imamo nagli razvoj proizvodnje energije i opskrbe električnom energijom s tvrtkama i ljudima poput Siemens, Westinghousea, našeg znanstvenika Nikole Tesle, Alexandera Grahama Bella, Lorda Kelvina i mnogih drugih. Zajedno s razvojem u proizvodnji, prijenosu i distribuciji električne energije kupcima, automatizacija, uključujući daljinsko nadgledanje i upravljanje električnim sustavima, postaje neizbježna.

Evidentno je da je bilo puno metoda daljinskog upravljanja koje su izumljene ranije na polju nadzornog nadzora koji su već zaboravljeni. Tada je kontrola započinjala s operatorom koji je očitavao mjerenje i poduzimao radnje mehaničke kontrole kao rezultat tog mjerenja. Većina ranih patenata izdana između 1890. i 1930. bila je za inženjere koji su radili za telefonske i druge komunikacijske industrije. Skoro svi izumi koji uključuju daljinsko upravljanje pomno su popratili prve automatske telefonske centrale instalirane 1892. godine. Od 1900. do ranih 1920-ih razvijene su mnoge vrste daljinskih upravljačkih sustava.

„Praotac“ modernog SCADA sustava bio je sustav koji je 1921. godine dizajnirao John B. Harlow, automatski je otkrivao promjenu statusa na udaljenoj stanici i onda ju prijavljivao kontrolnom centru. Godine 1923. John Bellamy i Rodney Richardson uspostavljaju sustav daljinskog upravljanja koristeći tehniku "*check-before-operate*" ili „provjeri prije početka rada“ i time osiguravajući valjanost odabrane kontrolne točke prije nego li je stvarna kontrola pokrenuta dok je sustav bilježenja dizajnirao Harry E. Hersey 1927. Godine prateći informacije s udaljenog mjesta te bilježeći svaku promjenu statusa uključujući vrijeme i datum kada je uočena promjena.

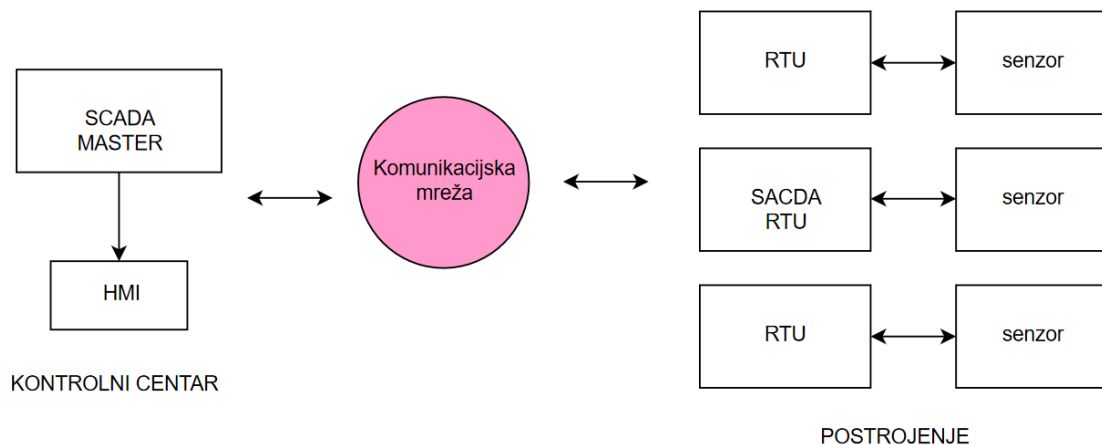
Nadzorni su sustavi evoluirali tako da su koristili poluprovodičke komponente, elektroničke senzore i analogno-digitalne pretvarače. U ovoj evoluciji održavala se ista konfiguracija udaljene terminalne jedinice (engl. *Remote Terminal Unit* tj. RTU). Tvrtke koje su izradile RTU samo su nadogradile svoju tehnologiju ne uzimajući u obzir alternativne načine obavljanja RTU funkcija.

Osamdesetih godina tvrtke za kontrolu procesa počele su primjenjivati svoju tehnologiju i tehnički pristup na 4Power sustav SCADA i pametne mreže SCADA tržište električne energije. Kao rezultat toga, RTU-ovi su koristili logiku zasnovanu na mikroprocesoru za obavljanje proširenih funkcija. Primjena mikroprocesora povećala je fleksibilnost nadzornih sustava i stvorila nove mogućnosti rada.

## 1.2. Princip rada

SCADA sustav posjeduje centralnu stanicu i podstanice koje prikupljaju i šalju informacije i naredbe. Nadalje ima informacijske infrastrukture i lokalnih kontrolera engl. *programmable logic controller* tj. PLC, RTU ili engl. *intelligent electronic device* tj. IED koji primaju signale od senzora. Uvođenje IED-ova i dostupnost brzih komunikacijskih sustava omogućili su prijenos operativnih podataka do glavne stanice SCADA, a neoperativni podaci, uključujući digitalizirane valove, do skladišta podataka poduzeća.

SCADA funkcionira na principu komunikacijske veze počevši od kontrolnog centra do primarnog uređaja ili mehanizmima za izvođenje radnji mehaničkog otvaranja i zatvaranja.



Slika 1. Blokovski shematski prikaz SCADA sustava

Centralna stanica nadzire i motri procese događanja na terenu, a njihov prikaz je vidljiv na korisničkom sučelju te automatizirano ili naredbama pružatelj usluga odgovara na upite druge strane. Podsustavi centralne stanice se sastoje od SCADA servera (MTU), komunikacijskih modema, korisničkog sučelja (HMI), dok stanice znaju imati i dodatne radne stanice (spremište

informacija ili alarmni sustav), a sama centralna stanica je odgovorna za dijagnostiku. Komunikacija može biti ostvarena pomoću optičkih vlakana, radio signala, satelita, Wi-Fi putem i dr. Većina uređaja koji su korišteni u automatizaciji izumljeni su davno kada je bilo puno različitih protokola u istoj industriji koji nisu mogli sporazumijevati. Današnji standardizirani protokoli za SCADA-u su Modbus, DNP3 te protokoli iz standarda IEC. Na slici dolje prikazan je suvremeni SCADA sustav te kako izgleda kada upravlja nekakvim postrojenjem koje kontrolira.



Slika 2. Prikaz suvremenog SCADA sustava [1]



### **1.3. Podjela SCADA sustava**

Danas postoje više tisuća SCADA sustava koji su međusobno potpuno različiti unutar strukture, ali s druge strane posjeduju iste temeljne značajke i namjenu; sustav za nadzor, mjerenje i upravljanje industrijskim sustavima.

Podjela SCADA sustava na tri tipa sustava:

- Integrirana SCADA
- Temeljna SCADA
- Umrežena SCADA

Integrirana SCADA ima višestruke priključne jedinice i distribuirani sustav upravljanja, a primjeri su sustavi za nadzor cesta, sigurnosni sustavi, sustavi za vodoopskrbu i tako dalje.

Temeljna SCADA posjeduje namjenski proces, jednu priključnu i procesnu jedinicu (RTU i MTU). To su primjerice roboti u automobilske industriji ili kontroliranje temperature u prostorijama.

Umrežena SCADA predstavlja mrežu SCADA sustava koja je najbolje vidljiva kroz primjere poput sigurnosnih sustava, komunikacijski sustava te višestruke SCADA-e.

## 2. ARHITEKTURA SCADA SUSTAVA

SCADA sustav se sastoji od slijedećih komponenti:

- Senzora i aktuatora – senzori daju izlazni signal ovisan o ulaznom signalu i početnom zahtjevu, dok je aktuator naprava kojom se na pobudu upravljačkoga signala pokretni dijelovi sustava dovode u željeni položaj
- Udaljene krajnje stanice – po principu „primatelj-davatelj usluga“, udaljena krajnja stranica jest primatelj zahtjeva i usluge koju je tražila od sustava
- Centra upravljanja – centralna stanica i podstanice koje prikupljaju i šalju sve važne informacije i naredbe, također zadužena za dijagnostiku
- Komunikacijske mreže – skup komunikacijskih kanala putem kojih se razmjenjuju poruke, obavijesti, zahtjevi, usluge i ostalo.

### 2.1. Sklopovska arhitektura

Sklopovska arhitektura se sastoji od dva sloja: klijent sloj i server podataka sloj.

