

ENERGETSKI PRETVARAČ UPRAVLJAN U REALNOM VREMENU PREKO PROFINET I/O MREŽE

Goran Malčić, Danijel Maršić, Ljubivoj Cvitaš

Tehničko veleučilište u Zagrebu

Sažetak

Osnovni zahtjev koji se postavlja ispred industrijskih računalnih sustava je njihov rad u realnom vremenu. To je temeljni razlog koji je onemogućavao prodor ethernet tehnologije u područje industrijskih računalnih mreža. Uz određene prilagodbe, kako u sklopovskom tako i u programskom konceptu, više proizvođača industrijske računalne opreme uspjelo je izraditi mrežne tehnologije, koje uz sigurnost prijenosa informacija i ostale zahtjeve, rade unutar kritičnog vremena.

U ovom radu prikazan je istraživački rad na implementaciji industrijske računalne mreže Profinet I/O u sprezi s pretvaračem napona i frekvencije u tri različite konfiguracije upravljane nadređenim industrijskim računalima.

Programska konfiguracija i upravljački program su izvedeni u dva različita programska okruženja - STEP 7 i TIA Portal V12, kako bi se uočila razlika i mogućnosti. Sklopovska konfiguracija Profinet mreže izvedena je sa energetskim pretvaračem na koji je ugrađena ethernet kartica, a njime preko mreže upravlja nadređeni PLC uređaj i to u tri slučaja - PLC sa integriranim Ethernet portom, PLC uređaj sa zasebnim ethernet komunikacijskim modulom, te programski PLC čiji se rad emulira na PC računalu. U sva tri slučaja je ostvarena komunikacija unutar kritičnog vremena na opremi različitih proizvođača.

Ključne riječi: energetski pretvarač, realno vrijeme, PROFINET I/O

Abstract

The main request set upon an industrial computer system is to work in real time. This is the very reason why Ethernet technologies were not applied in industrial computer networks. Nevertheless, some manufacturers have managed to introduce certain hardware and software adjustments and have come up with network technologies which meet all requests for highly secure real time information transfer.

This paper shows the results of a research conducted into the implementation of Profinet I/O industrial network together with voltage and frequency converter in three different configurations controlled by master industrial computers.

In order to get an insight into all variations and possibilities, the program configuration and the control program have been carried out in two different environments - STEP 7 and TIA Portal V12. The Profinet network hardware configuration has been done with an energy converter containing an Ethernet card. The converter is controlled by a separate PLC device in three specific modes: by a PLC device containing an Ethernet port, by a PLC device containing a separate Ethernet communication module and by a program PLC device whose work is emulated on a PC. No matter which mode, communication has been made possible in real time, on the equipment of various manufacturers.

Key words: energy converter, real time, PROFINET I/O

1. UVOD

Razloge zbog kojih je ethernet mrežna tehnologija važna za industriju i zbog kojih se zadnjih desetak godina probija u područje industrijskih računalnih mreža treba tražiti u njejoj relativno jednostavnoj primjeni i sveopćoj prisutnosti u društvu. Ethernet je sigurno najraširenija mrežna tehnologija koja se danas aktivno koristi u svijetu - relativno stabilna, razvijena, relativno jednostavna za uporabu te, što je najvažnije, dobro poznata sklopovska i programska infrastruktura koja se svakim danom nadograđuje novim proizvodima i idejama. Osim toga, postala je u širokom smislu riječi 'svakodnevna' mrežna infrastruktura jer osim što je svugdje prisutna, za konfiguraciju takve računalne mreže potrebna nisu potrebna velika stručna znanja koje posjeduje veliki broj ljudi.

Ideja jedne mrežne infrastrukture na nivou cijele tvornice, počevši od pogonske do nadzorne i upravljačke razine, prisutna je odavno (Siemens mrežna struktura ProfiBus tehnologije PA, DP, FMS [4]). Iznad tih razina bila je uvijek prisutna

ethernet tehnologija koja se neovisno razvijala u odnosu na industrijske računalne mreže. Prije desetak godina na tržištu su se pojavili prvi proizvođači koji su nudili kompletna rješenja industrijskih računalnih mreža temeljenih na ethernet sklopovlji odnosno infrastrukturi, ali sa vlastitim protokolima (AllenBradley Ethernet/IP tehnologija [5]). Naime, temeljna zapreka kod razvoja ethernet na pogonskom nivou je uvjet da mreža mora raditi unutar kritičnog vremena (eng. Real time). Realno vrijeme znači da sustav procesuirao vanjske događaje unutar definiranog vremena. Definirano vrijeme odziva je uglavnom $\leq 5\text{ms}$ za standardne aplikacije u procesnoj industriji. Tvrtka Siemens razvila je svoju tehnologiju naziva Profinet (PROcess FIEld NET) koja se bazira na ethernet tehnologiji kao podloge. Profinet nije samo robusnija inačica etherneteta prilagođena za rad u industrijskim uvjetima. Inteligentni vanjski uređaji daju veliku količinu podataka za prijenos koja prelazi mogućnosti postojećih sabirničkih mreža i time ovoj tehnologiji pomalo daje prednost u odnosu na postojeće pogonske mreže. Profinet koristi optimizirani komunikacijski kanal za komunikaciju u realnom vremenu, što garantira prijenos vremenski kritičnih podataka između različitih stanica u mreži, unutar definiranog intervala. Real-time kanal može se implementirati na standardnim Ethernet kontrolerima primjenom programskih rješenja ili u formi specijalnog sklopovskog rješenja, a bazira se na 2 sloju ISO/OSI referentnog modela (Real-time protokol - RTC 1-3 [1]). Za potrebe Profinet real-time komunikacija kod procesa gdje je potrebna vrlo brza reakcija sustava upravljanja, nužan je bio razvoj ERTEC 400 i 200 (eng. Enhanced Real Time Ethernet Controller) ASIC procesora. U literaturi se navodi da je rad sa Profinet tehnologijom moguć nabavom palete Siemens proizvoda te se dobiva dojam kako je to relativno zatvorena tehnologija. Zbog toga je ovom radu prikazano povezivanje pretvarača napona i frekvencije tvrtke ABB ACS880 na različita PLC računala serije S7 preko Profinet mreže. Prema uputama proizvođača ABB, takvo povezivanje i rad u realnom vremenu je moguć samo ako posjedujete PLC S7 sa integriranim Profinet komunikacijskim portom na procesoru. Takav sustav je objašnjen u prvom dijelu rada i svi problemi koji dolaze takvom implementacijom jer sva korištena oprema nije od tvrtke Siemens, a ABB uputstva su bila nedostatna. Nadalje, ono što se nigdje ne navodi kao moguće, a niti se ne objašnjava, je konfiguracija i rad sa sustavom ako PLC ne

