

Laboratorijski model DeviceNet industrijske mreže u HVAC sustavu

Milivoj Puzak, Danijel Maršić, Goran Malčić

Elektrotehnički odjel

Tehničko veleučilište u Zagrebu

Konavoska 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

Telefon: 01 3688 155 E-mail: milivoj.puzak@tvz.hr

Sažetak - Upravljanje prostorno razmještenog tehničkog procesa ostvaruje se i decentralnim uređajima automatizacije. Tipični primjer su moderni HVAC sustavi (Heating, Ventilating and Air-Condition) gdje se sustav automatizacije integrira primjenom industrijske računalne mreže.

U radu je opisano jedno rješenje laboratorijskog modela sustava automatizacije hlađenja više prostorija primjenom računalne mreže *DeviceNet*. Temeljna ideja izrade ovakvog sustava je testiranje u laboratorijskim uvjetima upravljačkog programske koda namjenjenog vođenju i regulaciji. Jedinice u sustavu pomoću pripadajuće programske podrške integrirane su u SCADA sustav na nadređenom PC računalu.

Sustav je uspješno testiran i korišten u nastavi stručnog studija elektrotehnike za demonstraciju rada distribuiranih sustava.

I. UVOD

U programima stručnih studija elektrotehnike za područje automatizacije u nekoliko kolegija se govori o industrijskim komunikacijskim mrežama. Ovladavanje tom tehnikom prijenosa podataka u automatiziranom procesu važan je dio znanja koje trebaju steći završeni studenti stručnih studija ali i osoblje korisnika iz industrijskih postrojenja. Osim temeljnih teorijskih znanja važno je na praktičnim primjerima omogućiti stjecanje osnovnih vještina.

Sustave gdje su decentralni uređaji povezani i međusobno i s centralnim uređajem preko informacijske komunikacijske mreže nazivamo distribuiranim sustavima upravljanja. Distribuirani uređaji mogu obavljati funkcije automatizacije samostalno i preko komunikacijskih veza međusobno izmjenjivati informacije.

Laboratorij za procesna računala elektrotehničkog odjela TVZ - a opremljen je s osam simulatora procesa s pripadajućom PLC opremom, kao u [5]. Jedinice su modularno povezane industrijskom računalnom mrežom *DeviceNet* instaliranom u laboratoriju. Pripadajuća programska podrška omogućava izradu i provjeru upravljačkog programa, a nadzorna PC računala mogu poslužiti kao procesno sučelje s funkcijama SCADA sustava. Preko distribuiranih *UI* (Ulazno/Izlaznih) modula moguće je povezati raspoloživ *EMP* (Elektro Motorni Pogon) u sustav ili koristiti energetske pretvarače s ulaznom komunikacijskom jedinicom.

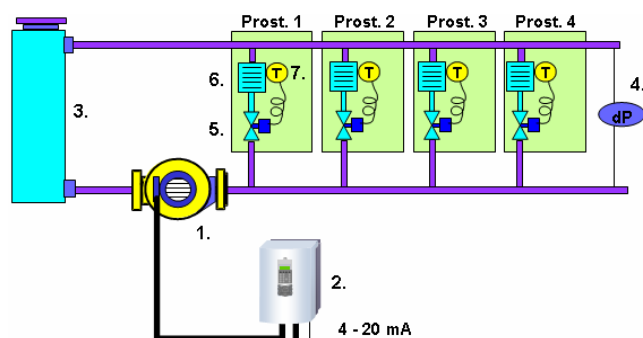
Korištenjem mogućnosti laboratorija izgrađen je demonstracijski model tipičnog automatiziranog sustava klimatizacije više prostorija i projektirana je programska podrška sustava vođenja i regulacije. Za potrebe provedbe vježbi za studente su pripremljeni nastavni materijali - predlošci za vježbe.

II. OPIS IZVEDENOG LABORATORIJSKOG MODELA PROCESA

A) Modelirani tehnički proces

Za primjer distribuiranog sustava automatizacije poslužio je proces hlađenja više prostorija s jednim zajedničkim izvorom medija za hlađenje (Slika 1.).