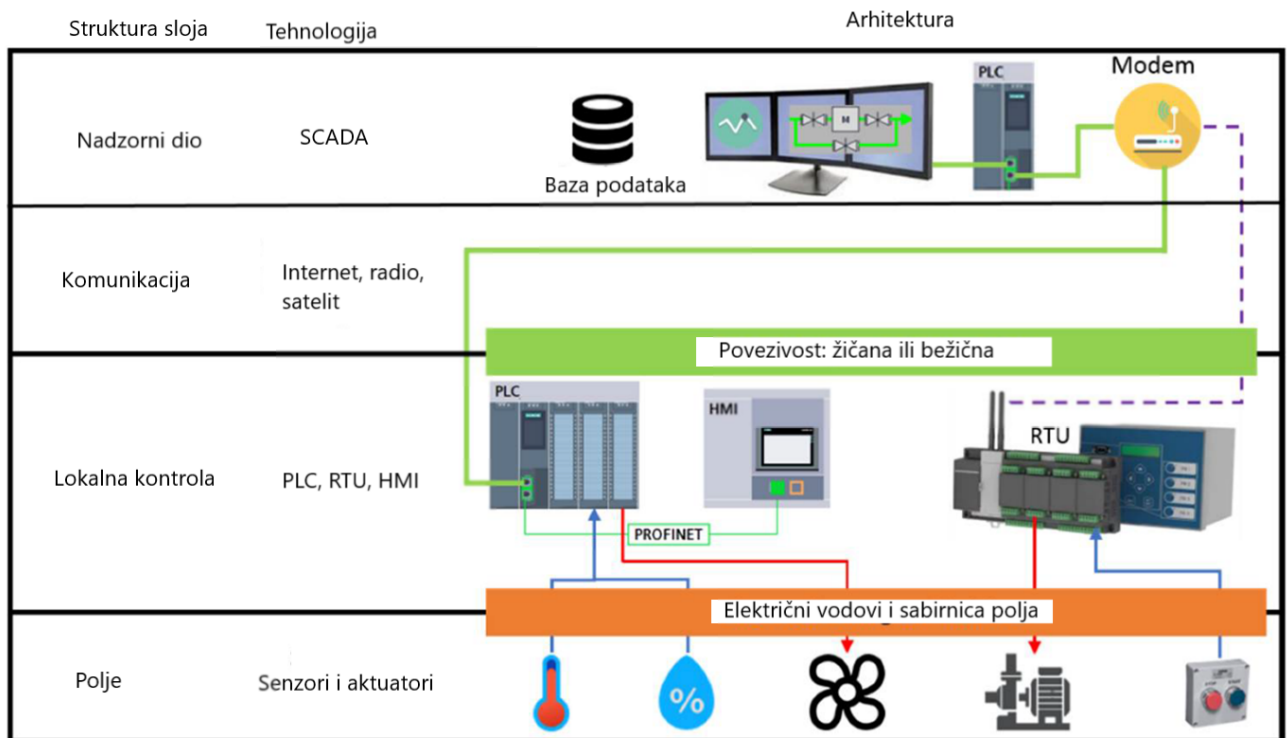
Klijent sloj daje usluge za potrebe komunikacije čovjeka i stroja (HMI). HMI je sučelje koje prezentira informacije dobivene od SCADA sustava davatelju usluga kako bi se moglo upravljati sustavom. Uz to obavještava korisnika i prikazuje liniju ovlasti raznih davatelja usluga. Na primjer, simbol kod pumpe pokazuje kada je ona u načinu radu, a zapisi pokraj spremnika pokazuju mjerene veličine sustava te pružatelj usluga može upravljati pumpom.

Server podataka razmjenjuje informacije sa uređajima preko procesnih kontrolora. Kontrolori procesa, npr. PLC jest poput RTU-u, ali je način funkcija i kontrola dosta moderniji. Oblik mikroprocesorskog kontrolera koristi memoriju za spremanje instrukcija i izvršavanje funkcija kao što su logika, mjerenja, računske operacije s ciljem upravljanja procesa. Može izvršavati jednostavne i složene operacije, nemaju ekran jer je namijenjen upravljanju sustava koristeći jedan program. Za razvijanje programa potrebno je programsko sučelje koje zavisi od proizvođača dok se do podataka s PLC-a se može doći pomoću korisničkog sučelja HMI koje je isto dizajnirano u posebnom programskom sučelju.

RTU je samostalni elektronički uređaj koji prikuplja podatke od okolnih senzora i upravlja aktuatorima, a podatke prenosi dalje centralnoj stanici, dok se danas koristi kada su teški vremenskim uvjetima i u nedostupnim dijelovima svijeta. U odnosu na prvobitne RTU, današnji

imaju dodatne komunikacijske uređaje i mikro kontrolere kako bi dvosmjerna komunikacija bila izvediva.

Na slici ispod je prikazana sklopovska arhitektura.



Slika 3. Prikaz sklopovske arhitekture [2]

## 2.2. Programska arhitektura

Programska arhitektura ima više zadaća i temeljena je na bazi podataka (RTDB) u stvarnom vremenu smještenoj u serverima. Oni su zaduženi za rukovanje i prikupljanje podataka. Umjesto ručnog prikupljanja i arhiviranja podataka, SCADA automatski kompilira i dostavlja informacije o proizvodnim procesima pogona u središte. Još jedan zadatak servera jest zadaća prikupljanja podataka i upravljanje skupom parametarskih podataka, npr. provjera alarma, evidentiranje, arhiviranje te ostalih komponenti. Sustav šalje digitalizirane informacije u stvarnom vremenu, a također automatski sastavlja zaostale podatke o svim prikupljenim podacima radi lakše analize kasnije.

### **2.3. Funkcija SCADA sustava**

Osnovne funkcije SCADA sustava mogu se podijeliti u dvije skupine. Prva skupina je funkcije nadzora koje se nadalje dijele u tri grupe:

- prikupljanje podataka
- obrada podataka
- obrada događaja

Druga skupina se bavi prikupljanjem podataka kod kojih postoji:

- Nadzor daljinskih stanica računala
- Provjera stanja
- Sinkronizacija vremena

SCADA označava nadzornu kontrolu podatka. Kao što naziv govori, nije pun kontrolni sustav, već se usredotočuje na nadzor. Kao takav, radi se o softverskom paketu pozicioniranom na vrhu hardvera s kojim je povezan, općenito putem programskih logičkih kontrolera ili hardverskih modula. SCADA sustavi brzo se razvijaju i sada su prodirući na tržište dosegli brojku od sto tisuća ulazno izlaznih kanala, no razvijaju se i kanali s približno milijun kanala.

### 3. SCADA U ELEKTROENERGETICI

U elektroenergetici SCADA sustav ima široku primjenu, od proizvodnje energije kroz sve korake pa do distribucije što ga čini drugačijim u usporedbi sa sustavom u industrijskim postrojenjima. SCADA sustavi se koriste u skoro svim industrijski procesima, kemijskoj industriji, rafinerije nafte i plina, u sustavu prometa i komunikacija, sustavi radio-veza i multimedijalnih protokola, pročišćavanju voda i vodo opskrbljivanje, sigurnosni sustavi i mnogi drugi.

Energetski SCADA sustavi zahtijevaju pozamašan broj izvještaja vezanih o distribuciji energije sa različitih razina upravljanja koji se smatraju ključnim za rad jednog kvalitetnog energetskog sustava. To su također i najskuplji sustavi.

#### 3.1. Primjena sustava

SCADA sustavi uključuju sljedeće funkcije:

- Automatska kontrola proizvodnje, AGC (engl. *Automatic Generation Control*) - skup opreme i računalnih programa za upravljanje jednom granom s odzivom.
- Izračun ekonomske otpreme, EDC (engl. *Economic Dispatch Calculation*) - raspoređivanje energije sa svih izvora s ciljem smanjivanja troškova.
- Hidrotermalna koordinacija, HC (engl. *Hydrothermal coordination*) - raspoređivanje energije sa svih dostupnih hidroelektrana.
- Zakazivanje transakcija razmjene, ITS (engl. *Interchange Transaction Scheduling*) - osiguravanje i omogućavanje dovoljnog kapaciteta za ulaznu energiju u sustavu.
- Dosljednost jedinice, UC (engl. *Unit Commitment*) - izračunavanje potrebnog vremena pokretanja i učitavanja sustava.

SCADA sustavi također uključuju funkcije energetskog kontroling sustava:

- Analiza kontigencije, CA (engl. *Contingency Analysis*) - modeliranje proizvodnih jedinica radi proučavanja njihovog utjecaja na napon sabirnice i stabilnost sustava
- Mrežni konfigurator /Topološki procesor, NC/TP (engl. *Network Configuration / Topology Processor*) - analiziranje stanja prekidača i obavljanje mjerenja za automatsko određivanje trenutnog modela sustava

- Optimalni protok energije, OPF (engl. *Optimal Power Flow*) - predstavlja problem određivanja najboljih razina rada kako bi se zadovoljili zahtjevi koji se postavljaju u cijeloj prijenosnoj mreži, obično s ciljem smanjenja operativnih troškova.
- Državna procjena, SE (engl. *State Estimation*) - obrađivanje nepotrebnih informacija za dobivanje procjene stanja sustava
- Trofazni uravnoteženi protok snage, TPBPF (engl. *Three-Phase Balanced Power Flow*) - informacije o naponu na sabirnicama u elektroenergetskom sustavu.