posjedujete integrirani Profinet port na samom procesoru ili što učiniti ako već imate postojeći upravljački sustav kojemu uz procesor S7 serije dodate zasebnu Profinet komunikacijsku karticu. Takav pristup je prikazan u drugom dijelu rada i pokazuje da se može upogoniti i takav sustav. Specifično i najsloženije rješenje dano je u trećem dijelu rada gdje se koristi programski PLC čiji se rad emulira na PC računalu (eng. Soft PLC – software PLC) i koji pristupa Profinet mreži preko ethernet mrežne kartice sa posebnim procesorom (eng. chipset). Također se u trećem dijelu rada pokazalo da postoji razlika u konfiguraciji sustava pomoću STEP 7 i TIA Portal V12. Sustav je u sva tri slučaja izveden koristeći Profinet I/O komunikacijski koncept za implementaciju modularnih, distribuiranih aplikacija baziranih na industrijskom ethernetu.

2. KOMUNIKACIJSKI MODUL FENA-11

Kako bi se pretvarač napona i frekvencije ACS 880 (ABB) mogao spojiti na ethernet mrežu na njega je potrebno ugraditi komunikacijski modul FENA-11 za ethernet mrežu. Modul je kompatibilan s mrežnim standardima IEEE 802.3 i IEEE 802.3u i podržava tri protokola: Modbus/TCP, EtherNet/IP i PROFINET IO. FENA-11 modul kao medij podržava upletene parice čiji odsječak mora biti kraći od sto metara. Komunikacijski modul FENA-11 služi za slanje upravljačke riječi pretvaraču (start, stop), zadavanje reference pretvaraču, čitati statusne informacije i stvarne vrijednosti pretvarača te ukloniti greške na pretvaraču. Komunikacijski modul podržava 10 Mb/s i 100 Mb/s brzine prijenosa podataka te automatski detektira korištenu brzinu u mreži. Na modulu se nalaze tri LED indikatora (HOST, MODULE, NETWORK) koji služe za dijagnostiku (Slika 1.).

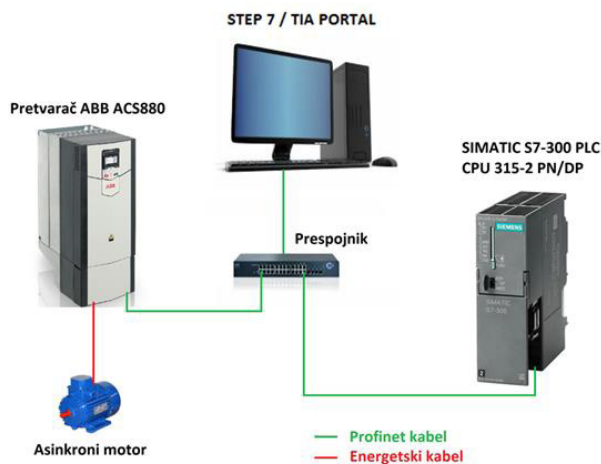


Slika 1. Komunikacijski modul FENA-11

3. S7-300 SA INTEGRIRANIM ETHERNET PORTOM

3.1. Idejno rješenje

U prvoj izvedbi sustava ostvareno je povezivanje nadređenog PLC uređaja sa integriranim Ethernet portom (CPU 315-2 PN/DP) i pretvarača napona i frekvencije ACS880 preko industrijske računalne mreže Profinet I/O. Razlog korištenja konfiguracije S7-300 (CPU 315-2 PN/DP) u prvoj izvedbi sustava jest integrirani Ethernet port na samoj procesorskoj jedinici, što omogućava direktnu komunikaciju s podređenim uređajem (pretvaračem frekvencije) preko Profinet I/O protokola. To je ujedno i izvedba principa komunikacije predložena u priručniku proizvođača komunikacijskog modula FENA-11. Sve IP adrese u sustavu moraju biti statičke.



Slika 2. Idejno rješenje povezivanja prve izvedbe sustava

3.2. Princip komunikacije

Pretvarač frekvencije ACS880 može za komunikaciju sa nadređenim PLC uređajem koristiti više struktura procesnih podataka (eng. Parameter Process data Object, skraćeno PPO) definiranih prema PROFIdrive profilu 2.0. U ovom slučaju za prijenos podataka između PLC uređaja i pretvarača frekvencije koristi se PPO Type 7 struktura podataka.

Odabrana struktura procesnih podataka (PPO) ima 12 procesnih riječi (PZD). Izlazne riječi služe za upravljanje radom, dok ulazne služe za nadgledanje statusa pretvarača frekvencije. Opis strukture procesnih podataka PPO TYPE 7 korištenih u ovoj izvedbi je prikazana na Slici 3.