U opisanom tehničkom procesu hlađenje je izvedeno cirkulacijom rashladnog medija kroz izmjenjivače za hlađenje (6). Rashladni medij hladi se u isparivaču (3), gdje mu se temperatura pomoću chiller kompresora obično snižava za 5 do 10°C te se vraća se natrag u prostorije. Cirkulacija povratnog medija kroz isparivač se ostvaruje pomoću cirkulacijske pumpe (1). Cirkulacijska pumpa isporučuje rashladni medij distribuiranim sistemima u kojima su izmjenjivači za hlađenje. Regulacijski ventil (5) je smješten ispred svakog izmjenjivača za hlađenje i temeljem signala o temperaturi prostorije sa senzora temperature (7) upravlja tokom rashladnog medija kroz izmjenjivač.



Sl 1. Principna shema procesa hlađenja

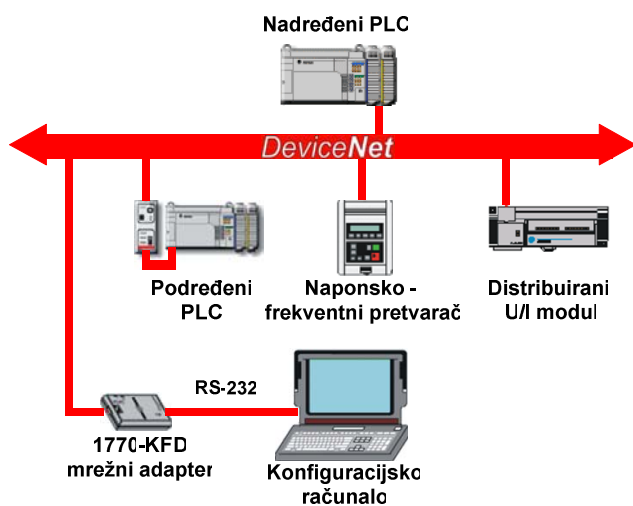
Kad se regulacijski ventil u nekoj od prostorija zatvori, jer je prostor potrebno manje hladiti, povećala bi se razlika tlaka medija u sustavu između polaznog i povratnog voda. Razlika tlaka mjeri se senzorom (4) te se signalom djeluje na pretvarač koji prilagođava brzinu vrtnje motora cirkulacijske pumpe novom pogonskom stanju.

Cirkulacija hladnog zraka u prostorijama ostvaruje se ventilatorima ugrađenim na izmjenjivače. Osim temperature lokalni uređaj automatizacije može imati i dopunske regulacijske funkcije ovlaživanja/sušenja zraka, dovođenja svježeg zraka ovisno o namjeni prostora (skladišni, stambeni, javni ...).

B) Komunikacijski sustav

Raspoloživa oprema za prijenos podataka je skupovlje i programska podrška za komunikaciju po protokolu *DeviceNet*. Radi se o otvorenoj komunikacijskoj mreži zamišljenoj da na jednostavan način poveže uređaje za automatizaciju na najnižoj industrijskoj (pogonskoj) razini te korisniku pruži mogućnost nadzora i kontrole sa viših razina upravljanja nadzora i prikupljanja podataka (*SCADA*). Ova mreža osim za senzore, omogućuje komunikaciju i drugim elementima automatiziranog sustava. Dakle *DeviceNet* mrežom mogu se povezivati programabilni logički kontroleri (*PLC*), operatorski paneli, razni senzori i davači, energetski pretvarači, distribuirane signalne ulazno-izlazne jedinice te svi ostali uređaje za automatizaciju procesa.

Konfiguriranje mreže u opisnom rješenju izvodi se pomoću *PC* računala i *1770-KFD DeviceNet* mrežnog adaptera koji se sa jedne strane spaja na serijski port *PC* računala (*RS - 232*), a sa druge strane direktno na *DeviceNet* mrežu (Slika 2.). Spajanje korištenih uređaja na *DeviceNet* mrežu ostvaruje se komunikacijskim modulima koji se ugrađuju na uređaje.



Slika 2. Primjer spajanja uređaja na *DeviceNet* mrežu

Osim toga ova industrijska komunikacijska mreža omogućava konfiguraciju uređaja na mreži za vrijeme trajanja ostalog mrežnog prometa, bez ometanja istog. Konfiguracijski podaci mogu se pohraniti na *PC* računalu, te se kasnije lako mogu prenijeti na uređaj u slučaju da isti treba zamijeniti.

