

**POVEZANOST SISTEMA ZA UPRAVLJANJE U INDUSTRIJSKIM OKRUŽENJIMA
CONNECTION OF CONTROL SYSTEMS IN INDUSTRIAL ENVIRONMENTS**Stefan Stojajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MEHATRONIKA**

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada razmatra se uticaj povezanosti sistema za upravljanje (SCADA, PLC i DCS) na celokupne performanse upravljanog sistema. Data su osnovne karakteristike SCADA, PLC i DCS i njihov međusobni uticaj na upravljanje.

Ključne reči: SCADA, PLC, DCS, industrijske komunikacione mreže

Abstract – In this paper are considered the influence of connection of control systems (SCADA, PLC and DCS) on overall performance of the controlled system. Also, basic characteristics and interconnections of SCADA, PLC and DCS are described.

Keywords: SCADA, PLC, DCS, fieldbus

1. UVOD

U jednom industrijskom okruženju često se susreću različiti sistemi za upravljanje. Ovi sistemi se razlikuju na više načina, na primer na osnovu broja digitalnih i analognih ulaza, ili na primer da li im je osnovna funkcija nadzor nad radom posmatranog uređaja (sistema), ili na primer, prema arhitekturi na osnovu koje se povezuju pojedine procesorske jedinice, ili na osnovu nekog drugog kriterijuma podele. Jedna od ključnih osobina savremenih sistema za upravljanje je mogućnost povezivanja sa drugim sistemima upravljanja ili sa ostalim elementima u industrijskom okruženju koja imaju mogućnost razmene podataka. Ovo osobina je elementarni uslov koji se zahteva od upravljačkih sistema koji treba da budu prisutni u industrijskim okruženjima koja se realizuju u skladu sa principima koncepta Industrija 4.0 [1].

U okviru ovog rada razmatrani su sledeći upravljački sistemi: Sistemi za nadzor i upravljanje (engleski termin: Supervisory control and data acquisition –SCADA), programabilni logički kontroleri (engleski termin: Programmable logic controller – PLC) i distribuirani sistemi upravljanja (engleski termin: Distributed control system - DCS).

Područja primene SCADA, PLC i DCS su veoma široka i mogu se pronaći različitim industrijskim okruženjima/sistemima kao što su: elektroprivreda, procesna industrija (prerada nafte, hemijska industrija, proizvodnja papira, ...), vodosnabdevanje, farmaceutske industrije, prehrambene industrije, automobilske industrije, ...

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Stevan Stankovski, red. prof.

U poglavljima koji slede biće detaljno opisane najvažnije osobine SCADA, PLC i DCS sistema upravljanja, kao i načini na koji se mogu povezati ovi sistemi, imajući u vidu postavljene zahteve upravljanja.

2. SISTEMI ZA NADZOR I UPRAVLJANJE - SCADA SISTEMI

Sistemi za nadzor i upravljanje (SCADA sistemi), odnosno Sistemi za nadzor, upravljanje i prikupljanje podataka, su jedan od upravljačkih sistema koji se susreću u industrijskim okruženjima. Prvi SCADA sistemi su nastali pedesetih godina XX veka za potrebe upravljanja elektroenergetskim sistemom u Sjedinjenim američkim državama (SAD), i dugi niz godina se ovaj termin isključivo vezivao isključivo za elektroenergetske sisteme. Sve većom primenom PLC u raznim industrijskim primenama, učilo se da koncept SCADA sistema ne mora da se primenjuje isključivo za nadzor i upravljanje geografski distribuiranih objekata upravljanja [2]. Savremeni SCADA sistemi moraju biti povezani sa različitim računarskim arhitekturama, imajući u vidu trendove koji se prepliću u industrijskim i ne industrijskim okruženjima [3], [4].

U tekstu koji sledi biće opisane osnovne karaktersistike SCADA sistema. Tekst je preuzet iz skripte autora Ostojić i Stankovski [5].