### **3.2. Primjena SCADA sustava u hrvatskom elektroenergetskom sustavu**

Izgradnja prvog sustava daljinskog vođenja u Hrvatskoj elektroprivredi zbilila se početkom 1980. godina prošlog stoljeća. U Nacionalnom dispečerskom centru uvedeno je tehnološko rješenje SCADA/EMS programskih sustava francuske kompanije. Istodobno je u svakom centru daljinskog nadzora i upravljanja primijenjen programski sustav SCADA čiji je proizvođač bio Končar. Tada je to bilo jedno od najsuvremenijih rješenja, dok je danas to zastarjeli način. [3]

Zadnjih nekoliko godina se u sklopu revitalizacije tehnološke opreme išlo prema ugradnji distribuiranih sustava lokalnog nadzora i upravljanja izvedenih u digitalnoj tehnologiji. Tako je "staromodni" francuski programski i računalni sustav 2000. godine zamijenjen programskom potporom SCADA 11D/R (proizvodnje Končar), na računalnoj platformi PDP-11. [3]

Krajem 2018. godine HEP-ODS i Končar-KET potpisali su ugovor o ujedinjenju dispečerskih upravljačkih centara (DUC) u nadređene distribucijske dispečerske centre (DDC). Ukupno 17 DUC-eva će biti sjedinjeno unutar 4 DDC-a u Zagrebu, Rijeci, Splitu i Osijeku. U 11 DUC-eva je Končarev PROZA NET postojeći SCADA sustav. Ovom reorganizacijom HEP-ODS-u će smanjiti broj SCADA sustava, unaprijediti postojeće komunikacijske veze te ujednačiti nazive i obrade podataka u nekim regijama. Nadalje, mogu se očekivati tehnički preduvjeti za upravljanje mrežom i napredne funkcije nadzora. [4]

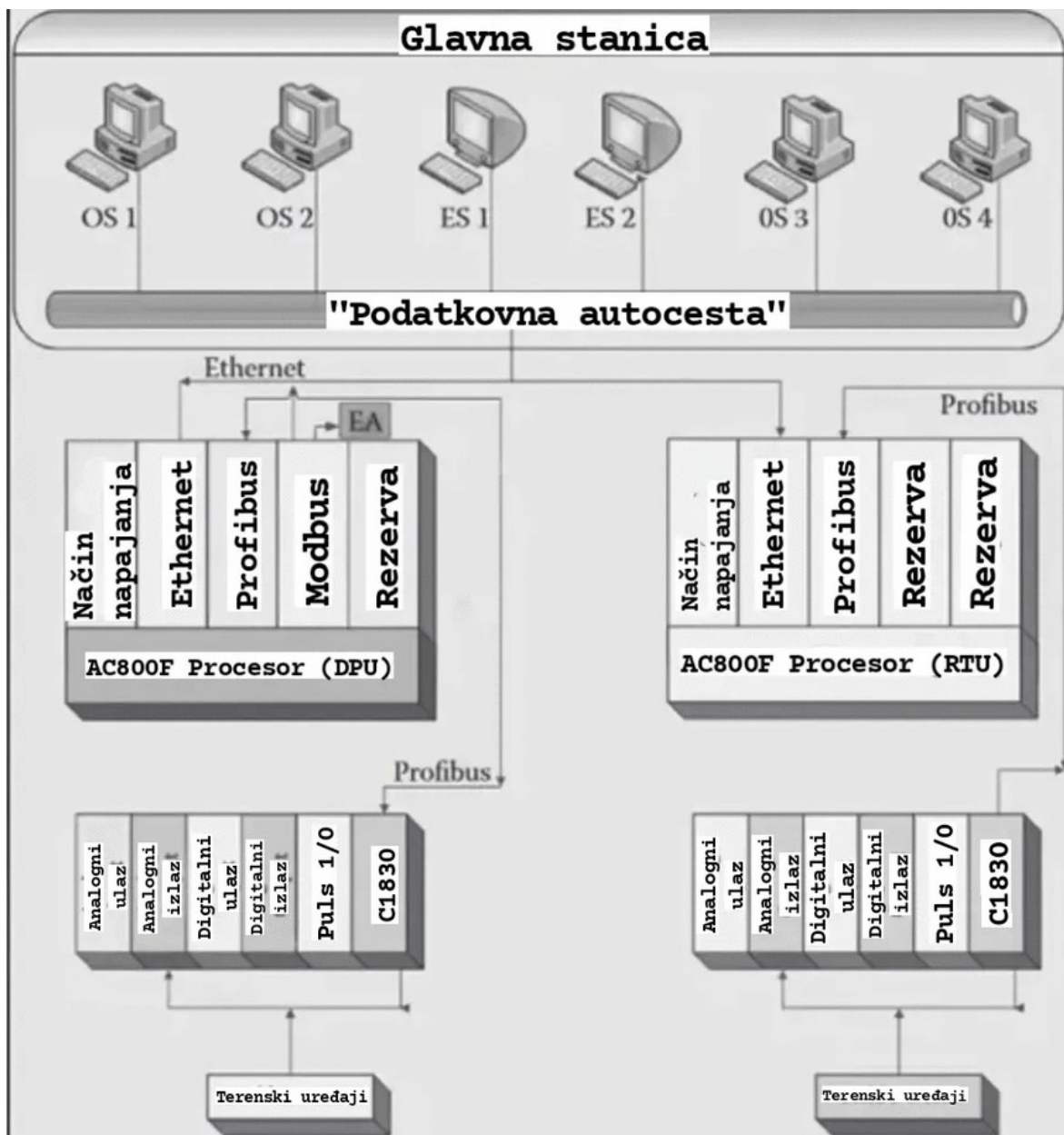
### 3.3. SCADA laboratorij

SCADA sustavi koriste se širom svijeta u raznim aplikacijama automatizacije te automatizacije malih proizvodnih jedinica. SCADA sustavi, iako ih industrija u velikoj mjeri koristi, vlasništvo su svake tvrtke, pa je stoga vrlo malo tehničkih detalja dostupno studentima i istraživačima. Postavljanje laboratorija SCADA u Indiji bilo je od velike važnosti jer se time pružaju istraživački kapaciteti u obliku hardvera i softvera za prilagodljivo i inteligentno upravljanje integriranim sustavima napajanja.

SCADA sustavi imaju sljedeće četiri komponente:

- Glavna stanica - predstavlja zbirku računala, perifernih uređaja i odgovarajućih sustava koji omogućavaju operaterima da nadgledaju stanje elektroenergetskog sustava (ili procesa) i kontroliraju ga.
- Udaljena terminalna jedinica (RTU) - RTU djeluje poput "očiju, ušiju i ruku" SCADA sustava. RTU skuplja sve terenske informacije s različitih terenskih uređaja, obrađuje ih i prenosi relevantne podatke glavnoj stanici. Istodobno, distribuira kontrolne signale primljene od glavne stanice na terenske uređaje.
- Komunikacijski sustav: To se odnosi na komunikacijske kanale koji se upotrebljavaju između RTU-a i glavne stanice gdje propusnost kanala ograničava brzinu komunikacije.
- „Čovjek-strojno“ sučelje (HMI): HMI se odnosi na sučelje potrebno za razmjenu između glavne stanice i operatora ili korisnika SCADA sustava.

Laboratorij SCADA ima sve gore navedene komponente sustava s mrežnim uređajima za nadzor i kontrolu. Laboratorij je postavljen s ciljem pružanja studentima i inženjerima praktičnih praksi praktičnog iskustva učenja na SCADA sustavima i njihovih primjena na upravljanje, nadzor i upravljanje automatiziranim sustavom, s posebnim naglaskom na električnu energiju sustav. Laboratorij SCADA koristi jedinstvenu kombinaciju hardvera i softvera za automatsku automatizaciju, integriran s terenskom opremom koja se odnosi na elektroenergetske sustave. Laboratorij se koristi posljednjih 10 godina za istraživanje i obuku u industrijskoj automatizaciji, kao i automatizaciji napajanja. Jedna od jedinstvenih značajki SCADA laboratorija koja ga čini jednim te vrste je uporaba distribuiranog sustava za obradu koji podržava globalnu bazu podataka.



Slika 4. Prikaz SCADA laboratorija [5]

Glavna stanica ima 12 inženjerskih konzola za provedbu projekta i jednak broj upravljačkih konzola za nadzor sustava. SCADA hardver uključuje distribuiranu procesorsku jedinicu (DPU), RTU i niz analognih, digitalnih i impulsnih U / I jedinica i terensku opremu. DPU je konfiguriran oko 32-bitnog računara s ograničenim skupom naredbi (RISC ) procesor AC800F.