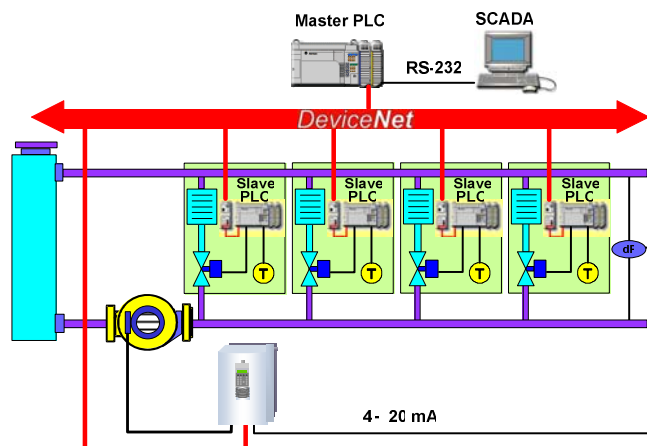
Topologija *DeviceNet* mreže je jednostavna: niz uređaja se direktno veže na glavnu komunikacijsku liniju pri čemu se na jedan kabel može vezati do 64 uređaja. Naime *DeviceNet* kabel izrađen je specijalno za pogonske uvjete rada i na sebi nosi kako komunikacijski signal tako i mogućnost napajanja uređaja vezanih na njega - 5 vodiča (+/- 24VDC za napajanje, signalna parica i oklop). Vođenjem napajanja uz komunikaciju dobivena je mogućnost spajanja uređaja bez vlastitog izvora napajanja (npr. mjerni pretvornici, senzori, davači, U/I moduli), a sa time se znatno smanjilo ožičenje i svi problemi koji dolaze kada se radi sa provlačenjem signalnih vodiča kroz pogon. Maksimalna udaljenost koja se može ostvariti sa *DeviceNet*

mrežom je 500 metara sa brzinom prijenosa podataka od 125 Kbps, dok se do udaljenosti od 100 metara može ići sa brzinom prijenosa od 500 Kbps.

DeviceNet je potpuno otvoren mrežni standard, zasnovan na *CAN* tehnologiji (*Controller Area Network*) razvijenoj prije više od deset godina od strane tvrtke Bosch. Osim jednostavnog postavljanja i konfiguriranja, mnoštva uređaja koji rade na njoj, *DeviceNet* mreža podržava 'plug and play' tehnologiju pa dodatno postavljanje uređaja na mrežu i njihovo konfiguriranje se može izvoditi bez potrebe za gašenjem sustava. Uz sve te prednosti sasvim je normalno da je *DeviceNet* postala jedna od najraširenijih industrijskih komunikacijskih mreža.

C) Opis izvedene konfiguracije

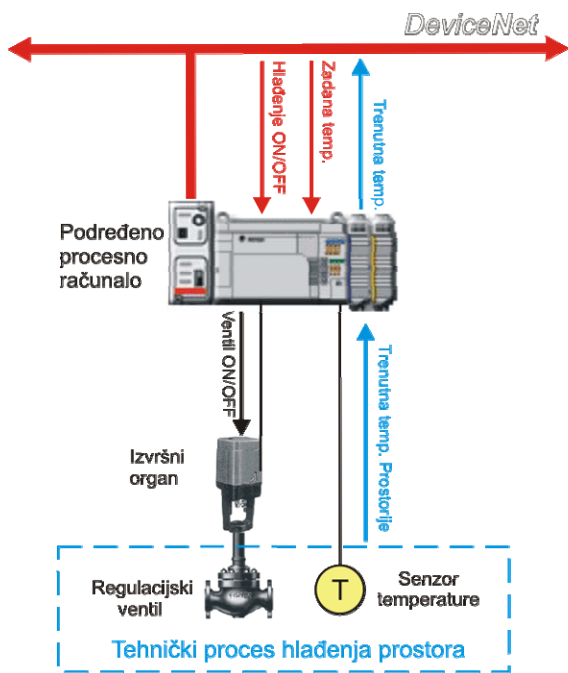
Za analizirani tehnički sustav izvedeno je upravljanje i nadzor procesom hlađenja preko *SCADA* sustava koji se nalazi na nadzornom računalu. Nadređeno procesno računalo (engl. *master PLC*) je serijskom *RS - 232* vezom spojeno sa osobnim računalom na kojem se nalazi *SCADA* sustav. Budući da su aktori i senzori prostorno razmješteni decentralni uređaji za automatizaciju procesa povezani su međusobno s nadređenim procesnim računalom preko komunikacijskog sustava. Podređena procesna računala (engl. *slave PLC*) su smještena u prostorijama i imaju zadaću obavljati lokalno upravljanje. Pretvarač frekvencije je kao zajednički izvršni element sustava preko *DeviceNet* industrijske komunikacijske mreže povezan s centralnim procesnim računalom (Slika 3.).



