

Boris Njavro
Energy Code d.o.o.
boris@energy-code.hr

SVRSISHODNO PROJEKTIRANJE SCADA SUSTAVA

SAŽETAK

SCADA sustav danas predstavlja programsko rješenje, software, namijenjen za daljinski nadzor i upravljanje uređajima u različitim procesima.

Povijesno su SCADA sustavi bili čvrsto integrirani s prilagođenim računalnim komponentama, hardware-om, no tehnološki razvoj je doprinio tome da raspoloživa programska rješenja pokrivaju jednostavne aplikacije za mobitele do složenih rješenja s višestrukom redundancijom i serverskim računalima u podatkovnim centrima.

Koje god rješenje bilo primjenjivo, projektiranje takvih sustava je izazovno zbog nepostojanja standardizacije funkcionalnosti i arhitekture, te je gotovo svaki projekt unikat. Dodatno, za implementaciju SCADA sustava nije potrebna dozvola upravnog tijela, te se ponekad projekt tretira kao formalnost, ili se uopće ne izrađuje.

Uvažavajući činjenicu da je projektiranje investicija i posao prema kojemu se treba odnositi s dužnim stručnim poštovanjem, ovaj članak će predložiti strukturirani sadržaj projekta SCADA sustava kao dokument koji će Naručitelj moći iskoristiti u procesu planiranja i provođenja nabave sustava, usporedbi ponuditelja, tijekom same implementacije i održavanja, uz stručnu pomoć i nadzor samog projektanta.

Predstavljena struktura projekta SCADA sustava temelji se na dugogodišnjem iskustvu u instalaciji i održavanju SCADA sustava, pripremi tehničkih specifikacija za procese javne nabave, kao i nadzora implementacije.

Ključne riječi: Projektiranje, SCADA, Ispitivanje, Performanse, Prijelazno razdoblje

SUMMARY

Today, a SCADA system is a software solution, intended for remote monitoring and control of devices in various processes.

Historically, SCADA systems were tightly integrated with customized computer components, hardware, but technological development has contributed to the fact that available software solutions cover simple applications for mobile phones to complex solutions with multiple redundancy and server computers in data centers.

Whatever solution is applicable, designing such systems is challenging due to the lack of standardization of functionality and architecture, and almost every project is unique. Additionally, the implementation of a SCADA system does not require permission from an administrative body, and sometimes the project is treated as a formality, or is not developed at all.

Considering the fact that designing is an investment and a job that should be treated with due professional respect, this article will propose a structured content of a SCADA system project as a document that the Client will be able to use in the process of planning and implementing the system procurement, comparing bidders, during the implementation and maintenance itself, with professional assistance and supervision of the designer himself.

The presented SCADA system project structure is based on many years of experience in the installation and maintenance of SCADA systems, the preparation of technical specifications for public procurement processes, as well as implementation supervision.

Keywords: Design, SCADA, Testing, Performance, Parallel operation

1 UVOD

SCADA sustav, čiji naziv dolazi iz engleskog jezika: „Supervision, Control and Data Acquisition“, je sustav daljinskog nadzora, upravljanja i prikupljanja podataka, pod čime se podrazumijeva lokalna oprema na objektu s kojim se upravlja (PLC-ovi, daljinske stanice, mjerni senzori...), komunikacijske linije (optika, mobilna mreža, radio mreža, WI-FI...) i centralna hardverska i softverska oprema, tj. dispečerski centar. U Hrvatskoj se SCADA sustavi nazivaju i SDV – Sustav daljinskog vođenja ili NUS – Nadzorno upravljački sustav.

SCADA sustav omogućava kontinuirano nadziranje različitih parametara na nekom udaljenom objektu (struja, snaga, protok, razina, temperatura...) i po potrebi slanje komande u svrhu promjene operativnog procesa ili stanja, a da korisnik ne mora fizički biti prisutni na samom objektu.

Pojavili su se 60-ih godina prošlog stoljeća i do danas su prošli mnoge tehnološke transformacije i unaprjeđenja. Pojedine komponente iz prethodnih generacija sustava prilično su ovisile jedna o drugoj (npr. softver o komunikaciji i PLC-u), tako da su se gotovo uvijek projektirali i implementirali, kao cjelina. Danas te međuovisnosti više nema i nema potrebe za cjelovitim projektiranjem, iako ta mogućnost nije isključena.

Kako su SCADA sustavi postali standard u gotovo svim industrijskim procesima (a danas su dio i naše svakodnevice razvojem pametnog doma i instalacija OIE), dio SCADA sustava lokalno na objektima projektira se zajedno s tim objektom, koji ponekad uključuje i komunikacijski dio (npr. u projektu transformatorske stanice ili crpne stanice). Jednako tako su standard postale komunikacijske opcije i sve češće se koristi infrastruktura telekomunikacijskih operatera, bez gradnje zasebnih, privatnih, sustava. Rješenja i oprema na objektima su široko dostupni i njihovo projektiranje uključuje definiranje smještaja, ožičenja, napajanja, te listu signala koji se moraju prenositi u SCADA sustav, zajedno s definiranim sučeljem za povezivanje: npr. korištenjem IEC protokola preko RS-232 ili RJ-45 sučelja.