Može podržavati do 100 RTU-ova bez master-a. Trenutno postoji samo jedan RTU koji komunicira s DPU-om. DPU ima sposobnost rukovanja s više od 1000 ulaza i izlaza, a trenutno je konfiguriran za 216 ulaza i izlaza (digitalni, analogni i impulsn). Jedinice RTU, DPU međusobno su povezane preko modula Profibus. DPU ima Modbus modul za namjensku komunikaciju s IED-



ovima, u ovom slučaju analizator energije. Laboratorij uključuje umrežavanje industrijskih standarda. Ethernet podatkovna cesta koja radi na 10 Mbps i trenutno podržavajući mrežu od 10 upravljačkih stanica i dvije inženjerske stanice, zajedno s DPU-om i RTU-om, sve povezane u sabirničkoj topologiji.

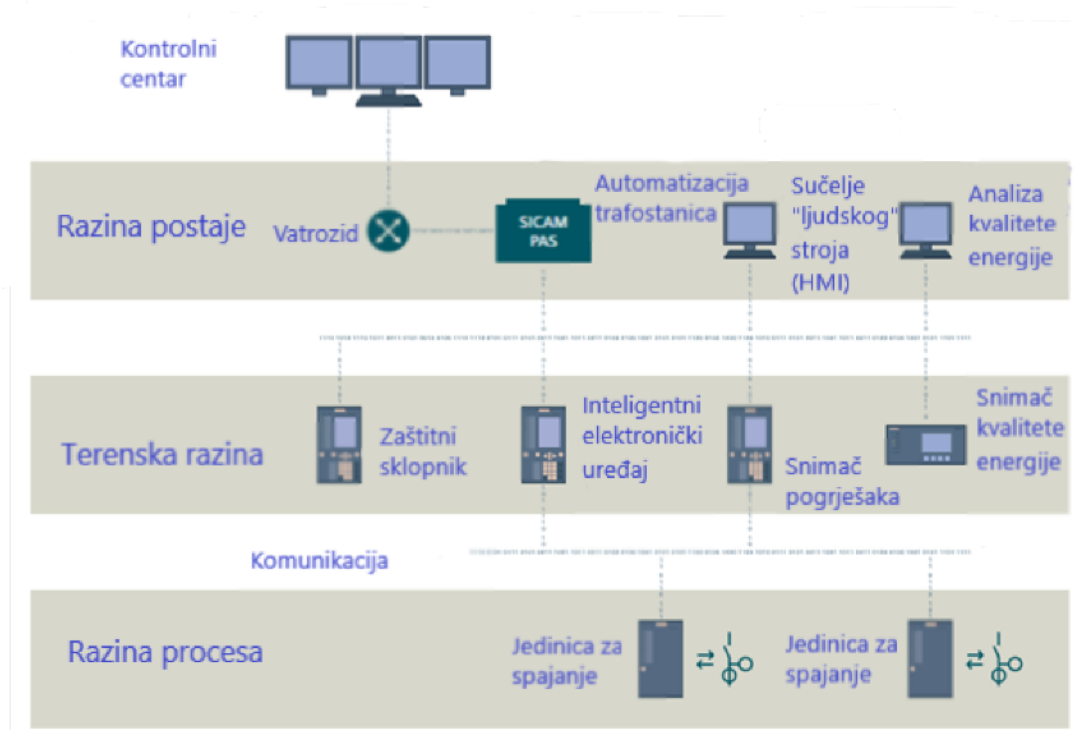


Slika 5. Prikaz rada u SCADA laboratoriju [6]

## 4. PRIMJERI I PRIMJENA SCADA SUSTAVA

### 4.1. Sustav SICAM PAS

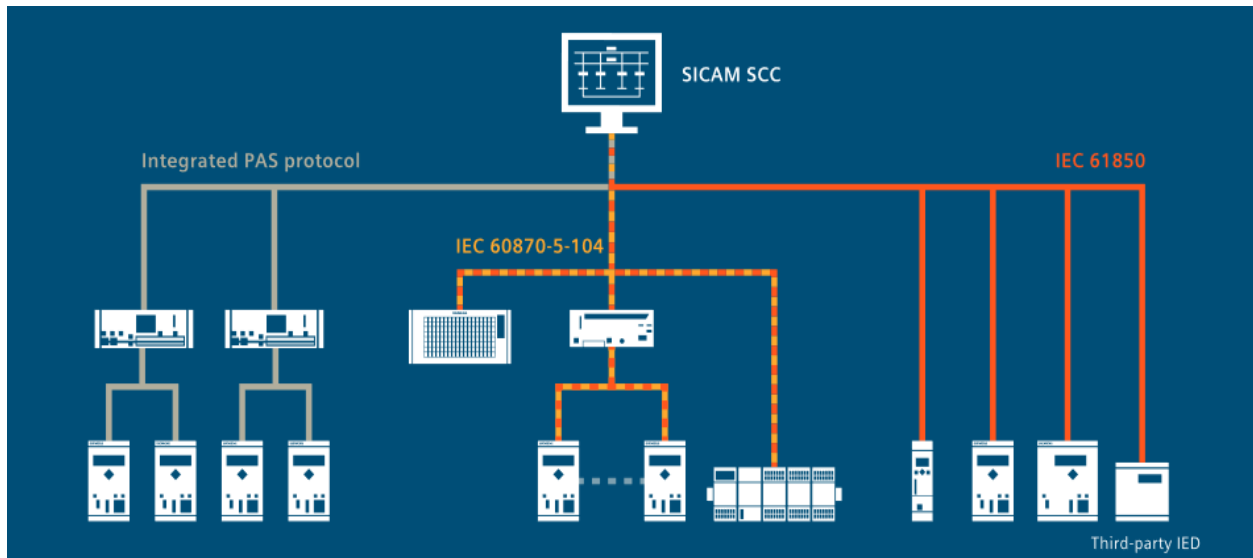
Već nekoliko godina proizvodnja i distribucija električne energije trpe velike promjene. Sustavi koji se koriste za nadzor opreme i procesa napajanja moraju uzeti u obzir ove promjene. Kada se koriste novi proizvodi, jednostavnost korisnika, lako inženjerstvo, višestruko povezivanje s različitim komunikacijskim medijima i proširivost važne su značajke. SICAM PAS (Sustav automatizacije napajanja) zadovoljava sve zahtjeve koji se postavljaju pred distribuirani sustav upravljanja podstanicom. Među mnogim drugim standardiziranim komunikacijskim protokolima, SICAM PAS posebno podržava standard IEC 61850 za komunikaciju između podstanica i IED-ova. SICAM PAS je otvoreni sustav i uz standardizirane procese prijenosa podataka ima korisnička sučelja koja koristi za integraciju zadataka i nudi više pogodnosti kod automatizacije. Stoga se SICAM PAS s lakoćom uključuje u već postavljene sustave te se koristi za implementaciju sustava. S modernom dijagnostikom optimalno podržava puštanje u rad i održavanje. SICAM PAS je jasno strukturiran i pouzdan, zahvaljujući svom otvorenom, potpuno dokumentiranom i testiranom sustavu. [7]



Slika 6. Prikaz načina funkcioniranja SCAM PASS sustava [7]

## 4.2. Sustav SICAM SCC

SICAM SCC (Substation Control Center) predstavlja vizualizaciju procesa namijenjenu sustavima za distribuciju i prijenos električne energije. Sustav vizualizacije i upravljanja procesom središnji je element distribucije i prijenosa električne energije. [8]



Slika 7. Prikaz načina funkcioniranja SCAM SCC sustava [8]

Vrlo je važna komponenta rješenja za automatizaciju napajanja. Neovisno o iskorištenoj podstanici, SICAM SCC može se koristiti s oba sustava automatizacije napajanja; SICAM PAS te s proizvodima iz obitelji SICAM RTU. SICAM SCC može izravno komunicirati s ležištem i zaštitnim uređajima koji podržavaju komunikacijski standard IEC 61850 i za to se može koristiti kao HMI sustav za više uređaja. Također je prilagodljiv za pojedinačne primjene i podržava učinkovito inženjerstvo za rješenja za automatizaciju energije u elektroenergetskim poduzećima i industriji.

Izvorni vremenski žigovi zapisuju se na popise indikacija u razlučivosti kako su generirani na uređajima. Svaka se indikacija prikazuje s nizom dodatnih informacija. Oni pružaju informacije o ažurnosti informacija u slučaju kvara uređaja ili komunikacije ili aktivne blokade ležišta ili blokade daljinskog upravljanja. Uz to, navode uzrok promjene statusa (spontani, naredbeni) i u slučaju naredbe, daju informacije o izvoru operacije (lokalno, udaljeno). Uz indikacije procesa, bilježe se i indikacije naredbi. Svaka operacija naredbe tako je dokumentirana u potpunosti i detaljno, od pokretanja naredbe od strane operatora do izlaza naredbe i povratne informacije iz procesa nakon promjene statusa upravljane rasklopne opreme.