SCADA sistemi se koriste za različite industrijske procese, kao što su na primer, proizvodnja: čelika, prehrambenih proizvoda, automobila, vode i sl., u elektranama (konvencionalnim i nuklearnim) i elektro distribuciji, hemijskoj industriji. Pored toga koriste se i u nekim eksperimentalnim postrojenjima, kao što su laboratorijska istraživanja, u centrima za testiranje i procenu. Tipične primene SCADA sistema se odnose na:

- Nепrekidno praćenje i upravljanje procesima
- Nadzor i upravljanje u dispečerskim centrima
- Nadzor rada u razvodnim postrojenjima
- Nadzor i upravljanje kretanjem fluida u cevovodima
- Nadzor i upravljanje serijskom proizvodnjom
- Automatizacija u stambenim okruženjima i bezbednosni sistemi
- Upravljanje transportom
- Grejanje, ventilacija i sistemi klimatizacije
- Statističko praćenje procesa
- Telekomunikacije
- Nadzor i upravljanje radom mašina
- Pojedinačna proizvodnja.

Veličina SCADA sistema može biti opsega od nekoliko desetina, do nekoliko hiljada ulazno/izlaznih signala. S obzirom na svoj brzi razvoj, SCADA sistemi koji se danas pojavljuju na tržištu imaju i po nekoliko stotina hiljada ulazno/izlaznih signala.

Jedna od varijanti SCADA sistema su i HMI (Human-Machine Interface) sistemi, koji predstavljaju spregu između operatera i mašine. SCADA i HMI sistemi su po mnogim svojim funkcionalnostima veoma slične. Ipak postoji mnoge razlike, a možda najvažnija da je većina HMI pravljen da se povezuje samo na upravljačku opremu jednog proizvođača i nalazi se neposredno uz mašinu nad kojom se vrši nadzor i upravljanje, dok su SCADA sistemi pravljeni sa namerom da se povezuju na opremu svih proizvođača i tipično nisu postavljeni blizu opreme nad kojom se vrši nadzor i upravljanje.

SCADA i HMI sistemi se mogu pojavljivati istovremeno na jednom sistemu upravljanja. Kao što je napomenuto, HMI sistemi su pre svega namenjeni operaterima koji neposredno nadgledaju i upravljaju radom mašine, dok SCADA sistemi nadgledaju rad celokupnog sistema. Može se reći da HMI u pogledu podataka koje prikupljaju predstavljaju podskup SCADA. Razvojem pametnih telefona, računarstva na oblaku i računarstva na ivici, sada se bez ikakvih problema deo podataka može prikazivati i na telefonu, kao što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Prikaz podataka sa SCADA & HMI sistema na pametnim telefonima [6]

Ovaj trend da se deo podataka sa SCADA i HMI sistema prikazuje na pametnim telefonima će se sigurno nastaviti i u budućnosti. Bezbednosni aspekti oko zaštite podataka u ovom slučaju dobijaju na važnosti, i sigurno je da će se zaštititi podataka morati posveti dodatna pažnja.

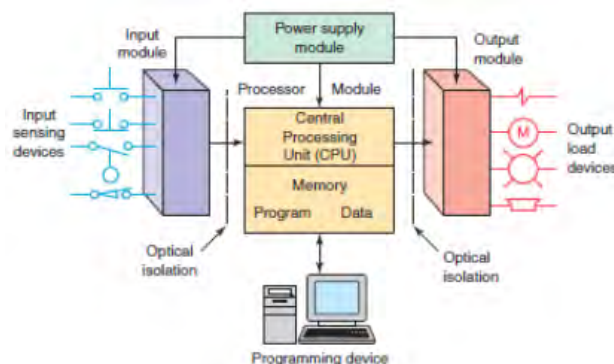
3. PROGRAMABILNI LOGIČKI KONTROLERI – PLC

Programabilni logički kontroleri (PLC) su industrijski računari čiji su hardver i softver posebno prilagođeni radu u industrijskim uslovima, a koji se mogu lako programirati i ugrađivati u postojeće industrijske sisteme. PLC sistem se sastoji od sledećih elemenata: (slika 2):

- Ulaznih uređaja, kao što su prekidači, tasteri, senzori itd.
- Ulaznih modula, koji su deo PLC. Preko ovih modula se primaju signali sa ulaznih uređaja.
- Procesorskog modula na PLC, a sastoji se od centralne procesorske jedinice i memorije. U okviru ovog modula smeštaju se i program i

podaci i omogućuje se upravljanje radom celog sistema upravljanja.