Ono što je danas najčešći predmet projektiranja, a predstavlja i najznačajniji dio svakog SCADA sustava, je centralna oprema, tj. računalna i programska oprema (hardware i software). Opcije za odabir računalne i programske opreme danas su brojne i niti jedna opcija nema apsolutnih prednosti i primjenjiva je u svakom okruženju. Zbog toga i projektiranje SCADA sustava predstavlja tehnički izazov.

Osim funkcionalnosti SCADA sustava koje će korisniku omogućiti kontinuiran rad, najčešće 24/7, i optimalno upravljanje objektima (energetskom mrežom, crpnim stanicama, motorima, klimama, rasvjetom...), u projektu je nužno definirati minimalne performanse sustava (brzine odziva,

raspoloživost...), načine ispitivanja i kriterije preuzimanja, te zahtjeve za održavanje, nadogradnje i školovanje korisnika.

Funkcionalnosti uključuju veliki niz osnovnih i naprednih funkcija, kao i potrebe povezivanja s drugim sustavima (npr. GIS-om, PIS-om, TIS-om), te osiguravanje kibernetičke sigurnosti. Ispitivanje je nužno za dokazivanje traženih performansi, a održavanje i školovanje važni su za višegodišnji rad sustava. Životni vijek SCADA sustava planira se najčešće na 8-10 godina, unatoč brzim tehnološkim promjenama.

Dodajmo tome i odredbe zakona o javnoj nabavi, čiji obveznici su i mnogi korisnici SCADA sustava (HEP, HOPS, Plinacro, JIVU...), a koji za svako javno nadmetanje definira: „Predmet nabave mora se opisati na jasan, nedvojbjen, potpun i neutralan način koji osigurava usporedivost ponuda u pogledu uvjeta i zahtjeva koje je javni naručitelj postavio“. Znači da se specifikacija SCADA sustava mora definirati opisom potrebnih funkcija, a ne prepisivanjem kataloških opisa pojedinih proizvođača.

Izradu projekta (idejnog, glavnog, izvedbenog) mnogi povezuju s upravnim postupkom u kojemu su potrebne dozvole nadležnih tijela za gradnju ili izvođenje nekih radova. Sa SCADA sustavom to nije slučaj. Implementacija SCADA sustava, posebice njegovog centralnog dijela ne zahtjeva građevinsku dozvolu ili posebne uvjete građenja, zbog čega neki korisnici niti ne rade projekt, a ako ga rade, to bude puka formalnost.

U takvom pristupu stvara se vrlo loš dojam i o aktivnosti projektiranja i o složenosti SCADA sustava, te nerijetko završni uradak bude nezadovoljavajući za korisnika, a posljedično i za njegove kupce i partnere.

Cilj ovog rada je ukazati na potrebu kvalitetnog i svrsishodnog projektiranja SCADA sustava, kao neizostavnog dijela bilo kojeg industrijskog procesa, koji će svom korisniku (investitoru) omogućiti upravo one funkcije koje želi i koje mu trebaju (ništa manje niti više), osigurati siguran i pouzdan rad kroz duže vrijeme i mogućnost nadogradnje i unaprjeđenja u skladu s tehnološkim razvojem, a sve uz prihvatljive financijske izdatke.

Svrha projektiranja SCADA sustava je i osigurati pravilnu implementaciju, ispitivanje funkcija i kasnije održavanje u skladu s potrebama korisnika, zakonima i pravilnicima. Višegodišnje iskustvo u projektiranju i implementaciji SCADA sustava pokazuje da je usuglašavanje korisničkih zahtjeva i funkcijske specifikacije SCADA sustava najvažniji korak u implementaciji i dugogodišnjem partnerstvu korisnika i isporučitelja takvih rješenja.

Ovaj rad će dati i pregled poželjnih tehničkih zahtjeva koje projekt SCADA sustava treba obraditi i opisati u svrhu buduće standardizacije ovakvih projekata. Zahtjevi su ukratko opisani u svrhu boljeg razumijevanja, dok detalji ovise o investitoru, procesu i raspoloživim resursima (financijskim, stručnim, informatičkim).