Razmjena podataka s povezanim podstanicama često uključuje nekoliko tisuća indikacija, izmjerenih vrijednosti i naredbi. SICAM SCC nudi čarobnjake koji znatno olakšavaju konfiguraciju takvih podataka. Alati za konfiguraciju (engl. *SICAMPAS UI Configuration*, *SICAM TOOLBOX II*) pružaju traženi opis podataka procesa u elektroničkom obliku i mogu se prikladno uvesti pomoću SCC čarobnjaka. Tako se izbjegavaju suvišni unosi podataka.

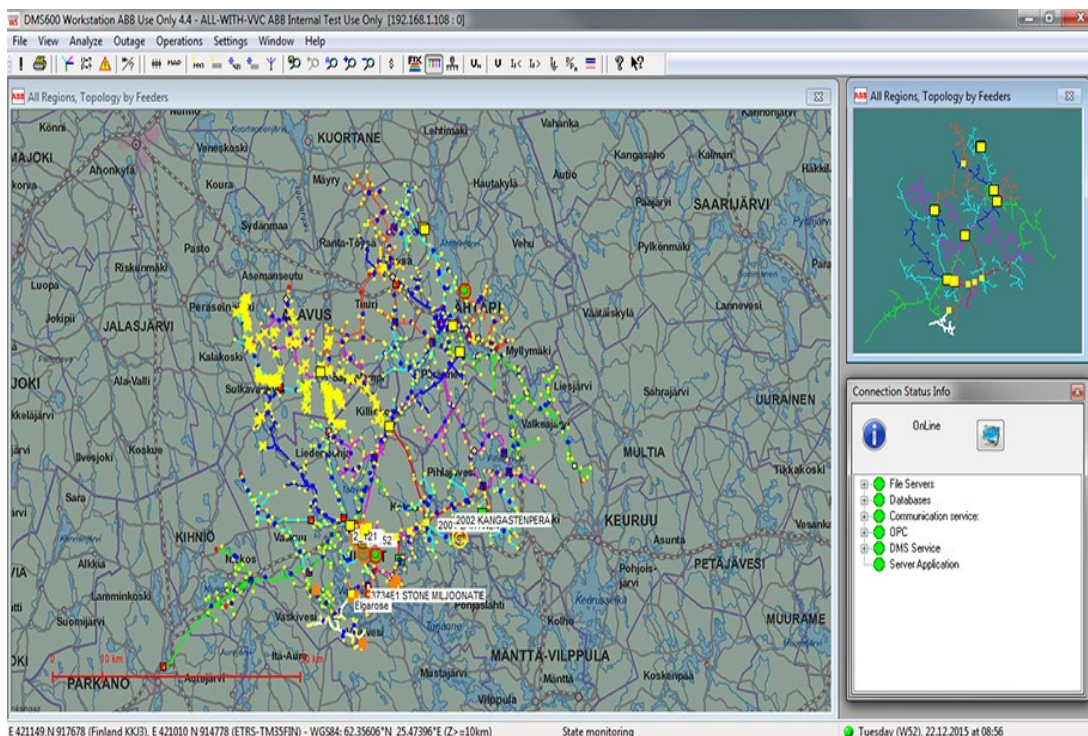
Kontrole se koriste za upravljanje i nadgledanje rasklopnog uređaja na potpuno grafičkim procesnim slikama (jednoredni dijagrami). Ovi objekti rasklopnih uređaja podržavaju 4 različita načina prikaza (IEC, DIN, SINAUT LSA, SICAM) za prekidače i rastavljače. Osim toga, bitne slike specifične za projekt mogu se definirati tako da predstavljaju uređaje rasklopnih uređaja i povezuju ih s objektima. Treperenje zadane vrijednosti i spontano treptanje plus prikaz različitih uređaja i komunikacijskih stanja (npr. Ažurirano / neažurno, blokiranje ležišta i blokiranje daljinskim upravljačem) podržani su s ciljem pružanja pouzdane vizualizacije. Izmjerene vrijednosti i stanja rasklopnih uređaja, koji se više ne ažuriraju zbog kvara uređaja ili komunikacije ili aktivne blokade ležišta, mogu se ručno ažurirati iz upravljačke stanice SICAM SCC. Topološko bojanje dostupno je za vizualno prikazivanje postupka s jednostrukim dijagramima.

### 4.3. Sustav MicroSCADA PRO

MicroSCADA PRO sustav u svom načinu rada ima dva servera za komunikaciju unutar mreže sa razvijenom tehnologijom. Moguće je postaviti sustav na Microsoft Windows operacijski sustav. Obitelj proizvoda usmjerena na automatizaciju elektroenergetskih sustava kao što su automatizacija trafostanica, električni SCADA, programi upravljanja distribucijom i industrijsko upravljanje energijom.

Omogućuje kontrolu nad sustavom za distribuciju napajanja bilo gdje i bilo kada. Pruža svestranu SCADA funkcionalnost i modernu funkcionalnost sustava za upravljanje distribucijom (DMS) čvrsto integrirane u isti sustav. Nudi kontroliranje postupak, upravljanje na terenu i pružanje izvanredne usluge kupcima s jednim sustavom. MicroSCADA Pro pruža svu funkcionalnost koja se očekuje od modernog SCADA / DMS sustava.

Funkcionalnost se temelji na naprednim i provjerenim algoritmima, poput mjesta kvara, kao i za obnavljanje i modifikaciju mreže. Tradicionalna SCADA funkcionalnost, poput mrežnog nadzora mreže, dopunjena je naprednom bazom podataka DMS mreže. To omogućuje nove aplikacije u stvarnom vremenu za poboljšano nadgledanje i upravljanje prekidom rada. Također se može trenutno odrediti mjesto kvara duž ulagača i prikazati točno mjesto kvara na zemljopisnoj karti.

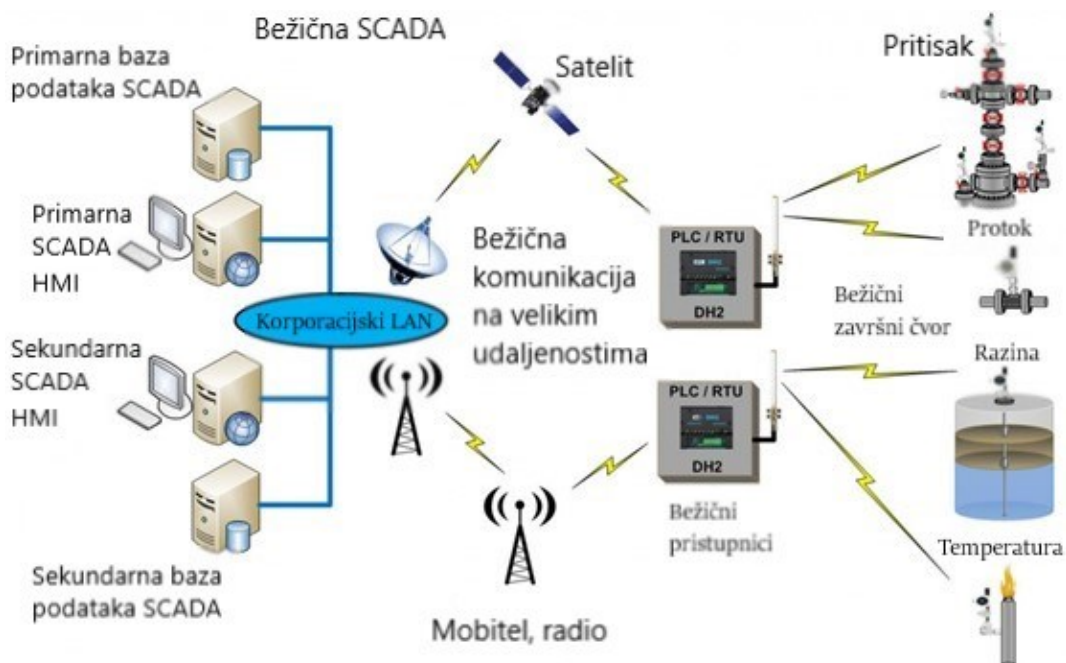


Slika 8. Primjer prikaza točnog mjesta rada na zemljopisnoj karti [9]

Koristeći MicroSCADA Pro, operater može nadzirati stanje mreže i povezana mjerenja, a zatim izvoditi potrebne kontrole. Svestrani prikazi, popisi i alati za mrežno praćenje, pronalaženje komponenata i izvještavanje pružaju potrebne informacije različitim korisnicima. Čitava mreža može se pregledati na detaljnim geografskim kartama u rasterskim i vektorskim formatima, kao i na shematskom dijagramu. Zumiranje i pomicanje omogućuju jasniji pregled i mogućnost da se korisnici usredotoče na određeno područje kako bi dobili detaljne informacije.

