

PRIMJENA MODBUS PROTOKOLA U KOMUNIKACIJI PLC-A I UREĐAJA ZA MJERENJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

APPLICATION OF THE MODBUS PROTOCOL IN THE COMMUNICATION OF PLCs AND DEVICES FOR MEASURING THE CONSUMPTION OF ELECTRICAL ENERGY

Karlo Pavić, Davor Gadže, Ivan Šulekić, Dorian Jelečki

Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, 10000 Zagreb, Hrvatska

SAŽETAK

Ovaj rad predstavlja način povezivanja PLC-a s mjernim uređajem preko MODBUS protokola. Konfiguracija se odvaja u tri dijela: programiranje programa u TIA Portal-u, konfiguracija mjernog uređaja pomoću IP adrese te izrade vizualnog sučelja. Unutar TIA Portala-a radi se pretvorba pročitanih podataka iz mjernog uređaja u podatke pogodne za prikaz na vizualnom sučelju. Pretvoreni podatci koriste se u izračunu potrošnje električne energije. Vizualno sučelje sastoji se od tri prozora: prozor napon i struja, prozor snaga te prozor grafa potrošnje.

Ključne riječi: PLC, Siemens S7-1200, Modbus, Weintek HMI, Dranetz 61000

ABSTRACT

This work presents a way to connect PLC with measuring devices via MODBUS protocol. The configuration is divided into three parts: program programming in the TIA Portal, configuration of the measuring device using the IP address and creating a visual interface. Within the TIA Portal, the data read from the measuring device is converted into data suitable for display on the visual interface. The converted data is used in the calculation of electricity consumption. The visual interface consists of three windows: voltage and current window, power window and consumption graph window.

Keywords: PLC, Siemens S7-1200, Modbus, Weintek HMI, Dranetz 61000

1. UVOD

1. INTRODUCTION

Ovim radom prikazan je jedan od načina povezivanja PLC-a s mjernim uređajem pomoću MODBUS protokola. Odabrana je TCP/IP verzija protokola zbog mogućnosti spajanja ethernet kabela na mjerni uređaj. Rad se spaja na trofaznu mrežu 400V/50Hz te zbog provjere rada odabrano je 3 različita potrošača po fazi. Potrošači su žarulje postavljene u kućište posebno izrađeno za njih. Kućište za potrošače izrađena je u SOLIDWORKS-u te 3D printana na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu odijela Elektrotehnika. Naponski priključci mjernog uređaja se spajaju paralelno, dok strujni priključci se spajaju serijski. Za uspješnu konfiguraciju odabran je unaprijed programirani komunikacijski blok unutar TIA Portala-a. Dodatnim slanjem mjerenih veličina kao i graf potrošnje električne energije na vizualno sučelje prikazuje se namjena HMI uređaja u regulaciji industrijskih postrojenja.



Slika 1. Komponente sustava
Figure 1 System components

2. MODBUS PROTOKOL

2. MODBUS PROTOCOL

Komunikacija se odvija na temelju klijenta i servera. Klijent šalje zahtjeve serverima, te serveri šalju povratnu poruku ili odgovor. Komunikacija je jednosmjerna, klijent može slati zahtjev za odgovor serverima, no serveri ne mogu poslati zahtjev za odgovor klijentu. Ovaj oblik komunikacije odgovara namijeni ovog rada (rad samo čita mjerene podatke, ne upisuje ništa).

Odabrana verzija MODBUS protokola TCP/IP za povezivanje koristi protokol TCP port 502. Ova verzija ne zahtijeva kontrolnu sumu zbog nižih slojeva koji samo obuhvaćaju zaštitu kontrolne sume.

2.1. ZAPIS PODATAKA

2.1. DATA RECORD

Pri zapisu podataka koristi se dvije vrste zapisa/prikaza. Prvi tip je jedno-bitan zapis naziva coils, on poprima 2 stanja (logičku 0 ili logičku 1). Registers su drugi tip zapisa. Oni su 16-bitni

zapisi, primaju vrijednost od 0 do 65 535 (216). Tablica 1 te tablica 2 prikazuju koje operacije obavljaju pojedinačni zapisi te raspon adresa koje se koriste za pohranjivanje.