PROCESNA RIJEČ	ULAZNI SMJER PODATAKA		IZLAZNI SMJER PODATAKA	
	OPIS	ADRESA	OPIS	ADRESA
PZD1	Statusna riječ	PIW256	Upravljačka riječ	PQW256
PZD2	Stvarna brzina vrtnje	PIW258	Referenca brzine	PQW258
PZD3	Frekvencija motora	PIW262	Ne koristi se	
PZD4				
PZD5	Struja motora	PIW266	Ne koristi se	
PZD6				
PZD7	Moment motora	PIW270	Ne koristi se	
PZD8				
PZD9	Snaga motora	PIW274	Ne koristi se	
PZD10				
PZD11	Temperatura okoline	PIW278	Ne koristi se	
PZD12				

Slika 3. Korištena struktura procesnih podataka (PPO) Type 7

Upravljačka riječ je skupina od 16 internih binarnih signala, čija stanja određuje program PLC uređaja, koji moraju biti dostupni internoj sekvenci sustava upravljanja odnosno regulatoru pretvarača napona i frekvencije. U ovom rješenju adresa MW100 sadrži upravljačku riječ čiji pojedinačni bitovi imaju značenje prikazano na Slici 4.

Struktura upravljačke riječi PZD1					
bajt	bit	Opis značenja pojedinačnog bita	BIN	HEX	
M101	0	Upravljački signal OFF1	0	E	7
	1	Upravljački signal OFF2	1		
	2	Upravljački signal OFF3	1		
	3	Omogući rad odabranog upravljačkog signala	1		
	4	Omogući generiranje rampe	1		
	5	Pokreni generator rampe	1		
	6	Omogućavanje reference	1		
7	Reset greške	0			
M100	0	Nije podržano	0	4	0
	1	Nije podržano	0		
	2	Omogući upravljanje putem mreže	1		
	3	Korisnički specificirani bitovi	0		
	4	Korisnički specificirani bitovi	0		
	5	Korisnički specificirani bitovi	0		
	6	Korisnički specificirani bitovi	0		
7	Korisnički specificirani bitovi	0			

Slika 4. Struktura upravljačke riječi PZD1

Za upravljanje pogonom putem Profinet I/O mreže koriste se digitalni upravljački signali OFF1 do OFF3. U ovom slučaju za pokretanje i zaustavljanje motora prema rampi koristit će se pozitivni brid upravljačkog signala ON/OFF1 što znači da je upravljačke signale OFF2 i OFF3 potrebno deaktivirati postavljanjem u logičko stanje 1. Jednako tako, potrebno je i neke od ostalih bitova upravljačke riječi postaviti u logičko 1 kako bi pretvarač bio spreman za pokretanje. Kako bi se to postiglo u upravljačku riječ mora biti upisana kombinacija 047Ehex što u stanje logičkog 1 postavlja pojedinačne bitove kako je prikazano na Slici 4. U ovom rješenju statusnu riječ može se nadgledati i analizirati korištenjem adrese MW200 čiji pojedinačni bitovi imaju značenje prikazano na Slici 5.

Struktura ulazne statusne riječi PZD1		
bajt	bit	Opis značenja pojedinačnog bita
M201	0	Pogon spreman (Ready)
	1	Pogon spreman za rad
	2	Pogon u vrtnji (Running)
	3	Pogon u grešci
	4	OFF2 aktivan
	5	OFF3 aktivan
	6	Zabrana pokretanja aktivna
M200	7	Aktivno upozorenje pogona
	0	Referenca dostignuta
	1	Uključen daljinski rad pretvaračem (Remote ON)
	2	Max. Frekvencija dostignuta
	3	Korisnički specificirani bitovi
	4	Korisnički specificirani bitovi
	5	Korisnički specificirani bitovi
6	Korisnički specificirani bitovi	
7	Korisnički specificirani bitovi	

Slika 5. Struktura ulazne statusne riječi PZD1

3.3. Implementacija u step 7/tia portal v12

Prilikom testiranja sustava utvrđeno je da ne postoje značajnije razlike u postupku implementacije programskog rješenja sustava između programskih paketa STEP 7 i TIA Portal V12. Zbog toga je postupak implementacije prikazan u razvojnoj okolini TIA Portal V12 s obzirom da se radi o novijoj generaciji programske podrške za sustave automatizacije tvrtke Siemens.

Prije izrade programske podrške u TIA Portal-u potrebno je prvo na energetsom pretvaraču podesiti parametre za komunikaciju preko Profinet I/O mreže. Na taj način će pretvarač biti vidljiv nadređenom PLC uređaju na mreži odnosno u upravljiv preko Profinet I/O mreže. Parametri pretvarača za mrežnu komunikaciju su podešeni sukladno uputama u priručniku proizvođača.

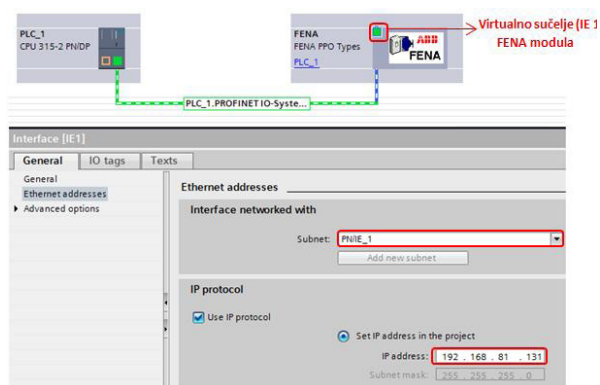
Nakon izrade novog projekta u TIA Portal-u potrebno je odabrati korištenu procesorsku jedinicu, a potom u prozoru za izradu sklopovske konfiguracije podesiti parametre ethernet porta. U ovom rješenju odabrana je IP adresa 192.168.81.130, maska podmreže 255.255.2550 i naziv uređaja na mreži pn-io.

Kako je PLC uređaj u stvarnosti jednim krajem spojen na (X2) ethernet sučelje procesorske jedinice a sa druge strane na komunikacijski modul pretvarača, potrebno je u prozoru sklopovske konfiguracije prvo definirati virtualnu Profinet I/O mrežu na koju se potom dodaje virtualni komunikacijski modul pretvarača FENA-11. Prije toga je potrebno instalirati upravljački program (GSD datoteku) za Profinet I/O komunikacijski modul FENA-01/11 preuzet od njegovog proizvođača (ABB).