- Izlaznih modula, koji je takođe deo PLC. Preko ovih modula se zadaju signali za aktiviranje pojedinim izlaznim uređajima.
- Izlaznih uređaja, kao što su releji, svetiljke, starteri motora, ventili itd.
- Modula za izvod napajanja
- Uređaja za programiranje PLC (najčešće je to u pitanju računar sa odgovarajućim softverskim paketom)



Slika 2. Komponente PLC sistema [7]

PLC je u suštini mikroprocesorski uređaj koji koristi programabilnu memoriju za pamćenje naredbi kojima se zahteva izvođenje specifičnih funkcija, kao što su logičke funkcije, prebrojavanje, merenje vremena, izračunavanje, sve u cilju upravljanja različitim tipovima mašina i procesa preko digitalnih i analognih ulazno-izlaznih modula.

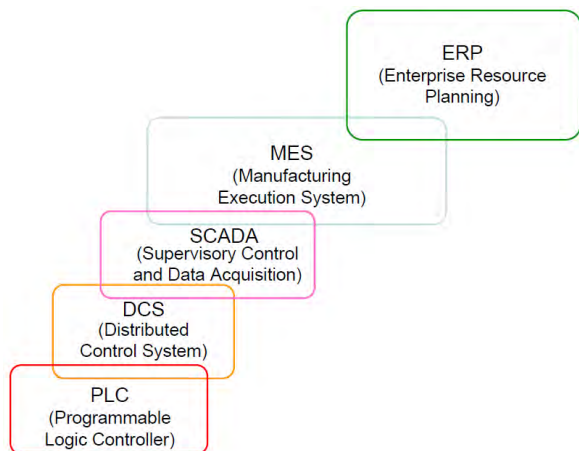
Postoji veliki broj različitih tipova PLC koji se razlikuju po veličini, izgledu i moći obrade, počev od malih jedinica sa malim i ograničenim brojem ulaza i izlaza, do velikih, modularnih jedinica koje se mogu konfigurisati za rad sa više stotina ili čak hiljada ulaza/izlaza.

4. DISTRIBUIRANI UPRAVLJAČKI SISTEMI - DCS

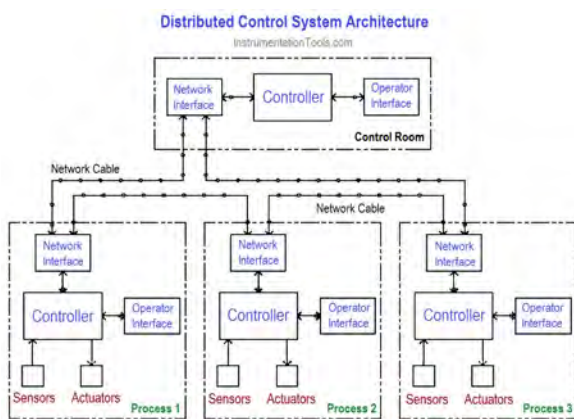
Distribuirani upravljački sistemi - DCS je kombinacija hardverske i softverske infrastrukture koja osigurava automatizaciju složenih i distribuiranih industrijskih procesa [8, 9]. DCS se odnosi na sisteme upravljanja kao što je proizvodni sistem, procesni sistem ili bilo koju drugu vrstu dinamičkog sistema, u kome elementi upravljanja nisu smešteni na jednoj (centralnoj) lokaciji, već se distribuiraju u celom posmatranom sistemu upravljanja. DCS je vrlo širok pojam koji se koristi u raznim industrijama, za nadzor i upravljanje distribuirane opreme. Položaj DCS u hijerarhiji upravljanja u jednom posmatranom sistemu upravljanja je prikazan na slici 3.