Tablica 1. Coil karakteristike

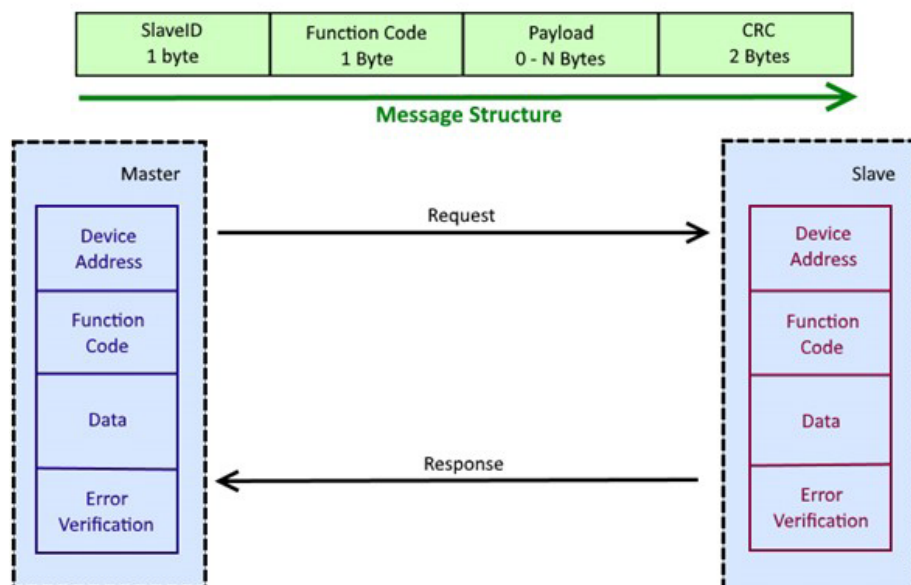
Table 1 Coil characteristics

	COIL	DISCRETE INPUT
OPERACIJA	čitaj/piši	čitaj
VELIČINA	1 bit	1 bit
RASPON ADRESA	00001-09999	10001-19999

Tablica 2 Register karakteristike

Table 2 Registers characteristics

	INPUT REGISTER	HOLDING REGISTER
OPERACIJA	čitaj	piši
VELIČINA	16 bita	16 bita
RASPON ADRESA	30001-39999	40001-49999



Slika 2. Primjer MODBUS zahtjeva [2.]

Figure 2 MODBUS message structure [2.]

```

1 #Counter := 0;
2 FOR #Counter := 0 TO 56 BY 1 DO
3   #Buffer[#Counter] := ROR(IN := "ReadValues".Register[#Counter], N := 16);
4   "ConvertedValues".ConvertedValues[#Counter] := DWORD_TO_REAL(#Buffer[#Counter]);
5 END_FOR;

```

Slika 3. Naredba ROR i DWORD_TO_REAL

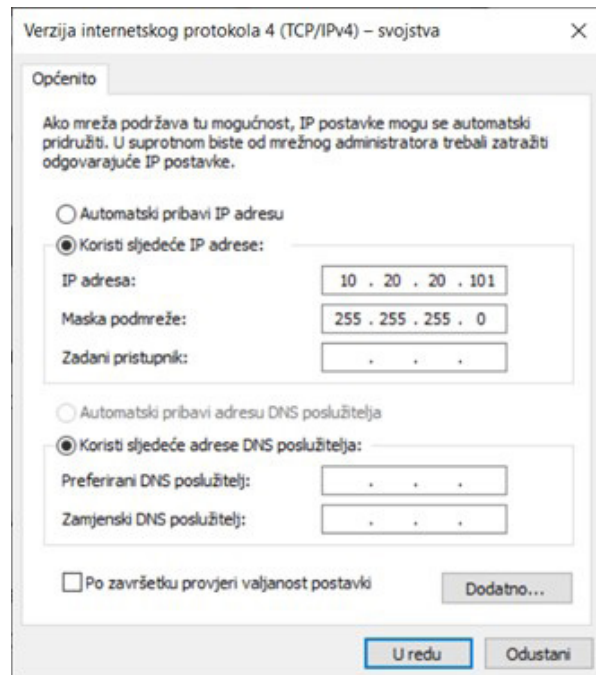
Figure 3 ROR and DWORD_TO_REAL instruction

Pročitani podatci iz mjernog uređaja u većini slučaja su 32-bitni podatci, no registri su 16-bitni. Problem upisivanja 32-bitna podatka riješen je podjelom na viši i niži bit. Broj 17.32852 je 32-bitni podatak, po tome MODBUS protokol zahtijeva dva registra za jedan pročitani podatak. Dodatni problem kod podjele na viši i niži bit je da konstrukcija nekih uređaja zahtijeva da viši i niži bit zamijene mjesta, te dolazi do krivo pročitane informacije (greške). Mjernom uređaju Dranetz 61000 zbog konstrukcije unutar TIA Portala-a mora se zamijeniti viši i niži bit. Naredbom ROR rotira se prvih n bita u desno (za ovaj rad n=16). Nakon rotiranja zbog računanja tim podatcima prebacuju se isti rotirani podatci u real tip podataka.

3. KONFIGURACIJA KOMUNIKACIJE

3. COMMUNICATION CONFIGURATION

Instrukcijski blok MB_CLIENT na CONNECT pokazivač (Slika 6) za spajanje na mrežu koristi IPv4, zbog toga konfigurirane su na svim uređajima IPv4 adrese. Da bi uređaji međusobno komunicirali na IPv4 mreži, prva tri okteta IP adrese treba se podudarati. Zadnji oktet predstavlja uređaj u mreži, dok prva predstavljaju mrežu i podmrežu unutar te mreže.