Slika 3. Povezivanje uređaja za automatizaciju preko *DeviceNet* komunikacijske mreže

Osnovni zadatak nadređenog procesnog računala je da izvodi korisnički program koji upravlja radom distribuiranih uređaja za automatizaciju odnosno pretvaračem frekvencije i podređenim procesnim računalima. Nadređeno procesno računalo obrađuje podatke pristigle iz *SCADA* sustava te na temelju njih upravlja radom podređenih uređaja preko *DeviceNet* mreže. Ono također prima i obrađuje podatke od podređenih uređaja iz udaljenih dijelova procesa te ih prosljeđuje *SCADA* sustavu gdje se vrši njihova vizualizacija.

Podređena procesna računala smještena u prostorijama prikupljaju i obrađuju mjerne signale sa senzora temperature, zadaju upravljačke signale aktuatorima te nadziru status procesne opreme i signaliziraju alarme. Njihov osnovni zadatak je reguliranje temperature prostorija slanjem upravljačkih signala izvršnim organima regulacijskih ventila u ovisnosti o trenutnoj temperaturi prostorije. Pored toga podređena procesna računala izmjenjuje podatke s nadređenim procesnim računalom preko komunikacijske mreže (Slika. 4.).



Slika 4. Zadaci podređenog procesnog računala

Naredbe za pokretanje i zaustavljanje motora pretvaraču frekvencije kao zajedničkog dijela procesa šalju se iz SCADA sustava preko nadređenog procesnog računala dok se regulacija brzine vrtnje ostvaruje u regulatoru procesne veličine pretvarača frekvencije na temelju signala diferencijalnog tlaka pristiglog iz procesa.

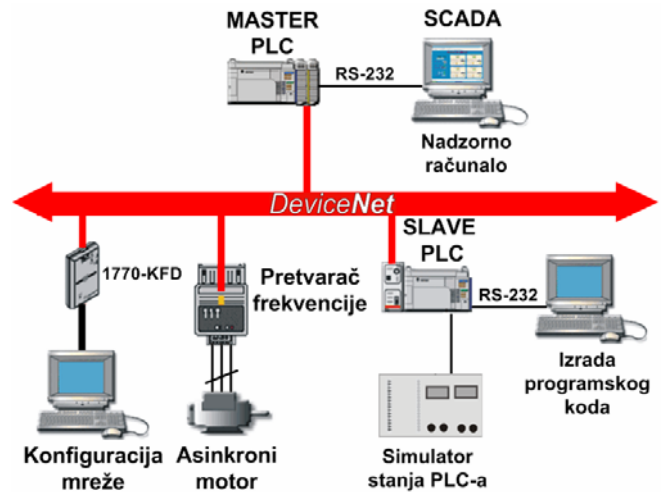
III. IZVOĐENJE VJEŽBI

Laboratorijska maketa sustava hlađenja realizirana je s raspoloživom opremom u Laboratoriju za procesna računala Elektrotehničkog odjela Tehničkog veleučilišta u Zagrebu. Zbog tehnoloških ograničenja laboratorija za sada je u funkciji samo jedan distribuirani podsustav hlađenja prostorije što ne umanjuje zornost prikaza budući da se u svim prostorijama odvija isti tehnički proces.

Vježbe se izvode prema izrađenim predlošcima u kojem je na jednostavan način opisan tijek rada. U uvodnom dijelu opisane su karakteristike uređaja i principi rada komunikacijskih modula. Student vježbe izvodi u grupi u slijedu nekoliko cjelina slijedeći upute za spajanje mreže, konfiguriranje, programiranje prijenosa podataka, izradu prikaza stanja na zaslonu čovjek-proces sučelja.