Kako bi komunikacijski modul FENA-11 mogao komunicirati sa PLC uređajem potrebno je podesiti i njegove parametre. U ovom rješenju odabrana je IP adresa 192.168.81.131, maska podmreže 255.255.2550 i naziv uređaja na mreži fena.

Važno je napomenuti da IP adresa PLC-uređaja i adresa komunikacijskog modula FENA-01/11 mora biti u istoj mreži, te da IP adresa u sklopovskoj konfiguraciji mora odgovarati IP adresi podešenoj u parametrima pretvarača.

Kako bi se Profinet I/O parametri dodijelili komunikacijskom modulu FENA-01/11 potrebno je pritisnuti na virtualno sučelje FENA modula (IE 1) te u Ethernet addresses postavkama odabrati izradenu virtualnu Profinet I/O mrežu (PN/IE_1) i upisati IP adresu nadređenog kontrolera (192.168.81.130). Kao što se može primijetiti na Slici 6. maska podmreže mora biti ista kao i na procesorskoj jedinici (255.255.255.0) te ju nije moguće mijenjati.



Slika 6. Dodjeljivanje Profinet I/O parametara modulu FENA-11

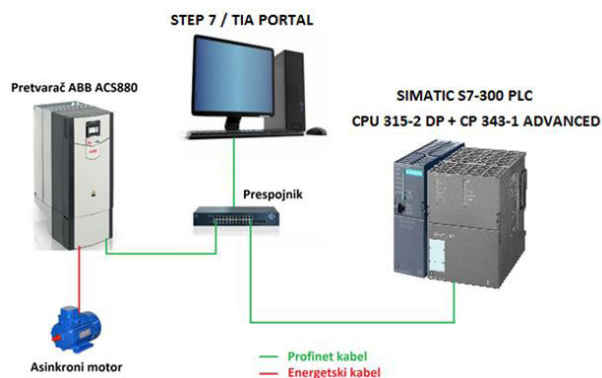
Posljednji korak u konfiguriranju pretvarača frekvencije za rad i slušanje zahtjeva sa Profinet I/O mreže jest definiranje ulazno – izlaznih adresa pretvarača kojima će se slati odnosno primiti poruke odabrane strukture podataka. Dvostrukim klikom na FENA modul otvara se ekran za pregled uređaja. Pomoću „povuci/ispusti“ metode umeće se već opisana PPO Type 7 struktura podataka u FENA komunikacijski modul.

Zadnji korak je izrada upravljačkog programa u organizacijskom bloku OB1. Upravljačka (PQW256) i statusna riječ (PIW256) se nalaze u perifernoj izlaznoj (PQ) odnosno ulaznoj memoriji (PI) PLC uređaja kod kojih nije moguće pristupiti pojedinačnim bitovima u ladder dijagramu. Kako bi se to omogućilo, potrebno je uporabom naredbe za premještanje podataka (MOVE) prebaciti sadržaj upravljačke i statusne riječi iz periferne memorije u internu bit memoriju PLC uređaja kod koje je moguće pristupiti pojedinačnim bitovima.

4. S7-300 SA ZASEBNIM KOMUNIKACIJSKIM MODULOM

4.1. Idejno rješenje

U drugoj izvedbi sustava ostvareno je povezivanje nadređenog PLC uređaja sa zasebnim komunikacijskim modulom (CP 343-1 Advanced) i pretvarača napona i frekvencije ACS880 preko industrijske računalne mreže Profinet I/O (Slika 7.). Za centralnu procesorsku jedinicu odabran je CPU 315-2DP iz serije SIMATIC S7-300 serije koji ima integrirani PROFIBUS port. Kako bi CPU 315-2DP mogao komunicirati preko Profinet I/O mreže korišten je zasebni komunikacijski modul CP 343-1 Advanced koji služi kao Profinet I/O kontroler za operacije sa distribuiranim I/O uređajima na mreži.



Slika 7. Idejno rješenje povezivanja druge izvedbe sustava

4.2. Princip komunikacije

Kako bi PLC uređaj mogao komunicirati preko zasebnog komunikacijskog ethernet modula sa pretvaračem frekvencije potrebno je u upravljačkom programu pozvati komunikacijske blokove:

FC11 „PNIO_SEND“ (za slanje podataka),
FC12 „PNIO_RECV“ (za primanje podataka).
Karakteristike komunikacijskih blokova FC11 i FC12 su sljedeće:

FC11 i FC12 su sinkroni komunikacijski blokovi, Za S7-300 kontrolere blokovi se nalaze u „SIMATIC_NET_CP“ biblioteci, Blokovi se moraju pozvati u OB1 organizacijskom bloku, Završetak operacije prikazan je statusima „DONE“, „NDR“ ili „ERROR“

Zadaća komunikacijskoga bloka FC11 je prenositi podatke iz korisničkog programa centralne procesorske jedinice u modul CP343-1 Advanced. Blok prenosi podatke namijenjene izlaznim uređajima (eng. IO devices) iz zadanih izlaznih adresa CPU-a

u CP modul. Kada se FC11 poziva u OB1 potrebno je unijeti parametre objašnjene na Slici 8.