2 ARHITEKTURE SCADA SUSTAVA

Zahvaljujući tehnološkom razvoju računala i komunikacija, SCADA sustavi izašli su iz sfere razvoja za svakog pojedinačnog korisnika (engl. custom development) u standardne softverske proizvode dobavljive od više proizvođača. Uz SCADA sustave neodvojivo se vežu atributi poput visoka pouzdanost i raspoloživost, te rad u realnom vremenu (engl. real-time), a današnji SCADA sustavi imaju veliki broj raspoloživih arhitektura koje daju jednaku funkcionalnost i performanse. Svaka od njih ima određene prednosti i mane, ali i razliku u investiciji i troškovima održavanja.

Općenito gledajući, SCADA sustavi se danas mogu realizirati kao:

- Jednostruki sustavi u klijent-server arhitekturi
- Redundantni sustavi u klijent-server arhitekturi (Multi-site opcija)
- Sustavi u oblaku
- Sustavi s raspodijeljenom inteligencijom (DCS ili EDGE računarstvo)
- Hibridni/mješoviti sustavi

2.1 Jednostruki SCADA sustavi

Pod jednostrukim sustavim misli se na SCADA sustave koji imaju samo jednu komponentu softvera koja je aktivna i najčešće je instalirana na jednom računalu/serveru. Takvi sustavi su namijenjeni za manje zahtjevne primjene koje ne zahtijevaju režim rada 24/7 ili visoku raspoloživost, a ujedno su i

financijski povoljni. Najbolji primjer bi bili sustavi za upravljanje energetskim instalacijama zgrade ili nadzor manjih energetskih sustava sa sporim promjenama.

Raspon funkcija ovakvog sustava nije ograničen, kao niti veličina baze podataka (koja ovisi o količine memorije na računalu), a ograničenje je jedino u raspoloživosti koja ovisi samo o kvaliteti jednog računala. U slučaju kvara tog računala, cijeli sustav je izvan funkcije.

2.2 Redundantni SCADA sustavi

Za razliku od jednostrukih, redundantni sustavi se baziraju na paru računala/servera od kojih je jedan aktivan, a u slučaju kvara sve funkcionalnosti se gotovo trenutno prebacuju na drugo računalo i time osiguravaju puno veću raspoloživost cijelog sustava. Ovakvi sustavi su namijenjeni za zahtjevnije potrebe korisnika i možemo reći da je ovo i najčešće korištena arhitektura SCADA sustava. Koristi se širom RH za vođenje vodovodnih, plinskih sustava, uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, transformatorskih stanica i dr.

Zbog same arhitekture ovi sustavi su skuplji od jednostrukih (i zbog hardvera i zbog dodatnih softverskih licenci), a i kompliciraniji zbog funkcija redundancije.

Modificirana verzija redundantne arhitekture je multi-site opcija, u kojoj su serverska računala postavljena na različitim, geografski udaljenim, lokacijama i povezana brzim, najčešće, višestrukim optičkim vezama. Ta verzija ima iznimno visoku raspoloživost (tzv. „četiri devetke“ i više) i namijenjena je samo za najveće i najvažnije sustave, kao npr. elektroenergetski ili plinski sustav u Hrvatskoj. Naravno, ova opcija je i financijski najzahtjevnija.

2.3 SCADA sustavi u oblaku

SCADA sustavi u oblaku dugo su vremena bili tabu tema, jer je bilo teško povezati Internet aplikacije s radom u realnom vremenu, no primjenom modernih softverskih i komunikacijskih tehnologija i ti mitovi se ruše. Primjena SCADA sustav u oblaku je financijski vrlo povoljno rješenje u kojemu korisnik ne brine o nadogradnjama i održavanju sustava, niti o zastarjelosti opreme, a razina raspoloživosti se ugovara s pružateljem usluge. Raspoloživost može biti jako visoka uz višestruke komunikacijske linije za pristup internetu, kako sa strane korisničkih računala, tako i sa strane objekata vođenja.

Ono što je najčešći razlog diskusija oko SCADA sustava u oblaku je sigurnost, tj. nužnost osiguranja visoke razine kibernetičke sigurnosti, kako kod korisnika, tako i kod pružatelja usluga, no zbog novog zakona i uredbe o kibernetičkoj sigurnosti (NN 14/2024, NN 135/2024), visoka razina sigurnosti bit će obveza svakog operatera kritične infrastrukture u Hrvatskoj. Stoga će i primjena SCADA sustava u oblaku biti sve češća, jer ipak predstavlja financijski povoljnije rješenje, a ujedno ublažava i problem nedostatka stručnih zaposlenika za održavanje SCADA sustava.

2.4 SCADA sustavi s raspodijeljenom inteligencijom

Ovi sustavi su predviđeni za procese kod kojih se zahtjeva iznimno brza reakcija na promjene i brza automatika zbog čega je snaga procesiranja i programska podrška instalirana na lokalne jedinice u samim objektima vođenja. Ti distribuirani uređaji često su instalirani u redundantnoj konfiguraciji, a centralna računala se više koriste za nadzor procesa, komunikacije i analizu podataka. Raspodijeljeni sustavi imaju manje komunikacijske zahtjeve prema centralnom računalu a razina automatizacije procesa je iznimno visoka. Njihova implementacija je vrlo zahtjevna, nužni su stručnjaci za navedeni proces, što povlači i veću investiciju u sam sustav, kao i zahtjevno održavanje. Značajna prednost je automatski rad i bez centralnog dijela sustava.