Funkcije su dostupne putem zaslona, karata i shematskih prikaza mreže. U geografskim pregledima nekoliko slojeva karte može se koristiti za pružanje potrebnih detalja. Također nudi moderne, za upotrebu spremne inženjerske uređaje za systemske integratore koji se sastoje od kompletnog inženjerskog alata i knjižnica koje uključuju kontrolne dijaloške okvire i simbole za procesne objekte. Oni ubrzavaju, na primjer, konfiguraciju sabirnice i bojanje mreže.

SCADA tehnologija se najbolje primjenjuje na procese koji su rasprostranjeni na velikim površinama, relativno jednostavni za kontrolu i nadzor te zahtijevaju čestu, redovitu ili neposrednu intervenciju. SCADA sustav ima raznoliku primjenu i upotrebu u raznim sustavima. Na slici dolje prikazan je primjer sustava koji nudi rješenja za bežičnu zaštitu od kvarova, bežičnu kontrolu ventila i bežično isključivanje u nuždi (ESD). Slika u nastavku prikazuje osnovni bežični SCADA s novim integriranim instrumentima bežičnog završnog čvora.



Slika 9. Prikaz primjera primjene SCADA sustava [10]

#### 4.4. SCADA kompanije diljem svijeta

Na tržištu postoji preko tisuću kompanija i proizvođača koji nude usluge i proizvode vezane za SCADA sustave, preko izrade sustava, konfiguracija, raznih tečajeva te pomoći prilikom kvara i ponovnog instaliranja programa. Prema podacima na stranici Venture Radar, u donjoj tablici su prikazani nazivi vodećih kompanija i njihove lokacije te godine osnivanja. Vidljivo je kako kompanije nisu samo u jednom području već ih je lako pronaći što govori kako je danas SCADA sustav vrlo tržišno dostupan.

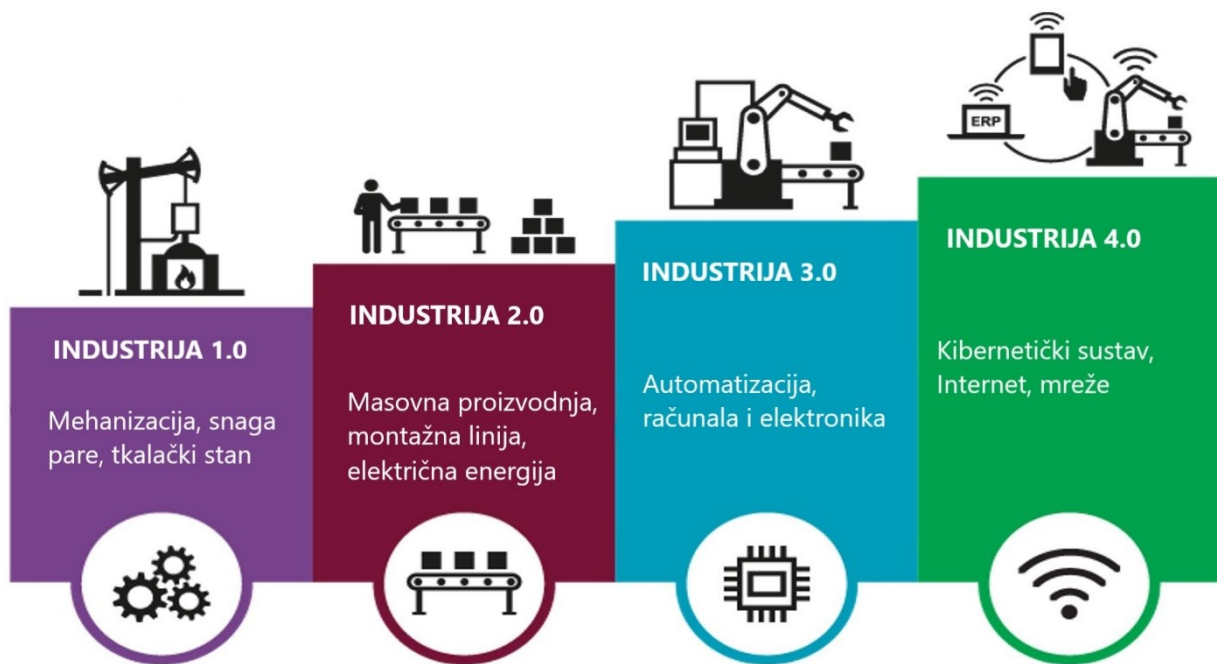
| KOMPANIJA                      | LOKACIJA         |
|--------------------------------|------------------|
| Darktrace (2013.g)             | Velika Britanija |
| Privitar (2014.g)              | Velika Britanija |
| Scadafence (2014.g)            | Izrael           |
| Real-Time Innovations (1991.g) | SAD              |
| Assystem (1966.g)              | Francuska        |
| Oq Technology (2015.g)         | Luxembourg       |
| Ambyint (2004.g)               | Kanada           |
| ABB (1883.g)                   | Švicarska        |

Tablica 1. Prikaz proizvođača diljem svijeta [11]

## 5. PREDNOSTI I MANE SCADA SUSTAVA

### 5.1. Dostupnost u svakom trenutku

U svijetu industrije SCADA sustavi imaju veliku primjenu, preko vodenih sustava i sustava otpadnih voda, električni sustava za proizvodnju, prijenos i distribuciju energije, naftnih i plinskih sustava, sustava proizvodnih pogona pa sve do sustava za proizvodnju hrane te sustava za masovni tranzit. Potreba za sustavom poput SCADA sustava razvila se napretkom i visokim dostignućima same industrije, što je vidljivo i na slici ispod.



Slika 10. Prikaz razvoja industrije [12]

Više od 1.000 inženjera u preko 50 lokalnih inženjerskih centara umreženo je i podržava upite na lokalnom jeziku operatera koji zatraži pomoć. Uz to postoje standardni tečajevi i prilagođeni programi obuke kako bi inženjeri i operateri mogu u potpunosti voditi, raditi i uređivati SCADA programe. Također, postoje različiti simulacijski sustavi SCAD-e koji se mogu implementirati prema zahtjevima ili pomoću standardne demonstracijske aplikacije. Tada sustav simulacija omogućuje prikaz različitih vrsta mrežnih uvjeta i situacija. Kao rezultat toga, osoblje će biti dobro pripremljeno za rukovanje sustavom tijekom svakodnevnog rada, kao i za upravljanje bilo kojom vrstom poremećaja i novonastalog problema.



## 5.2. Funkcionalnost sustava

Sustav MicroSCADA Pro SCADA / DMS učinkovito koristi i pročišćava podatke iz procesa, omogućujući pristup važnim informacijama. Napredna kategorizacija podataka i određivanje prioriteta osiguravaju da operateri dobivaju pravu količinu relevantnih informacija u svim situacijama. Budući da se podaci kontinuirano bilježe, operateri ne moraju svakodnevno očitavati i bilježiti očitavanja brojila. Ne moraju pratiti stotine listova dnevnika jer je bilo koji traženi podatak zabilježen u SCADA sustavu te mu se može vrlo lako pristupiti i ako je potrebno preuzeti za daljnje korištenje. To ne znači da su svi podaci dostupni svim korisnicima, već informacije važne za poslovanje imaju ograničeni pristup zbog opasnosti kako ne bi došli u ruke konkurenciji ili drugim problematičnim subjektima. Korisnički prilagođen koncept MicroSCADA Pro povećava produktivnost i kvalitetu operacija sustava. Funkcionalnost sustava omogućuje kasnije i laka proširenja te nadogradnje.

SCADA sustavi su neophodne komponente u brojnim industrijama. Međutim, s vremena na vrijeme ih je potrebno ažurirati kako bi se iskoristile prednosti novih značajki. Ako se dogodi da se sustavom upravlja nekim zastarjelim ili bez SCADA sustava, dužno je provjeriti i instalirati neke od novijih SCADA značajki. Ispravni SCADA sustav čini sustav upravljanja pouzdanijim i profitabilnijim.

Neovisno o kojoj vrsti tehnologije se radi, uvijek sa sobom donosi neke izazove te je uvijek bitno imati na umu neke stavke i pokušati osigurati i zaštititi sustav na najbolji dostupni način.