Ime	Vrijednost	Komentar
CPLADDR	W#16#100	Početna izlazna adresa CP modula zapisana u hexadecimalnom obliku
MODE	B#16#0	Kako se CP modul koristi samo kao Profinet I/O kontroler MODE = 0
LEN	24	Broj bajtova koje treba poslati iz područja definiranog u varijabli SEND (BYTE 24)
SEND	P#DB1.DBX0.0 BYTE 24	DB1 – Podatkovno područje u koje se spremaju izlazne PZD riječi DBX0.0 - Početna adresa izlaznih adresa pretvarača BYTE 24 – Veličina izlaznih adresa pretvarača
IOCS	P#DB2.DBX0.0 BYTE 4	DB2 – Podatkovno područje u koje se spremaju informacije o stanju izlaznog područja DBX0.0 – Početak adresa informacije BYTE 4 – se dobiva iz formule (LEN/8+1)
DONE	M10.0	Bit koji prikazuje da li je slanje uspješno
ERROR	M10.1	Bit koji prikazuje da li je došlo do greške
STATUS	MW12	Statusna adresa za dijagnostiku i greške
CHECK_IOCS	M10.3	Pomoćni bit koji pokazuje treba li IOCS biti razmotren

Slika 8. Objašnjenje izrađenog komunikacijskog bloka FC11

Komunikacijski blok FC12 prima podatke iz modula CP343-1 Advanced i upisuje ih u korisnički program u CPU-u. Blok prihvaća procesne podatke ulaznih uređaja kao i informaciju o stanju od CP modula i pohranjuje u zadano ulazno područje CPU-a. Kada se FC12 poziva u OB1 potrebno je unijeti parametre objašnjene Slici 9.

Ime	Vrijednost	Komentar
CPLADDR	W#16#100	Početna ulazna adresa CP modula zapisana u hexadecimalnom obliku
MODE	B#16#0	Kako se CP modul koristi samo kao Profinet I/O kontroler MODE = 0
LEN	24	Broj bajtova koje treba prihvatiti iz područja definiranog u varijabli RECV (BYTE 24)
RECV	P#DB3.DBX0.0 BYTE 24	DB3 – Podatkovno područje u koje se spremaju ulazne PZD riječi DBX0.0 - Početna adresa ulaznih adresa pretvarača BYTE 24 – Veličina ulaznih adresa pretvarača
IOPS	P#DB4.DBX0.0 BYTE 4	DB4 – Podatkovno područje u koje se spremaju informacije o stanju izlaznog područja DBX0.0 – Početak adresa informacije BYTE 4 – se dobiva iz formule (LEN/8+1)
NDR	M14.0	Bit koji prikazuje da li je slanje uspješno
ERROR	M14.1	Bit koji prikazuje da li je došlo do greške
STATUS	MW16	Statusna adresa za dijagnostiku i greške
CHECK_IOPS	M14.2	Pomoćni bit koji pokazuje treba li IOPS biti razmotren
ADD_INFO	MW18	Dodatna dijagnostička informacijska adresa

Slika 9. Objašnjenje izrađenog FC12 komunikacijskog bloka

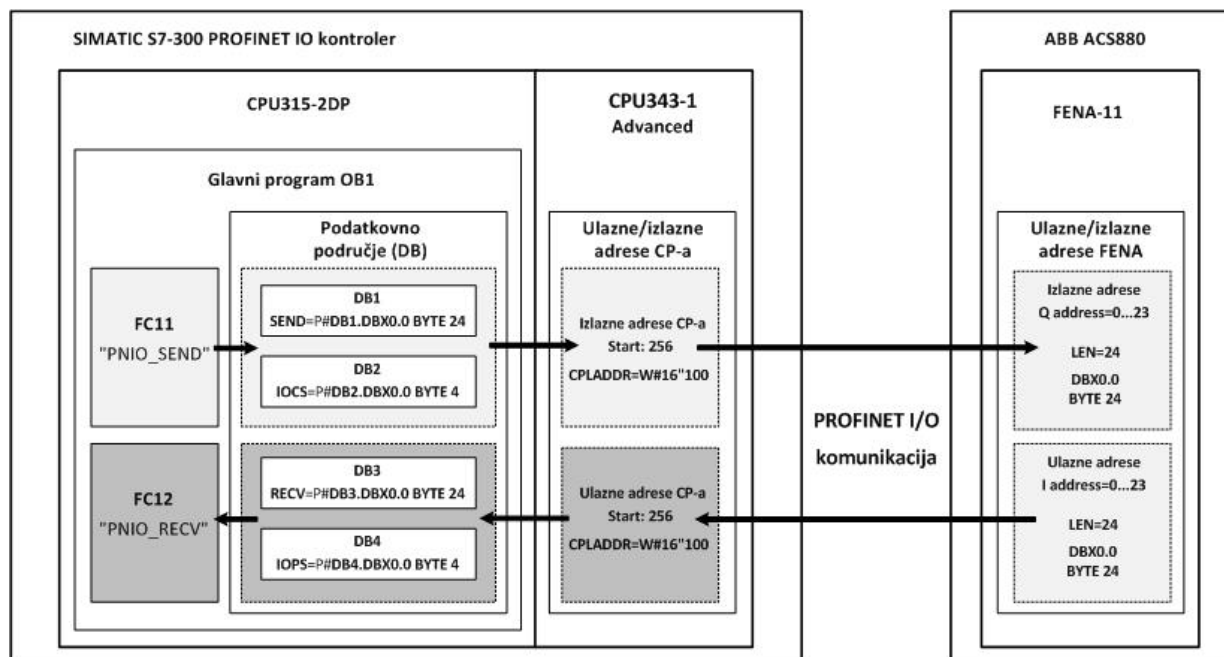
Za komunikaciju u sustavu koristi se PPO Type 7 struktura podataka, isto kao u slučaju konfiguracije S7-300 sa integriranim portom, ali se razmjena podatka vrši preko komunikacijskih blokova FC11 i FC12 [6]. Slika 10. prikazuje principnu blok shemu PROFINET I/O komunikacije u sustavu. Kako bi pomoću komunikacijskog bloka FC11 iz glavnog programa OB1 mogli poslati podatak komunikacijskom modulu FENA-11 potrebna su dva podatkovna područja unutar procesorske jedinice. Podatkovni blok DB1 (SEND) služi za upisivanje procesnih PZD riječi dok podatkovni blok DB2 (IOCS) služi za spremanje informacija o stanju izlaznog područja. Prilikom upisivanja vrijednosti varijable SEND potrebno je definirati podatkovni blok (u ovom slučaju DB1), početak izlazne Q adrese FENA modula (DBX0.0) te njihovu ukupnu veličinu (BYTE 24) što se zajedno zapisuje u obliku pokazivača P#DB1.DBX0.0