1) Spajanje uređaja na DeviceNet mrežu

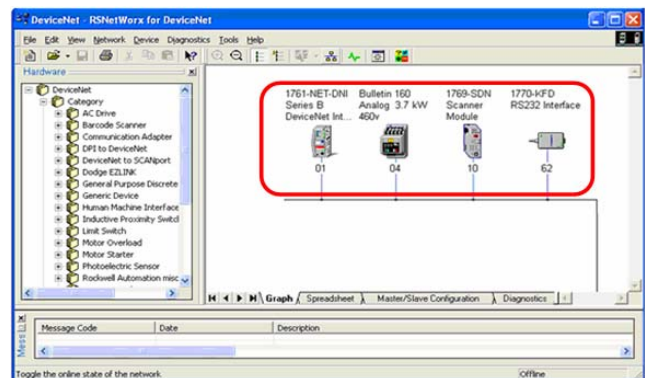
Korišteni PLC - ovi s pripadajućim simulatorima stanja i pretvarač frekvencije spajaju se na mrežu preko komunikacijskih modula. Komunikacijski moduli ugrađuju se na navedene uređaje i služe kao sučelje koje omogućava direktnu vezu između svih uređaja na mreži. U ovom dijelu vježbe studenti sastavljaju laboratorijsku maketu sustava hlađenja (Slika 5).



Slika 5. Laboratorijski distribuirani sustav upravljanja

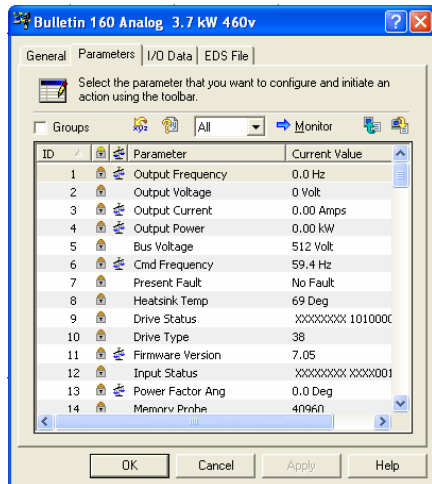
2) Konfiguriranje DeviceNet mreže

Da bi se ostvarila komunikacija uređaja sa laboratorijske makete potrebno je konfigurirati mrežu u programskom paketu *RSNetworkx for DeviceNet* koji služi za konfiguraciju mrežnih parametara i parametara uređaja koji se nalaze na njoj. U ovom koraku studenti jednostavnim slijedom operacija koje su navedene i objašnjene u predlošku naprave konfiguraciju najvažnijih parametara korištenih uređaja. Prvo se u *RSLinx* komunikacijskom software-u podesi komunikacija između *RSNetworkx* programskog paketa i *DeviceNet* mreže odabirom odgovarajućeg upravljačkog programa (engl. *driver*). Nakon toga se u *RSNetworkx for DeviceNet* programskom paketu pretraži mreža i pronađeni uređaji prikažu se poredani na liniju u grafičkom prikazu mreže (Slika 6.).



Slika 6. Glavni prozor RSNetworkx - a s pronađenim uređajima na mreži

Dvostrukim klikom na ikonu pojedinog uređaja otvara se okvir za dijalog s prikazom parametara tog uređaja (Slika 7.). Parametri se podešavaju slijedeći upute iz predloška.



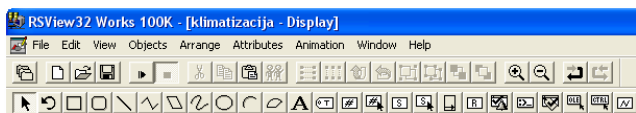
Slika 7. Okvir za dijalog komunikacijskog modula pretvarača frekvencije

3) Izrada programskog koda

U ovom dijelu vježbe potrebno je izraditi upravljački program, npr. u "ladder diagramu", nadređenog i podređenog PLC - a u programskom paketu *RSLogix 500* prema primjeru danom u predlošku. Također je potrebno izvršiti podešenja PLC-ova da bi oni mogli komunicirati preko *DeviceNet* mreže.