## 5.3. Napad na sustav

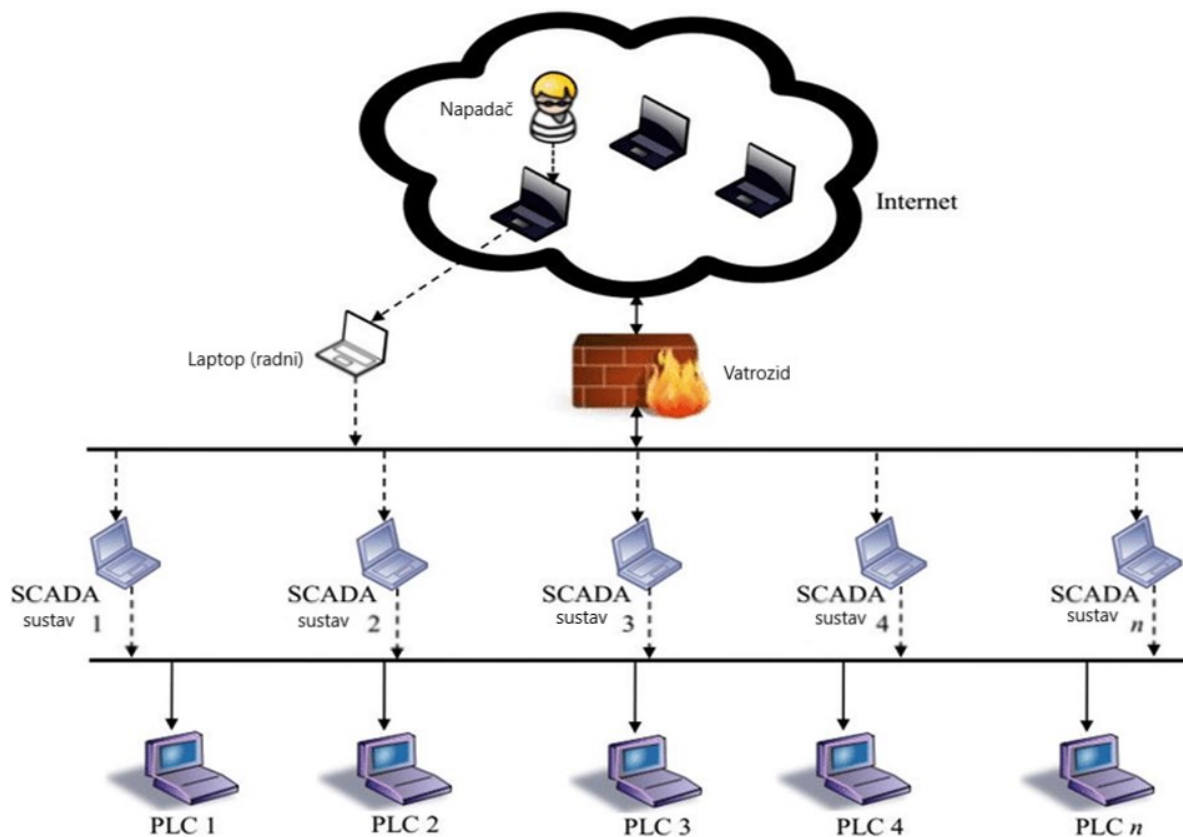
Nakon tragedije<sup>1</sup> 11. rujna i uz sve veću prijetnju od cyber terorizma, postavilo se vrlo važno pitanje u vezi s ranjivošću računalnih nadzornih sustava (SCADA) koji se koriste za praćenje i kontroliranje svjetski sustava za distribuciju vode, naftovoda i plinovoda i električne mreže. O ovoj je temi puno rečeno i napisano, ali nema jedinstvenog odgovora na pitanje. Ovisno o određenim karakteristikama datog SCADA sustava, on je manje ili više podložan takvom napadu. Arhitektura takvih sustava evoluirala je, zajedno s računalnom tehnologijom, tijekom posljednjih dvadeset godina, a sadašnji projekti, iako fleksibilniji i funkcionalniji, i dalje su ranjaviji. Također je važno razumjeti da napad na takav sustav može doći iznutra jednako kao napad i iz vanjskog

---

<sup>1</sup> Niz koordiniranih napada protiv Sjedinjenih Američkih Država

izvora. U cilju je naravno smanjivanje ili eliminiranje mogućnosti takvih napada. Na prikazu dolje je shemu napada na sustav gdje je vidljiv napadač koji preko svog računala pokušava probiti engl. *firewall* sustava.

Cyber napad na SCADA sustav može biti od hakera koji pokušava dokazati da može proći kroz obranu, pa sve do terorista koji želi oštetiti glavni cjevovod za transport naftnih derivata. Moguće je da bi netko mogao organizirati napad u industrijske svrhe ili da bi generirao "lažne" podatke SCADA sustavu. Najozbiljnije su prijetnje one koje namjeravaju ili ozbiljno onemogućiti sustav (što bi moglo uključivati generiranje lažnih podataka, tako da operateri ne budu svjesni problema u razvoju) ili one koje pokušavaju narediti sustavu da nanese štetu procesu ili opremi koja se kontrolira slanjem nepravilne komande upravljanja. Neki SCADA sustavi konstruirani su za preživljavanje prirodnih katastrofa, zbog čega je manja vjerojatnost da će potpuno propasti u cyber napadu. [13]



Slika 11. Primjer napada na SCADA sustav [14]

## 5.4. Rad i briga oko sustava

Važno je napomenuti značajno početno ulaganje. Najbolji sustavi za praćenje i upravljanje nisu besplatni te zahtjevaju veće početno ulaganje (ovisno o tome koliko udaljenih web mjesta jest potrebno). Inženjeri ukazuju na posjedovanje SCADA sustava, ali dio svjetske populacije SCADA sustave vidi kao sustav koji im nije nužno potreban.

SCADA-ina sustavi su manje pouzdani od distribuiranih sustava upravljanja (eng. DCS) i sustava zasnovanih na programibilnom logičkom kontroleru (eng. PLC) jer se sustavi ažuriraju prilično često kako bi se dodale ili promijenile oznake, mjerne jedinice, skripte, alarmi i sinoptički podatci što znači da se SCADA programi moraju često ponovno pokretati.

Obično se to izvodi na operacijskim sustavima Windows-a, pa se često i ponovno pokreću kako bi se primijenile sigurnosni i drugi instalacijski zadaci. SCADA sustavi izgrađeni su na nekoliko modula koji izvršavaju različite zadatke što naravno donosi preopterećenje i odbacivanje komunikacijskih zadataka zaduženih za napajanje toka podataka.

Još jedan problem o kojem se mora razmisliti je da SCADA oprema neće vječno trajati. To znači da će proizvođači sustava morati zaustaviti proizvodnju i prestati pružati podršku za takvu opremu kad u rad dođu nove verzije. To podrazumijeva ulaganje u novu tehnologiju jer neće biti praktično nastaviti upotrebljavati zastarjelu opremu. Važno je još imati na umu da prelazak na novu SCADA opremu može biti ometajući i skup.

## 6. BUDUĆNOST SCADA SUSTAVA

Kako se zajednica i svijet razvijaju, mnogi primjećuju određeni napredak postignut u vezi sa sigurnosnim ranjivostima, istraživanjima i otkrivanjem, zajedno s mnogim zanimljivim problemima. Prepoznaje se da sigurnosni zahtjevi okoline SCADA kontrolnih sustava nikada nisu niti će biti definirani slično onim sigurnosnim zahtjevima koji se koriste za domenu informacijske tehnologije (IT). Za razliku od IT domene, u kojoj se jednostrano primjenjuju primarna načela sigurnosti, unutar domene SCADA kontrolnih sustava primjenjuju se samo načela dostupnosti i integriteta.

Budućnost kontrolnih sustava i SCADA zaštite ima nekoliko značajnih područja. Iako je nedostatak provjere autentičnosti kontrolnih sustava dobro poznat, a razvoj standardnih značajki sigurne provjere autentičnosti tek počinje dosezati nivo, na tržištu još uvijek postoje brojna pitanja u vezi s kontrolom pristupa i upravljanjem. Mali problemi su samo dio većeg problema koji uključuje upravljanje zakrpama i nadogradnjom. Čini se da većina ljudske populacije zaboravlja da SCADA ili industrijski nadzorni sustav nije samo postrojenje. Analogno je autopilotu zrakoplova. Kontrolni sustav mora raditi u granicama u kojima je dizajniran. Pokretači i senzori procesa možda nisu sigurni za rad, ali malo toga mogu inženjeri upravljačkih sustava ili procesni IT stručnjaci napraviti u kratkom vremenskom periodu.

Cijelo se pitanje svodi na pitanje kako najbolje upravljati složenošću sustava. Zapravo koristimo procesorski ekvivalent velike parne turbine za premještanje sportskog automobila. Možda je odgovor prilagoditi procesor procesu. Mnogi počinju preispitivati što je to upravljački sustav i pitaju se zašto koristimo konvencionalne mikroprocesore, softver i slično. Vidljivo je kako su se upravljački sustav fragmentirali u nekoliko pravaca: čipovi s poljima (FPGA), jednostavni mikrokontroleri i složeni ugrađeni procesori s opsežnim operativnim sustavima u stvarnom vremenu. Novije tehnologije, poput FPGA čipova sa značajnom procesorskom snagom, promijenili su opseg tehničkih troškova.