BYTE 24. Komunikacijski procesor CP343-1 Advanced preuzima podatke iz podatkovnog bloka DB1 i preko svojih izlaznih adresa ih prosljeđuje FENA-11 komunikacijskom modulu pretvarača. Parametar CPLADDR označava početne izlazne adrese CP modula zapisane u heksadecimalnom obliku. Kako je početna izlazna adresa 256, potrebno ju je pretvoriti u heksadecimalni broj što se zapisuje kao W#16#100. Modul FENA-11 dobiveni podatak od strane CP modula obrađuje i šalje upravljačkoj jedinici pretvarača frekvencije ACS800. Komunikacijski blok FC12 za primanje podataka od strane CP modula djeluje na istom principu kao i FC11, jedino što se podaci šalju iz ulaznih I adresa FENA modula u ulazne adrese CP modula. Nakon toga se podaci prosljeđuju podatkovnom bloku (DB3) u procesorskoj jedinici, dok podatkovni blok DB4 služi samo za spremanje informacija o stanju ulaznog područja. Ostali

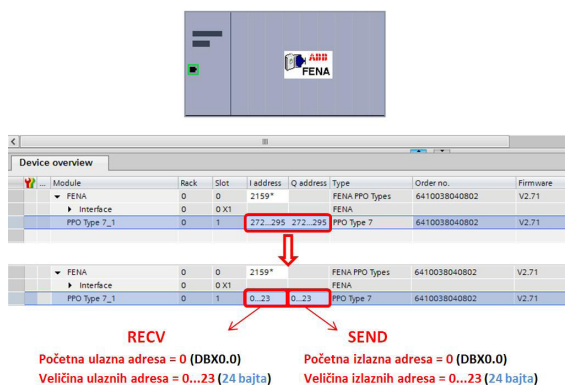
parametri (NDR, ERROR, STATUS. Itd.) u obje funkcije služe samo nadgledanje grešaka u komunikaciji.

4.3. Implementacija u step 7/tia portal v12

Postupak sklopovske konfiguracije u programskim paketima STEP 7/TIA Portal V12 sadrži sve korake koji su potrebni kod rada sa integriranim Profinet portom. Naravno, u ovom slučaju se sva podešenja vrše na zasebnom komunikacijskom modulu CP343-1 Advanced za koji se definira virtualna Profinet I/O mreža i dodaje virtualni komunikacijski modul pretvarača FENA-11. Kako se koristi zasebni komunikacijski modul početne ulazne i izlazne adrese pretvarača frekvencije moraju biti postavljene na način da kreću od 0 (Slika 11.).



Slika 10. Principna blok shema Profinet I/O komunikacije u sustavu



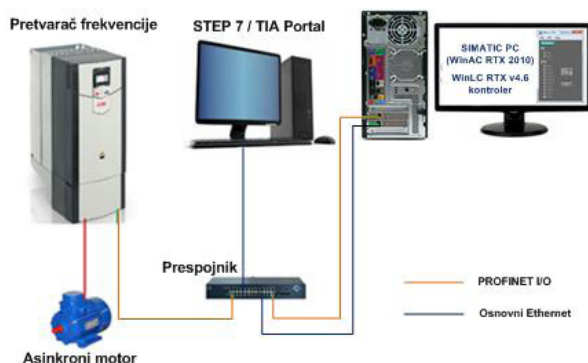
Slika 11. Definiranje ulazno – izlaznih adresa pretvarača (PPO 7)

Upravljački program sadrži komunikacijski blok FC11 koji koristi (DB1) podatkovno područje za spremanje izlaznih PZD riječi sa pretvarača veličine 24 bajta i (DB2) za spremanje informacije o stanju izlaznog područja pretvarača veličine 4 bajta, dok FC12 blok koristi (DB3) za spremanje ulaznih PZD riječi sa pretvarača veličine 24 bajta i (DB4) za spremanje informacije o stanju ulaznog područja pretvarača veličine 4 bajta.

5. PROGRAMSKI PLC KAO NADREĐENI SUSTAV

5.1. Idejno rješenje

U ovoj izvedbi sustava ostvareno je povezivanje nadređenog programskog PLC sustava i pretvarača napona i frekvencije ACS880 preko industrijske računalne mreže Profinet I/O (Slika 11.).



Slika 12. Idejno rješenje povezivanja treće izvedbe sustava

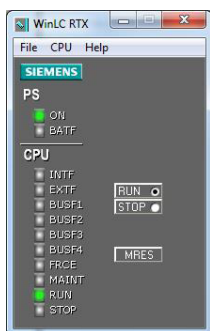
Programski PLC sustav je izveden pomoću programske podrške SIMATIC WinAC RTX 2010 koja služi za upravljanje rješenjima u automatizaciji temeljenim na osobnim računalima koje omogućuje izvršavanje determinističkih funkcija upravljanja za rad u realnom vremenu. Programski paket SIMATIC WinAC RTX 2010 u sebi sadrži programski kontroler WinLC RTX v4.6 koji može upravljati distribuiranim I/O uređajima preko PROFIBUS DP i PROFINET I/O mreže. Sklopovska konfiguracija računala sa programskim PLC sustavom je izvedena sa dvije ethernet mrežne kartice. Jedna kartica je standardnog tipa i služi za povezivanje sa računalom za konfiguraciju sustava na kojem je instalirana programska podrška STEP 7 odnosno TIA Portal v12. Druga kartica mora biti namjenska ethernet kartica koja podržava Profinet I/O komunikacijski protokol. Moguće je koristiti originalne komunikacijske kartice tvrtke Siemens (CP1616/1604) dok je cjenovno puno povoljnije rješenje upotreba IE_General komunikacijskih kartica sa ugrađenim posebnim Profinet I/O chipsetom izrađenim od strane tvrtke Intel. U sljedećoj tablici prikazane su sve podržane IE_General Profinet I/O komunikacijske kartice za WinLC RTX v4.6 kontroler.