Slika 3 ujedno i predstavlja brzinu odziva (po apscisi) koji se zahteva od različitih nivoa upravljanja. Na hijerarhijskom nivou od PLC se zahteva najbrži odziv sistema. Na najvišem hijerarhijskom nivou se nalazi ERP (Enterprise Resource Planning). Aplikacije na ovom nivou služe za upravljanje narudžbinama, finansijama i logistikom. Aplikacijama na MES (Manufacturing Execution System) nivou se upravlja proizvodnjom, analizom protoka materijala, održavanjem i protokom dokumentacije. SCADA i DCS predstavljaju most

između tehnoloških procesa i aplikacija na MES i ERP nivou. Tipična arhitektura jednog DCS koji se odnosi na industrijske (proizvodne) sisteme gde su elementi za nadzor i upravljanje distribuirane kroz čitav sistem je prikazana slici 4.



Slika 3. Hijerarhije nivo upravljanja proizvodnim sistemima



Slika 4. Tipična arhitektura DCS

(<https://instrumentationtools.com/control-system-architecture/>)

Tipična arhitektura DCS koja je prikazana na slici 4, pokazuje koliko se ona razlikuje od tradicionalne arhitekture upravljanja koja je zasnovana na jednom centralizovanom upravljačkom uređaju. Postoje različiti prilazi u realizaciji DCS. U tabeli 1 je prikazano poređenje osnovnih karakteristika tradicionalnih DCS i modernih DCS [10].

Tradicionalni DCS	Moderni DCS
Nadzor i fragmentirano upravljanje sistemom/tehnološkim procesom	Centralizovani nadzor nad sistemom/ tehnološkim procesom
Ne skalabilni sistemi	Skalabilni i modularni sistemi
Uglavnom zatvorene mreže sa jedinstvinim protoklima	Laka integracija različitih DCS i SCADA sistema
Okrivanje i otklannjanje grešaka zahteva znatno vreme	Laka dijanogstija i održavanje
Namensko osoblje	Vrlo malo ili nimalo namenskog osoblja, zbog mogućnosti daljinskog upravljanja
Nizak nivo sajber sigurnosti	Visok nivo sajber sigurnosti
Ograničeni resursi u smislu broja i pokrivenost područja za tehničke podršku	Laka tehnička podrška, uključujući daljinske intervencije
Ograničena integracija sa modernim ICT platforma i uređajima	Web pretraživači, SMS, daljinski pristup, virtualizacija i računarstvo u oblaku

Tabela 1. Poređenje osnovnih karakteristika tradicionalnih DCS i modernih DCS [10]

U DCS hijerarhija upravljačkih sistema se fizički ostvaruje vezom u okviru nekih komunikacionih mreža, a ova mreža i softverska platforma za DCS, omogućava korisnicima da DCS doživljavaju kao jedinstven i koherentan sistem.

5. POVEZANOST SCADA, PLC i DCS

Industrijske komunikacione mreže (engleski termin: fieldbus) su namenjene za povezivanje svih uređaja koji se nalaze u industrijskom okruženju. Prenos podataka u okviru industrijske komunikacione mreže može se odvijati između računara i uređaja, kao što su: PLC, senzori, aktuatori, itd. Takođe, moguća je komunikacija između samih uređaja, bez prisustva računara [11].

U tekstu koji sledi biće predstavljena dva značajna industrijska protokola Modbus i CAN. Ova dva protokola se koriste kako za komunikaciju između PLC-a i računara, PLC i drugih uređaja, računara i drugih uređaja, tako i za međusobnu komunikaciju između uređaja koji nisu računari ili PLC. Svojim karakteristikama su dovoljno reprezentativni da mogu da se prepoznaju i u drugim protokolima koji se koriste u industrijskim i ne industrijskim okruženjima.