2.5 Hibridni/mješoviti SCADA sustavi

Ovi sustavi koriste kombinaciju pojedinih arhitektura kako bi povećali raspoloživost, smanjili kompleksnost ili troškove, a najčešće se odnose na kombinaciju fiksnih računala/servera i računala u oblaku kao „back-up“ opcije, uz mogućnost korištenja i distribuiranih pametnih jedinica za specifične namjene.

3 FUNKCIJE SCADA SUSTAVA

Kako su se SCADA sustavi razvijali, tako se povećavao i broj raspoloživih funkcija, no većina funkcija su standardizirane i do danas su se uglavnom poboljšavale. S obzirom da su osnova SCADA sustava real-time podaci, funkcije se mogu navesti kao (Tablica I):

- osnovne – za rad u real-time režimu,
- napredne – za rad izvan realnog vremena i
- funkcije grafičkog sučelja

Tablica I. SCADA funkcije

Osnovne funkcije	Napredne funkcije	Grafičko sučelje
Prikupljanje i obrada podataka	Povijesna baza podataka	Bojanje procesa
Upravljanje (komande)	Izrada izvještaja	Editor podataka (alat za izradu prikaza i slika)
Alarmiranje	Integracija s drugim sustavima (GIS, PIS, TIS...)	Trendovi i grafikoni
Vizualizacija podataka	Statistika rada uređaja	Mogućnost ispisa
Liste događaj i alarma		On-line pomoć
Vremenska sinkronizacija		Sučelje za pristup podacima
Ručni unos		
Matematičke operacije u realnom vremenu		

Napominjemo da gore navedeni popis nije konačan, nego je nastao na osnovu iskustva i analize mnogih proizvođača SCADA sustava.

S poboljšanjem računalnih komponenti i softverskih alata, na SCADA sustave su se počele dodavati i funkcije drugih, srodnih sustava, a kako bi se dobilo „moćnije“ rješenje za veći krug korisnika. Na taj način smo dobili i sustave za vođenje distribucijske mreže, tzv. ADMS – Advanced Distribution Management System ili Energy Management sustave. Treba napomenuti da takvi sustavi egzistiraju samo u najvećim centrima vođenja podržani od većeg broja djelatnika i zahtijevaju dugotrajnu implementaciju i visoku razinu obučenosti za korištenje.

4 PROJEKTIRANJE

Projektiranje je stručna aktivnost, proces, koji definira tehničke karakteristike objekta projektiranja, zahtjeve za izradu i implementaciju, kontrolu kvalitete i održavanje, te omogućava vizualizaciju objekta u zadanom okruženju. Rezultat projektiranja je isto tako procjena troškova izrade i implementacije i osiguravanje sukladnosti s važećim zakonima i propisima.

Projekt rade stručne, ovlaštene osobe s iskustvom u projektiranju i/ili implementaciji objekata projektiranja, što pretpostavlja da mogu učinkovito prenijeti želje investitora u tehničku dokumentaciju. Poželjno je da projektant ima i određena iskustva s industrijskim procesom za koji se projektira SCADA sustav.

U konkretnom slučaju SCADA sustava, objekt projektiranja je software i odgovarajući hardware, pri čemu treba koristiti određene smjernice za definiranje tehničkog rješenja kao i za svaku drugu programsku podršku. Možemo reći da je projektiranje SCADA sustava kombinacija projekta električne opreme i dizajn softverskog rješenja.

Smjernice za projektiranje SCADA sustava polaze od zahtjeva korisnika na funkcije i izgled softvera, koje projektant treba preraditi u funkcionalne zahtjeve u okviru projekta. Korisnički zahtjevi obično se vežu uz opseg funkcija koje im trebaju, željenu razinu raspoloživosti i pouzdanosti te količinu podataka koje treba prikupljati i obrađivati. Korisnici su često potaknuti nekim viđenim primjerima iz prakse ili komercijalne prezentacije, no svaki njihov zahtjev treba formulirati na tehnički jasan način.

Isto tako, kod projektiranja SCADA sustava nije potrebno predefinirati željenu arhitekturu ili softversku tehnologiju, jer iste proizlazi iz zahtjeva korisnika i omogućavaju ravnopravno nadmetanje više proizvođača.