Tablica 1. IE_General Profinet I/O komunikacijske kartice za WinLC RTX v4.6 kontroler

IE_general Profinet I/O komunikacijske kartice za WinLC RTX v4.6 kontroler	Chipset
Intel Gigabit CT	Intel I82574L
Intel 2-Port PCIe	Intel I82571EB
Intel Pro/1000 PL	Intel 82573L
Intel Pro/1000 GT	Intel 82541PI
Intel Gigabit	Intel 82571EB

Kako bi WinLC RTX kontroler mogao komunicirati preko Profinet I/O mreže sa pretvaračem napona i frekvencije potrebno je koristiti zasebnu Profinet I/O komunikacijsku karticu. U ovoj izvedbi povezivanja korištena je Intel Gigabit CT Desktop Adapter komunikacijska kartica sa ugrađenim I82574L chipsetom. Najvažnija karakteristika odabrane Intel Gigabit CT Desktop Adapter komunikacijske kartice jest MSI-X podrška. Kako bi SIMATIC WinAC RTX programska podrška mogla koristiti IE_General Profinet I/O komunikacijske kartice potrebno je postaviti ekskluzivan signal prekida (Exclusive IRQ) u Windows operativnom sustavu na željenoj kartici. Komunikacijske kartice koje imaju MSI-X podršku ne trebaju imati ekskluzivan signal prekida i nije potrebno dodatno podešavanje što bitno olakšava konfiguraciju sustava. Podešavanje sklopovskog PLC sustava i princip komunikacije

Kako bi se dobila mogućnost upravljanja pretvaračem napona i frekvencije pomoću PLC kontrolera baziranog na PC računalu potrebno je na tom računalu podesiti PLC konfiguracijsku stanicu pomoću alata Station Configuration editor. Prvo je potrebno u Windows operativnom sustavu definirati statičke IP adrese unutar istog raspona za obje ethernet kartice. Nakon toga je u prozor konfiguracijske stanice potrebno dodati WinLC RTX komponentu, koja predstavlja procesorku jedinicu programskog PLC sustava, te obje komunikacijske kartice. Posljednji korak je zadanje naziva konfiguracijske stanice koje će biti potrebno prilikom upisati kod izrade sklopovske konfiguracije u programskoj podršci STEP 7/TIA Portal v12. Nakon izrade PLC konfiguracijske stanice pomoću Station Configuration Editor alata potrebno je pokrenuti WinLC RTX kontroler čime je programski PLC sustav spreman za rad (Slika 13.).

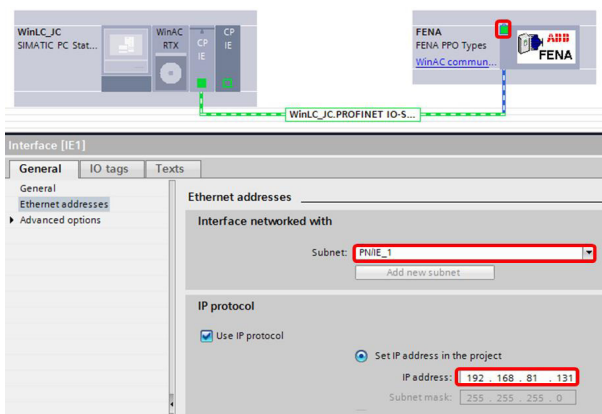


Slika 13. Prikaz WinLC RTX kontrolera u „RUN“ modu rada

Princip komunikacije je izveden kao u prvoj izvedbi sustava odnosno koriste se PPO 7 strukture podataka i potpuno jednaki upravljački programi u organizacijskom bloku OB1.

Implementacija u STEP 7/TIA Portal V12

Prije izrade programske podrške u TIA Portal-u potrebno je prvo na energetsom pretvaraču podesiti parametre za komunikaciju preko Profinet I/O mreže na jednak način kao što je to bio slučaj u prvoj izvedbi sustava. Nakon toga je u prozoru skolpovske konfiguracije potrebno izraditi virtualnu konfiguraciju programskog PLC sustava koja se sastoji od WinLC RTX kontrolera i dvije ethernet komunikacijske kartice. Također je potrebno dodati PPO 7 komunikacijski profil te definirati IP adrese ethernet kartica i FENA-11 komunikacijskog modula pretvarača napona i frekvencije (Slika 14.).



Slika 14. Dodjeljivanje Profinet I/O parametara komunikacijskom modulu FENA-01/11

Kako su ulazne i izlazne adrese za nadzor i upravljanje pretvaračem napona i frekvencije identične kao kod prve izvedbe sustava u TIA Portalu, tako je i upravljački program u organizacijskom bloku OB1 u potpunosti izrađen na jednak način.

6. ZAKLJUČAK

Sklopovska izgradnja te računalna konfiguracija Profinet mrežne infrastrukture na pogonskom

nivou bi trebao biti relativno jednostavan postupak primjenjujući norme i poštivajuću uputstva proizvođača opreme. U ovom radu je prikazano kako podrška proizvođača, bez obzira na poštivanje normi kod izrade komponenti i programske podrške, sa ovakvim sustavima je više nego nedostatna. Zbog toga je ovo provedeno istraživanje Profinet tehnologije i njezinog načina rada uzelo desetke sati rada u traženju rješenja koje niti jedan proizvođač ne daje, a niti su kao takva navedena u normi.