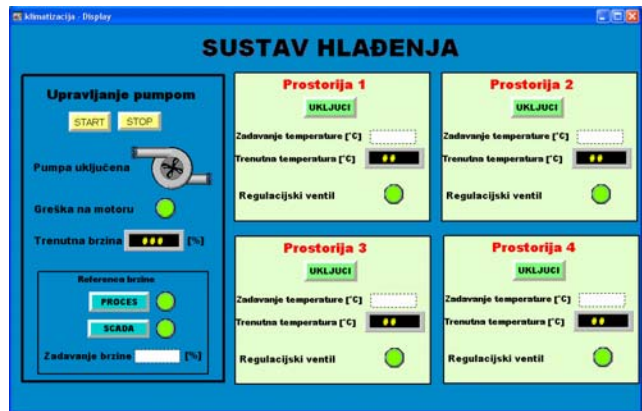
4) Izrada elemenata SCADA sustava

Upravljanje i nadzor procesa hlađenja ostvaruje se preko SCADA sustava koji studenti moraju izraditi u programskom paketu *RSView32*. Da bi se mogla kreirati neka animacija koriste se grafički objekti koje je moguće animirati. Neki gotovi grafički objekti dolaze uz *RSView32* ali se mogu kreirati i potpuno novi. Za animaciju grafičkog objekta potrebno ga je povezati s procesnom veličinom i izabrati vrstu animacije za taj objekt (Slika 8.).



Slika 8. Izbornik alata u RSVIEW32

Korištenjem predloška studenti izrade SCADA sustav (Slika 9.) koji može ostvariti upravljačke funkcije kao što su pokretanje i zaustavljanje cirkulacijske pumpe, uključivanje i isključivanje hlađenja prostorija, zadavanje željene temperature pojedine prostorije itd. Osim upravljačkih funkcija može se ostvariti nadgledanje osnovnih veličina iz procesa i stanja pojedinih uređaja kao što je indikacija vrtnje cirkulacijske pumpe (vrtnja animiranog rotora u simbolu pumpe, stanje regulacijskog ventila (otvoren ili zatvoren), trenutna temperatura pojedine prostorije itd.



Slika 9. Pristupni ekran SCADA sustava hlađenja prostorija

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu pokazano je da se povezivanje distribuiranih uređaja automatizacije preko komunikacijske mreže može jednako kvalitetno ostvariti u laboratorijskim uvjetima kao i u stvarnom tehničkom procesu. Izrađen je demonstracijski model na primjeru sustava hlađenja prostorija rashladnim medijem promjenjivog protoka.

U realiziranom distribuiranim sustavu upravljanja hlađenjem prostorija distribuirani uređaji za automatizaciju povezani s nadređenim računalom preko *DeviceNet* industrijske komunikacijske mreže. Upravljanje i nadzor vrši se pomoću SCADA sustava smještenog na nadzornom računalu. Studenti preko SCADA sustava imaju mogućnost upravljanja pretvaračem frekvencije i podređenim procesnim računalom, te primiti osnovne informacije iz procesa o stanjima navedenih uređaja.

Izrađeni predlošci služe kao pomoćna literatura studentima kolegija *Automatizacija postrojenja* i izvođenje vježbi u Laboratoriju za procesna računala. Osnovni zadatak da se studente kroz rad u grupama nakon provedenih vježbi osposobi za samostalan rad s *DeviceNet* industrijskom komunikacijskom mrežom prema provjeri znanja i povratnim informacijama od studenata uspješno je ostvaren.

LITERATURA

- [1] Goran Malčić: *Programabilni logički kontroleri*, skripta za kolegij Procesna računala, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Elektrotehnički odjel, Zagreb.
- [2] Danijel Maršić: *Distribuirani sustavi automatizacije*, diplomski rad, Tehničko veleučilište u Zagrebu, Elektrotehnički odjel, Zagreb, 2006.
- [3] Goran Malčić, *DeviceNet - Industrijska komunikacijska mreža*, članak za stručni časopis Elektro, Zagreb 2004.
- [4] Nedjeljko Perić, Ivan Petrović, *Automatizacija postrojenja i procesa*, Zagreb 2005.
- [5] Goran Malčić, Mato Fruk, Damir Josić, *PLC's State Simulator*, Computers in education (CE), MIPRO 2005.
- [6] 1769 - SDN DeviceNet Scanner Module User manual
- [7] RSVIEW32 Getting Results Guide