Najvažniji dio projekta SCADA sustava trebali bi biti zahtjevi na performanse (brzine odziva, brzine komunikacije, raspoloživost..) koje se mogu i trebaju mjeriti tijekom ispitivanja i probnog rada sustava. Osiguravanje traženih performansi mora biti uvjet preuzimanja sustava i glavni je pokazatelj kvalitete

sustava. Same performanse ovise o procesu kojim se upravlja, tehnološkim karakteristikama opreme, veličini sustava i važnosti procesa.

4.1 Sadržaj projekta SCADA sustava

Kao i svaki drugi projekt, i projekt SCADA sustava ima svoju strukturu koje se treba pridržavati. U projektu SCADA sustava opći dio nije namijenjen za korištenje u nekom upravnom postupku (kako je ranije navedeno nije potrebna građevinska dozvola ili otvaranje gradilišta) te može biti jednostavniji, a naglasak je na tehničkom dijelu koji treba sadržavati barem sljedeća poglavlja:

1. Opis postojećeg stanja - s popisom objekata koji će biti uključen u SCADA sustav, zajedno s lokacijom za smještaj dispečerskog centra. Postojeće stanje je referentno za određivanje količine podataka koji će se obrađivati u SCADA sustavu. Danas se često kao postojeće stanje opisuju postojeći, stari, SCADA sustav kojeg treba rekonstruirati ili zamijeniti.
2. Opis budućeg stanja – opis stanja kako ga korisnik zamišlja nakon implementacije novog SCADA sustava i u godinama nakon toga. Željeno buduće stanje definira broj dispečera i drugih korisnika SCADA sustava, povezivanje SCADA sustava u IT okolinu korisnika, očekivani broj podataka u budućnosti za osiguranje dovoljne zalihosti baze podataka i dr.
3. Popis traženih funkcija SCADA sustava – s opisom što i kako bi trebala određena funkcija raditi s gledišta korisnika. Samo ime pojedine funkcije nije jednoznačno kod različitih proizvođača, te je dodatni opis funkcije nužan da se izbjegnu nesporazumi. Tu podrazumijevamo na koji način korisnik želi pokretati akcije, kako vizualizirati podatke (boje, veličine, smještaj, 2D/3D...), što je važnije za vidjeti, što treba biti veće, a što manje, itd.
4. Arhitektura SCADA sustava – koja može dati smjernice kako korisnik vidi implementaciju opreme na svojoj lokaciji (lokacijama). Može se očekivati da pojedini korisnici imaju preferencije za korištenje računalne opreme na svojoj lokaciji ili u oblaku. Dio arhitekture su i zahtjevi za računalnu opremu.
5. Kibernetička sigurnost – koja je nužan dio osiguravanja usklađenosti sa Zakonom i Uredbom o kibernetičkoj sigurnosti, ali i neophodna funkcija modernog poslovanja
6. Performanse SCADA sustava – koje definiraju mjerljive vrijednosti SCADA sustava u pogonu, a trebaju se provjeriti tijekom ispitivanja, puštanja u pogon i probnog rada. Performanse predstavljaju najvažniji dio zahtjeva korisnika, nakon definiranja popisa funkcija, i moraju biti preduvjet preuzimanja sustava.
7. Ispitivanja – koja definiraju faze i opseg ispitivanja SCADA sustava: tvorničko ispitivanje (FAT – Factory Acceptance Test), ispitivanje na lokaciji (SAT – Site Acceptance test), ispitivanje točka – točka (PtP – Point to Point test), ispitivanje performansi (SPT – System Performance Test) i Probni pogon koji sadržava ispitivanje raspoloživosti.
8. Prijelazno razdoblje – se definira u slučaju da postoji aktivni SCADA sustav koji se mijenja, a korisnik ne može obavljati svoje aktivnosti bez SCADA sustava. Tijekom prijelaznog razdoblja moguć je paralelni rad starog i novog sustava, što treba zasebno definirati i konfigurirati.
9. Školovanje korisnika – koje definira faze i opseg školovanja prije, tijekom i na kraju projekta. Školovanje je nužno kako bi djelatnici korisnika mogli pratiti implementaciju SCADA sustava, ispitivanja i probni pogon, te bili spremni preuzeti sustav.
10. Održavanje – u kojemu je potrebno navesti potrebe za održavanjem SCADA sustava, zahtjeve na odziv po pozivu, rješavanje grešaka (bug-ova) i potrebne nadogradnje i/ili proširenja
11. Tehnički proračuni – koji su nužni u slučaju instalacije računalne opreme i korištenja rezervnog napajanja, kako bi se osigurao priključak dovoljne snage i kapacitet baterije/dizel agregata.

U nastavku rada dana su detaljnija pojašnjenja određenih, specifičnih stavki projekta SCADA sustava.

4.2 Kibernetička sigurnost

Kibernetička sigurnost je danas postala standard i neophodna je komponenta svakog novog SCADA sustava. Pod istom se podrazumijeva fizička i softverska sigurnost svih komponenti osiguranjem sigurnog pristupa sustavu (prijava i nadzor korisnika), sigurne komunikacije sa svim objektima koji se nadziru i sigurne integracije s drugim IT sustavima krajnjeg korisnika.