Modbus je serijski komunikacioni protokol nastao od strane kompanije Modicon 1979. godine, namenjen za programabilne logičke kontrolere. Zbog svoje jednostavnosti i pouzdanosti Modbus je danas postao standardni protokol za komunikaciju i međusobno povezivanje elektronskih uređaja u industriji. Postoji više verzija ovog protokola. Modbus RTU verzija protokola se najčešće susreće i primenjuje se za serijsku komunikaciju. Ukoliko PLC poseduje Ethernet port, može se primeniti Modbus za komunikaciju preko TCP/IP protokola. Ova verzija Modbus protokola se označava kao Modbus over TCP/IP.

Modbus omogućava master-slave komunikaciju sa bilo kojim uređajem koji podržava Modbus protokol. Svaki uređaj u mreži može da funkcioniše kao master ili slave koristeći svoje serijske COM portove.

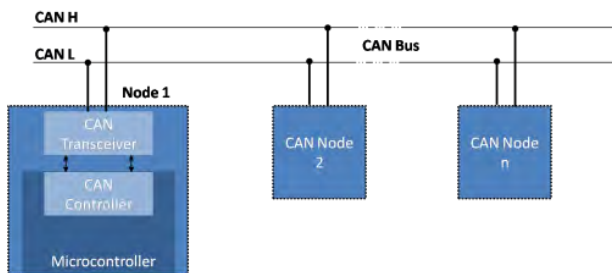
CANbus (CAN je skraćenica od Controller Area Network) je serijski komunikacioni protokol, koji je široko zastupljen u industriji, naročito u automobilskoj. Razvio ga je Robert Bosch 1983. godine. Osim za PLC koristi se u međusobnoj komunikaciji mikrokontrolera i drugih uređaja [12].

Da bi mogao koristiti CANbus protokol, PLC mora da poseduje CANbus port. Koristeći CANbus protokol može se napraviti mreža sa maksimalno 64 kontrolera. Osnovna karakteristika ovog protokola je da svaki čvor u mreži može da šalje i prima poruke, tj. da se ponaša kao master uređaj. Zbog toga se CANbus naziva multi-master protokolom. Nije moguće da istovremeno dva ili više uređaja šalju podatke u mrežu.

CANbus protokol se može primeniti u sledećim slučajevima prenosa podataka:

- povezivanje do 63 PLC-a u mreži sa računarom,
- povezivanje do 64 PLC-a u mrežu bez računara,
- razmena podataka sa drugom vrstom udaljenih (engl. remote) uređaja,
- nadgledanje PLC-ova sa računara.

Šematski prikaz povezivanja kontrolera na CANbus mrežu dat je na slici 5.



Slika 5. Povezivanje uređaja korisćenjem CAN bus industrijske komunikacione mreže

(<https://www.embien.com/blog/working-automotive-can-protocol/>)

CAN bus je protokol, koji se primenjuje od velikih industrijskih sistema [13], pa sve do uređaja koji mogu da se koriste i u domaćinstvima [14] i ne industrijskom okruženju [15].

Sve prisutniji trend u povezivanju sistema za upravljanje u industrijskim okruženjima je oslanjanje na relativno nove računarske arhitekture, kao što su računarstvo na ivici i računarstvo u oblaku [1, 3, 4].

Ove računarske tehnologije, u sve većoj meri se u svom radu oslanjaju na primenu različitih tehnika veštačke inteligencije, koje omogućuju donošenje inteligentnih odluka, poput onih da ih donosi čovek [16, 17].

Pored toga, razvoj bežičnih mreža, omogućio je i jednostavnije povezivanje svih entiteta u sistemima za upravljanje i upravljanih sistema. Velika očekivanja postoje i od uvođenja pete generacije mobilne telefonije, što će još u većoj meri omogućiti realizaciju koncepta Industrija 4.0

5. ZAKLJUČAK

Povezanost SCADA, PLC i DCS predstavlja osnovu uvođenja koncepta Industrija 4.0. Novi način povezanosti sistema za upravljanje omogućuje prikupljanje velikog skupa podataka, što primenom veštačke inteligencije, omogućava kvalitetniju analizu i donošenje zaključaka do kojih ranije nije bilo moguće doći. Dalji razvoj u okviru povezivanja sistema upravljanja, prikupljanja i prenosa podataka, kao i njihovoj obradi, omogućuju da se nivo automatizacije prenese u domen donošenja inteligentnih odluka, koje do sada nisu bile moguće.