Nije preteško shvatiti zašto neki počinju preispitivati potrebu za velikim, napuhnutim operativnim sustavima u stvarnom vremenu. Alternativa korištenju obrambenog kodiranja s malim mikrokontrolerima ili dizajnom temeljenim na FPGA-i možda će biti prikladnija za zadovoljavanje potreba ovog tržišta. Zapravo, iako je nešto manje posla kada operativni sustav izvršava ulazno izlazno rukovanje, ranjivosti koje se mogu uvući počinju natjeravati da se postavi pitanje koliko se učinkovito oslanjaju na rad onih nepoznatih.

Mali tim hardverskih i softverskih inženjera, koji rade s jednostavnom opremom, mogu izraditi vrlo uske dizajne koji možda više odgovaraju potrebama industrije. Nadalje, ako se svi odjave sa svog rada i održavanjem pune sljedivosti tog djela, ovi će dizajni postati mnogo stroži i izdržljiviji te smanjiti mogućnost mrtvog koda neke vrste zlonamjernog softvera. Kao zajednici, potrebno je više edukacije i tečajeva za osvješćivanje, podučavanje vlasnika i operatera o nepoznatim prijetnjama kroz simulirane scenarije, poboljšanje dizajna onih upravljačkih sustava koji kontroliraju gotovo sve što se ponavlja i automatizira, te uspostavljanje veće fleksibilnosti i suradnje između vlade i istraživača.

## 7. ZAKLJUČAK

SCADA sustavi dizajnirani su da prate najnovija tehnološka dostignuća. Nekad su dizajnirane na način upravljačkog sustava s dovoljno kabelaške veze, ali sada je sustav kontrola zasnovana na webu. Korištenje internetskih kontrolnih sustava ima prednosti i nedostatke. Sustav koji je poput već spomenute „simbioze“ čovjeka i stroja predstavlja programski paket naslonjen na sklopovlje, a napretkom računala sve se više koristi uz upotrebu protokola. Iz druge perspektive, budućnost upravljačkih sustava i SCADA sigurnosti ima nekoliko područja značajnog razvoja. Iako je nedostatak autentifikacije protokola upravljačkih sustava dobro poznat, a razvoj standardnih značajki sigurne provjere autentičnosti tek počinje dostizati SCADA na tržištu, postoji još mnogo pitanja u vezi s kontrolom pristupa i upravljanjem ključem.

Dobavljači SCADA sustava, kao i svjetska populacija, nikada nisu pomislili da bi se mogao dogoditi već spomenuti teroristički napad. Stoga nitko nije dizajnirao SCADA sustave s integriranom zaštitom od cyber napada već da budu tolerantni prema manjim ljudskim pogreškama. Danas korištena tehnologija SCADA sustava puno je više osjetljivija na usklađeni cyber napad, uglavnom zbog usvajanja IT tehnologija<sup>2</sup> i standarda u dizajnu takvih sustava. Većina stariji sustavi bili bi gotovo imuni na udaljeni cyber napad ili bi ih bilo puno teže napadati pomoću konvencionalnih metoda napada na sustav (engl. *hacking*). Zbog toga je IT svijet razvio niz tehnologija i tehnika za zaštitu imovine te se isti pristupi mogu koristiti za zaštitu modernih SCADA sustava. Prikupljanje podataka o performansama postrojenja i strojeva omogućuje vam otkrivanje potencijalnih problema prije nego što oni utječu na vaš tijek rada. Jasno je da je u zajednici ponajviše pitanja vezanih uz sigurnost značajno sazrelo tijekom proteklog desetljeća, pa se stoga čini da je postignut velik napredak prepoznajući da ta posljedica ima veliku važnost što se tiče rizika. SCADA sustavi postaju sve važniji za postrojenja, čime dobivamo razvijanje novih sustava i nadograđivanja kako bi što više bilo funkcionalnosti, pouzdanosti i efikasnosti što govori kako u budućnosti možemo očekivati mnoštvo novi i bolji komponenti i načina rada samog SCADA sustava.

---

<sup>2</sup> Procesi informacijske tehnologije

## 8. LITERATURA

- [1] E-Spin Corp, What is SCADA, dostupno na: <https://www.e-spincorp.com/what-is-supervisory-control-and-data-acquisition-scada/> [04.07.2021.]
- [2] MDPI Open Access Journals, dostupno na: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/9/4950/html> [08.06.2021.]
- [3] HEP Web, dostupno na: <http://www.hep.hr> [08.06.2021.]
- [4] KONČAR KET, dostupno na: [www.koncar-ket.hr](http://www.koncar-ket.hr) [09.06.2021.]
- [5] E. Vaahedi, Practical power system operation, John Wiley & Sons, Inc, Canada, 2014.
- [6] Autegra, SCADA laboratorij, dostupno na: <https://autegra.hr/software-2/?lang=en>, [04.07.2021.]
- [7] SICAM PAS - Automation for energy systems, Catalog, dostupno na: [www.siemens.com/sicam](http://www.siemens.com/sicam) [10.06.2021.]
- [8] SICAM – Substation Automation, Distribution-System Automation and RTUs, Catalog, dostupno na : [www.siemens.com/sicam](http://www.siemens.com/sicam) [10.06.2021.]
- [9] PTS Creative Always, Training on ABB MicroSCADA, dostupno na: <http://ptsco.vn/en/article-167-training-on-abb-microscada-pro-dms600.html> [30.06.2021.]
- [10] Oleum Tech, What is SCADA, dostupno na: <https://oleumtech.com/what-is-scada> [30.06.2021.]
- [11] Venture Radar, SCADA, dostupno na: <https://www.ventureradar.com/keyword/SCADA> [30.06.2021.]
- [12] Festo Didactic, dostupno na: <https://www.festo-didactic.com/int-en/> , [04.07.2021.]
- [13] EE Online, SCADA System Vulnerabilities to Cyber Attack, dostupno na: <https://electricenergyonline.com/energy/magazine/181/article/SCADA-System-Vulnerabilities-to-Cyber-Attack.htm> , [30.06.2021.]
- [14] Research Gate, Model of SCADA system malware attack, dostupno na: [https://www.researchgate.net/figure/Model-of-a-SCADA-system-malware-attack\\_fig1\\_311189834](https://www.researchgate.net/figure/Model-of-a-SCADA-system-malware-attack_fig1_311189834) [04.07.2021.]

[15] Mini S. Thomas, John D. McDonald, Power system SCADA and smart grids, Taylor & Francis Group, LLC, Florida, 2015.

[16] Robert Radvanovsky Jacob Brodsky, Handbook of SCADA control systems security, Taylor & Francis Group, LLC, Florida, 2016

[17] Grid Automation Products | MicroSCADA Pro for network control and distribution man, dostupno na: <https://global.abb/> [30.06.2021.]



## 9. SAŽETAK

### SCADA U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU

Završni rad obrađuje SCADA sustav u elektroenergetskom sustavu kroz njezinu povijest i razvoj, pokazuje njezin princip rada te podjelu i arhitekturu sustava te njezinu primjenu u energetsom sustavu Republike Hrvatske te je prikazan SCADA laboratorij. Također su predstavljeni primjeri SCADA sustava: sustav SCIAM PAS i sustav SCIAM SCC te sustav MicroSCADA PRO. Naposljetku, navedene su SCADA kompanije diljem svijeta, prednosti i mane sustava i naravno, njegova budućnost.

Ključne riječi: SCADA, SICAM PAS, SCIAM SCC, MicroSCADA PRO, Elektroenergetski sustav

## **10. ABSTRACT**

### **SCADA IN THE POWER SYSTEM**

The final paper deals with the SCADA system in the power system through its history and development, shows its working principle and the division and architecture of the system and its application in the energy system of the Republic of Croatia and the SCADA laboratory is presented. Examples of SCADA systems are also presented: SCIAM PAS system and SCIAM SCC system MicroSCADA PRO. Last, SCADA companies around the world, the advantages and disadvantages of the system and of course, its future are listed.

Keywords: SCADA, SICAM PAS, SCIAM SCC, MicroSCADA PRO, Power system

## 11. ŽIVOTOPIS

Ivana Šabić rođena je 26.11.1999 godine u Virovitici. Osnovnoškolsko obrazovanje stječe u Osnovnoj školi Voćin u Voćinu, gdje i danas živi s obitelji. Nakon završetka osmog razreda, školovanje nastavlja u Slatini upisom u opću gimnaziju srednje škole Marka Marulića.

Uspješnim prolaskom mature stječe mogućnost upisati Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku, na kojem je danas studentica treće godine preddiplomskog studija elektrotehnike, smjer elektroenergetika. Na istom fakultetu nastoji upisati i završiti i diplomski studij.

Za vrijeme školovanja te samostalno nastoji što bolje shvatiti i razumjeti načela rada programa bitnih za struku poput MS Office-a, AutoCAD-a, Easy Powera, Matlaba te Reluxa.

Uz to vrlo dobro poznaje engleski jezik u govoru i pismu.