Zahtjevi za implementaciju kibernetičke sigurnosti SCADA sustava opisani su međunarodnim normama IEC 62443 i smjernicama normi VDI 3699 i DIN 19235, direktivama Europske unije i odgovarajućim Hrvatskim zakonima (Zakon o kibernetičkoj sigurnosti, NN 14/2024 i Uredbom NN 135/2024), te isti trebaju biti implementirani u novom SCADA sustavu.

Projekt SCADA sustava treba minimalno propisati koja regulativa uređuje rad predmetnog SCADA sustav, koje norme se trebaju ispoštovati i na koji način će se isto dokazati u implementaciji.

4.3 Performanse SCADA sustava

Performanse SCADA sustava određene su ponašanjem cijelog sustava u stvarnom okruženju, uključujući komunikacije i opremu na objektima. Prva skupina performansi odnosi se na korištenje SCADA hardvera: procesora, radne memorije (RAM), diskova, kao i komunikacijskih jedinica i kanala. Druga skupina performansi odnosi se na sinergijski rad hardvera i softvera SCADA sustava te se odnosi na raspoloživost, pouzdanost i odzivnost SCADA sustava, odnosno brzinu izvođenja određenih operacija.

4.3.1 Opterećenje HW komponenti

U ovoj skupini definiraju se vrijednosti opterećenja hardverskih komponenti za koje se smatra da su granica koja neće ugroziti funkcioniranje SCADA sustava. Na osnovu ovih vrijednosti proizvođač dimenzionira osnovnu računalnu opremu.

Projektirane vrijednosti se provjeravaju tijekom ispitivanja i ako se utvrdi odstupanje od zahtjeva, moraju se poduzeti mjere za otklanjanje nedostatka i dokazati učinkovitost te mjere ponovnim ispitivanjem.

Vrijednosti opterećenja opreme treba definirati za dva moguća scenarija:

- Normalno opterećenje
- Visoko opterećenje

Scenarij normalnog opterećenja je normalan rad sustava, kada operater može primati nove alarme i događaje te izdavati naredbe bez ekstremnog pritiska na brzinu rada, te kada korisnici mogu koristiti sve mrežne aplikacije, generirati izvješća i otvarati baze podataka studija normalnom brzinom.

Scenarij visokog opterećenja je izvanredan rad sustava u kojemu se broj događaja i promjena znatno povećao i operatru je rad otežan u smislu razlučivanja važnih i manje važnih događaja, ali je nužno da i u ovom scenariju ne dolazi do gubitka podataka ili do znatne degradacije brzine rada sustava.

4.3.2 Raspoloživost

Raspoloživost sustava definira vrijeme koje korisnik može izdržati bez korištenja SCADA sustava, tj. da kritične funkcije SCADA sustava nisu raspoložive. Što je proces važniji, time je i zahtijevana raspoloživost veća, a ista se postiže implementacijom kvalitetnijih komponenti, udvajanjem kritičnih funkcija ili bržom reakcijom na izvanredne događaje. Prekidi ne uključuju radove na održavanju koji mogu utjecati na rad kritičnih funkcija sustava.

Kritične funkcije sustava odnose se na sljedeće:

- Komunikacija između objekata i poslužitelja podataka.
- Prikaz i bilježenje promjena podataka u bazi podataka procesa.
- Odgovaranje na radnje upravitelja za upravljanje i promjenu podataka u stvarnom vremenu.
- Sigurnost podataka.
- Praćenje istog sustava.
- Komunikacija s procesnim WAN-om.
- Prikupljanje procesnih podataka.

Nekritične funkcije su one koje se odnose na održavanje i razvoj sustava i drugih korisničkih programa. Nekritične funkcije mogu biti nedostupne tijekom kratkog vremenskog razdoblja tijekom kojeg se oprema i funkcije moraju u potpunosti obnoviti.

Primjera radi, raspoloživost najvećih i najvažnijih SCADA sustava mjeri se u vrijednostima od 99,9% i bolje, što podrazumijeva neraspoloživost sustava maksimalno 9 sati godišnje.

4.3.3 Odziv sustava

Odziv sustava definira brzinu SCADA sustava pri radu u stvarnim, uobičajenim uvjetima, a važan je i za dimenzioniranje računala i opreme, ali i dokazuje kvalitetu isporučene softvera. Ako se tijekom ispitivanja odziva utvrde lošiji odzivi od zahtijevanih, moraju se poduzeti korektivne mjere i izvršiti ponovno testiranje. Ispunjavanje zahtjeva preduvjet je za preuzimanje sustava.