U prvom dijelu rada je prikazan sustav koji bi se trebao moći konfigurirati i upogoniti u vremenu od najviše par sati, što se pokazalo nemoguće. U drugom dijelu rada je prikazano koliko je za naizgled jednostavan sklop, koji se razlikuje od prvoga samo po odvojenoj jedinici za komunikaciju, potrebno uložiti vremena i znanja da bi sustav proradio. Takva rješenja bi trebala biti jednostavna, nadogradnje sustava omogućene i objašnjene od strane proizvođača opreme, no ovime se prikazalo da to nije tako. Prve dvije sklopovske strukture su potakle istraživački rad na trećem sklopu kojemu su je upravljački sklop, odnosno PLC, emuliran kao programski paket na PC računalu. Time se htjela pokazati univerzalnost, odnosno da bi ovakav sustav, bez obzira na sklopovsko rješenje upravljačkog računala, koje je ovime zamjenjeno emulacijom upravljačkog računala, moralo uredno raditi. Nakon provedenog testiranja, došlo se do rješenja nabavom zasebnih ethernet mrežnih kartica sa posebnim kontrolerom mreže i programom koji ga pogoni, da bi ostvarili rad mreže u realnom vremenu. Također se pokazalo da programska podrška sa dva editora istog proizvođača ne radi jednako za emulirano računalo. Kod trećeg sklopa je implementirano iskustvo sa pretvaračem stečeno na prva dva sustava tako da u tom dijelu nije bilo problema. I jedan i drugi proizvođač su izradili mrežne sklopove i programsku podršku koja je definirana Profinet normom što dokazujemo ispravnim radom sustava. Dakle poštivanje normativa neminovno mora dati rješenje, koje se na kraju pronašlo te je u radu objašnjeno. Kako i je li ta implementacija jednostavna, dokazuje ovaj rad. Svakako je nužno proučiti i baviti se ovim područjem računalnih mreža, jer ovakvi sustavi će se zasigurno masovnije primjenjivati kroz skoro vrijeme u industriji. Ta sama primjena, odnosno konfiguracija računalne mreže i sklopova, u budućim aplikacijama se može referencirati na ovaj rad, što je naš doprinos.

7. LITERATURA

- [1] Pigan Raimond; Metter Mark: „Automatisieren mit PROFINET: Industrielle Kommunikation auf Basis von Industrial Ethernet“; Publicis Corporate Publishing; Auflage: 2. überarbeitete Auflage (15. Februar 2008)
- [2] „pi_white_paper_profinet_it_en_v1_0.pdf“; PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.; December 2008
- [3] „B01_PROFINET_system_en.pdf“; PROFINET System Description Version April 2009; PNO 4.132
- [4] Berger, Hans; „Automating with SIMATIC“; Publicis Corporate Publishing; 2nd revised edition 2003
- [5] Goran Malčić, „Ethernet/IP - Industrijski Ethernet“, članak za stručni časopis Elektro, Zagreb 2004.
- [6] Julije Čučuk: „Upravljanje pretvaračem ACS880 preko ProfiNet I/O mreže sa PLC uređajima tvrtke Siemens“, završni rad - diplomski/integralni studij, Elektrotehnički odjel Tehničkog veleučilišta u Zagrebu, 18.12. 2013
- [7] „B01_PROFINET_system_en.pdf“; PROFINET System Description Version April 2009; PNO 4.132
- [8] „SIMATIC NET NCM for Industrial Ethernet“, Siemens AG, 2005

AUTORI



Mr.sc. Goran Malčić rođen je 1972. godine u Zagrebu gdje završava srednju elektrotehničku školu. Studij završava na temi upravljačke aplikacije industrijskog robota, a poslijediplomski magistarski studij na temi automatizacije primjenom S88 norme. Viši predavač je na Elektrotehničkom odjelu TVZ na kolegijima vezanim za računalnu automatizaciju. Na TVZ je voditelj Specijalističkog studija elektrotehnike. Ima objavljeno preko 50 radova, recenzirane nastavne materijale te je vodio preko dvije stotine diplomskih i završnih radova. Nagrađen je nagradom INOVA, te je pozivan na više predavanja. Dulji niz godina je stručni suradnik na projektima

automatizacije procesa uporabom PLC i SCADA sustava za domaću i stranu industriju.



Dr. sc. Ljubivoj Cvitaš rođen 1952. godine u Zagrebu, diplomirao je 1976. i magistrirao 1982. godine na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, a doktorirao 2009. godine na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku. Radio je u KONČAR - Institutu za elektrotehniku kao specijalist za elektroniku. Godine 1986. zapošljava se u firmi ATM Zagreb u Sektoru razvoja. Godine 1991. postaje voditeljem Sektora razvoja. Osnutkom Siemens u Hrvatskoj, nastavlja rad kao voditelj razvoja u novo-nastaloj tvrci. Godine 2002 organizira i vodi razvojno-istraživački centar za mjerenja temperature u industriji. Na TVZ prelazi 2009. gdje radi na kao viši predavač te voditelj razvojno-istraživačkih projekata.



Danijel Maršić rođen je 1984. godine u Zaboku, Hrvatska. Srednju školu završio je 2003. u Sesvetama. Iste godine upisao je stručni studij elektrotehnike na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu, a diplomirao je 2006. godine na Zavodu za automatizaciju i procesno računarstvo. Nakon diplome zaposlio se kao laborant na Elektrotehničkom odjelu Tehničkog veleučilišta u Zagrebu. Pohađao je politehnički specijalistički diplomski stručni studij elektrotehnike na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu, gdje je diplomirao 2010. godine. Od 2011. godine prelazi na radno mjestu asistenta gdje radi na predmetima stručnog i specijalističkog studija elektrotehnike iz područja industrijske automatizacije. Autor je nekoliko članaka objavljenih na stručnim konferencijama sa međunarodnom recenzijom.