6. LITERATURA

- [1] Stankovski, S., Ostojic, G., Zhang, X., Baranovski, I., Tegeltija, S. & Horvat, S.; Mechatronics, Identification Tehnology, Industry 4.0 and Education, Proceedings of the 18th INFOTEH-JAHORINA 2019, Ljubojce Z. (Ed.), IEEE, East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, DOI: 10.1109/INFOTEH.2019.8717775
- [2] Stouffer, K., Falco, J., Kent, K.; Guide to Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) and Industrial Control Systems Security, NIST Special Publication 800-82, 2006
- [3] Stankovski, S., Ostojic, G., Saponjic, M., Stanojevic, M. & Babic, M., Using micro/mini PLC/PAC in the Edge Computing Architecture, Proceedings of the 19th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/INFOTEH48170.2020.9066309.
- [4] Stankovski, S., Ostojic, G., Baranovski, I., Babic, M. & Stanojevic, M.; The Impact of Edge Computing on Industrial Automation, Proceedings of the 19th

International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/INFOTEH48170.2020.9066341.

- [5] Ostojic, G., Stankovski, S.; Skripta za Sisteme za nadzor i upravljanje, Fakultet tehničkih nauka, 2005.
- [6] <https://www.controleng.com/articles/automation-meets-edge-computing/>
- [7] Frank D. Petruzella; Programmable logic Controllers, Third Edition, Higher Education, Published by McCraw-Hill Companies Inc. New York, USA, 2005
- [8] Arkadiusz Hulewicz1, Zbigniew Krawiecki, Krzysztof Dziarski,; Distributed control system DCS using a PLC controller, ITM Web of Conferences 28, 01041, 2019.
- [9] <https://www.plantautomation-technology.com/articles/an-overview-of-distributed-control-systems-dcs>
- [10] D. A. Poštovei, C. Bulac, I. Triștiu and B. Camachi, The evolution and challenges of modern Distributed Control Systems, 2020 IEEE 14th SACI, Timisoara, Romania, 2020.
- [11] <http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus>
- [12] http://en.wikipedia.org/wiki/CAN_bus
- [13] G. Ostojic, S. Stankovski, Z. Ratkovic, L. Miladinovic, R. Maksimovic, Development of hydro potential in Republic Srpska, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 28, pp 196-203, 2013.
- [14] D. Kukulj, G. Ostojic, S. Stankovski, S. Nemet, Technology Status Visualisation Using Patent Analytics: Multi-Compartment Refrigerators Case, Journal of Mechatronics, Automation and Identification Technology, Vol. 4, No.4, pp. 1-8, 2019.
- [15] I. Baranovski, S Stankovski, G. Ostojic, S. Horvat, T. Srdan, Augmented reality support for self-service automated systems, Journal of Graphic Engineering and Design, Vol. 11, No. 1, pp 63-68, 2020.
- [16] S. Nemet, G. Ostojic, D. Kukulj, S. Stankovski, D. Jovanovic, Feature Selection Using Combined Particle Swarm Optimization and Artificial Neural Network Approach, Journal of Mechatronics, Automation and Identification Technology, Vol. 4, No.1, pp. 7-11, 2019.
- [17] M. Jockovic, Z. Ognjanovic, S. Stankovski, Veštačka inteligencija: inteligentne mašine i sistemi, Krug, Beograd, 1988.

Kratka biografija:



Stefan Stojačić rođen je u Novom Sadu 1989. Fakultet tehničkih nauka upisuje 2013. godine. Zvanje diplomiranog inženjera Mehatronike stekao je 2018. godine, dok je Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronika odbranio 2020. god.