Primjer zahtijevanih vrijednosti odziva SCADA sustava za različite događaje koji trebaju biti uključeni u protokol ispitivanja prikazan je u sljedećoj tablici (Tablica II).

Tablica II. Vrijednosti odziva SCADA sustava - primjer

Funkcionalnost	Odziv (s)	Komentar
Vrijeme prikaza promjene podataka od pojave promjene stanja objekta (npr. promjena stanja prekidača iz uključenog-isključenog).	1	Bez obzira na komunikacijski put.
Potvrda naredbe na sustavu nakon izdavanja naredbe sa SCADA radne stanice.	1	Potvrda znači prikaz promjene statusa nakon izdavanja naredbe.
Osvježavanje slike nakon izvođenja manipulacije prekidačem	1	Pogonski dijelovi, dijelovi bez napajanja, uzemljeni dijelovi
Otvaranje slike.	2	Otvorite postojeću sliku s procesnim podacima i osvježite sve podatke na slici.
Otvaranje alarma/sažetka događaja.	3	
Otvaranje prikaza trenda s najvećim brojem vrijednosti.	3	
Prebacivanje u slučaju pogreške na poslužitelj za sigurnosne kopije (za sve poslužitelje).	5	Vrijeme od signalizacije kvara aktivnog poslužitelja do potpunog osvježavanja sigurnosnog poslužitelja - novog aktivnog poslužitelja.
Otvorite standardno izvješće.	2	Primjenjuje se na postojeća standardna dnevna, tjedna i mjesečna izvješća.
Otvaranje prilagođenog izvješća koje je izradio korisnik.	3	Izvješća koja sadrže veliku količinu podataka (npr. godišnja izvješća, izvješća na razini sustava).
Inkrementalno ažuriranje baze podataka s podacima pripremljenim u uređivaču podataka.	60	Vrijeme od početka postupka ažuriranja do potpunog osvježavanja svih podataka.

4.4 Ispitivanja

Svrha ispitivanja je provjera funkcija i performansi SCADA sustava u odnosu na tražene i specificirane u projektu. Definiranje svih ispitivanja u fazi projektiranja važno je za uspješnu provjeru svih funkcija i performansi, kao preduvjet za preuzimanje sustava.

Ispitivanja su podijeljena u faze, tijekom provedbe projekta, a prije svakog ispitivanja izvođač radova mora pripremiti protokole ispitivanja i dobiti odobrenje za iste. Protokoli definiraju tijek ispitivanja, način i predviđene rezultate, a svi rezultati ispitivanja se zapisuju i analiziraju na kraju ispitivanja. Uspješan završetak jedne faze ispitivanja je preduvjet za sljedeću fazu i ne preporučuje se nastavka projekta prije završetka predviđene faze ispitivanja.

4.4.1 Tvorničko ispitivanje

Tvorničko ispitivanje (FAT) provodi se u simuliranom okruženju i sa simuliranim sučeljima. Radi se na ograničenom dijelu objekata vođenja (mreže) koji sadrži sve potrebne vrste podatke. Softverski moduli u FAT testiranju nisu povezani s izvorima podataka i drugim sustavima. Ispitivanja se provodi u prostorijama izvođača ili njegovog lokalnog partnera koristeći njihovu opremu. Ne koristi se oprema predviđena za isporuku korisniku kako bi se zadržalo izvorno jamstvo proizvođača opreme prilikom isporuke. Naglasak kod FAT testiranja su SCADA funkcije, a manje su važne performanse.

4.4.2 Ispitivanje na lokaciji

Ispitivanje na lokaciji (SAT) mora se provesti u stvarnom SCADA okruženju i sa stvarnim sučeljima i podacima. Potrebno ga je testirati na podacima cijelog procesa (mreže). Tijekom SAT-a provode se svi detaljni funkcionalni testovi.

4.4.3 Ispitivanje točka-točka

Ispitivanje točka-točka (Point to Point testing – PtP) obavlja se nakon uspješnih SAT testova. Ispitivanja PtP-a provode se za dokaz uspješnog prijenosa podataka u stvarnom vremenu s RTU-ova i drugih uređaja ili sustava povezanih s SCADA sustavom. PtP testovi, kao i svi drugi testovi, moraju biti dokumentirani i zabilježeni u izvješćima o ispitivanju.

PtP testiranje je zajednički napor korisnika i isporučitelja i može se provesti kombinacijom simulacije podataka s uređaja (RTU ili PLC) i testiranja na licu mjesta (uživo). Za naredbe je potrebno osigurati da je provjeren cijeli put do odredišnog uređaja.

4.4.4 Ispitivanje performansi

Ispitivanje performansi (System Performance Testing - SPT) mora provjeriti rad cjelokupnog softvera i hardvera u stvarnom okruženju.

SPT bi također trebao provjeriti pouzdanost i raspoloživost sustava, nadgledajući sustav dulje razdoblje, od 4-6 mjeseci (ili dulje ako je potrebno). Svi događaji koji utječu na rad sustava (pogreške, kvarovi, gubitak komunikacije, itd.) moraju se dokumentirati. Na kraju dogovorenog ispitnog razdoblja moraju se izračunati pokazatelji pouzdanosti i raspoloživosti.

4.5 Prijelazno razdoblje

Prijelazno razdoblje nužno je definirati u slučaju rekonstrukcije postojećeg ili izgradnje novog SCADA sustava kako bi se osigurao trajan, neprekinut nadzor nad procesom. Tijekom prijelaznog razdoblja stari i novi sustav mogu funkcionirati i paralelno, a može trajati i nekoliko mjeseci tijekom kojih se obavljaju razna ispitivanja, najčešće točka-točka.

Svako prijelazno razdoblje mora imati i definiran scenarij povratka na staro u slučaju uočavanja bilo koje veće pogreške kod novog sustava.

4.6 Školovanje korisnika

Školovanje korisnika ima za cilj uspješno preuzimanje nad radom novog SCADA sustava u svim aspektima: operaterima, administratorima i osoblju za održavanje računala i programske podrške.

Proces školovanje definira se tijekom cijele provedbe projekta implementacije SCADA sustava kako bi budući korisnici mogli sudjelovati u implementaciji, pratiti ispitivanja, ali i sudjelovati u istima u kasnijim fazama, npr. u ispitivanju točka-točka ili ispitivanjima performansi sustava.

4.7 Održavanje

SCADA sustav je softver koji ima svoje specifičnosti i mnoge interne greške (bug-ovi) mogu se pojaviti nenadano i usprkos temeljitom ispitivanju. Zbog toga je važno imati konkretnu obvezu isporučitelja sustava na održavanju tijekom niza godina nakon preuzimanja.

Održavanje sustava definira načine detektiranja i postupanja u slučaju otkrivenih hardverskih ili softverskih grešaka SCADA sustava. S obzirom na ljudske resurse korisnika SCADA sustava, održavanje može biti definirano kao podrška preko pozivnog centra (Call Center) ili kao podrška tima stručnjaka na lokaciji kroz duže vrijeme.

4.8 Tehnički proračuni

Tehnički proračuni u projektu SCADA sustava moraju uključivati proračune:

- Snage napajanja za opremu
- Klimatizacije i ventilacije, ako je potrebno
- Veličine baza podataka (real-time i povijesne baze) s potrebnom rezervom za buduća proširenja

Snaga napajanja važna je za dimenzioniranje priključka serverske sobe (podatkovnog centra) ali i za dimenzionira nje UPS uređaja i/ili rezervnog napajanja s dizelskim agregatom.

Klimatizacija i ventilacija rade se u slučaju smještaja SCADA opreme u zasebnu, serversku prostoriju.

Veličina baze podataka važna je kod postupka nabave novog SCADA sustava kako bi zainteresirani ponuditelji mogli dimenzionirati sustav i na hardverskoj i na softverskoj razini.

5 ZAKLJUČAK

Projektiranje SCADA sustava predstavlja tehnički zahtjevan, ali ključan proces za osiguravanje sigurnog, pouzdanog i dugoročno održivog sustava daljinskog nadzora i upravljanja. Rad je ukazao na važnost strukturiranog pristupa projektiranju, u kojem se jasno definiraju korisnički zahtjevi, funkcionalnosti, performanse, sigurnosni aspekti te metodologija ispitivanja i održavanja.

Uspješna implementacija SCADA sustava moguća je isključivo ako projekt prethodno adresira sve tehničke i organizacijske izazove, ne tretira se kao formalnost, već kao temelj za učinkovitu i transparentnu nabavu te dugoročno partnerstvo korisnika i isporučitelja.

Daljnji razvoj sustava trebao bi biti usmjeren prema standardizaciji projektnog pristupa, povećanju kibernetičke otpornosti i iskorištavanju prednosti novih tehnologija, uključujući oblak i distribuirane sustave.

6 LITERATURA

- [1] Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina, NN 118/2019
- [2] Zakon o kibernetičkoj sigurnosti, NN 14/2024
- [3] Uredba o kibernetičkoj sigurnosti, NN 135/2024
- [4] Energy Code d.o.o.: „TEHNIČKA SPECIFIKACIJA NADOGRADNJE SCADA SUSTAVA ZA UPOV KORPIVNICA“, prosinac 2024.
- [5] Elektro Gorenjska d.d.: „Technical upgrade of the control centre and implementation of the Advanced Distribution Management System (ADMS)“, Dokumentacija za javnu nabavu, JN23-022, prosinac 2023.
- [6] Zakon o javnoj nabavi, NN 120/16
- [7] Zakon o izmjenama i dopunama zakona o javnoj nabavi, NN 114/2022