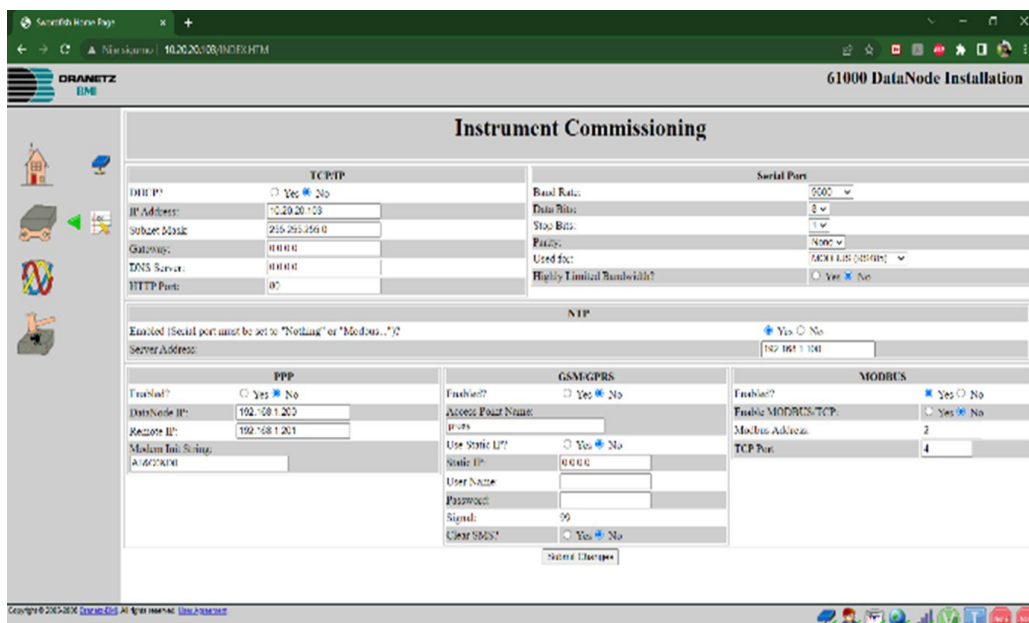


Slika 4. IPv4, mrežne postavke računala
Figure 4 IPv4, Network settings of the computer

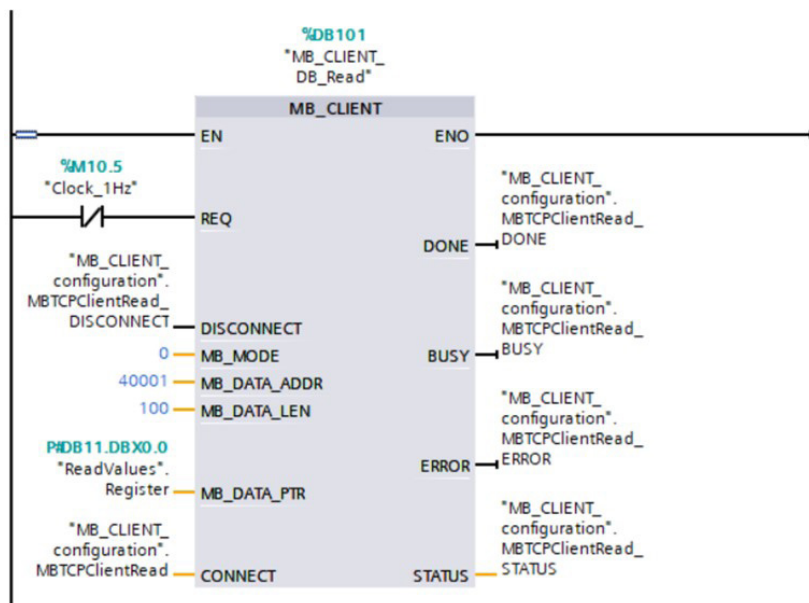
3.1. DRANETZ 61000 MJERNI UREĐAJ

3.1. DRANETZ 61000 MEASURING DEVICE

Konfiguracija mjernog uređaja obavljena je u web pregledniku upisom njegove IP adrese. IP adresa mjernog uređaja je 10.20.20.103. Pod MODBUS izbornikom Enabled treba biti uključen, dok MODBUS TCP/IP treba biti isključen. Ostale postavke se ne mijenjaju osim po potrebi.



Slika 5. Dranetz web postavke
Figure 5 Dranetz web settings



Slika 6. MODBUS Instrukcijski blok

Figure 6 MODBUS Instruction block

3.2. TIA PORTAL

3.2. TIA PORTAL

Odabirom PLC-a upisuje se IP adresa na priključak koji se koristi, za potrebe ovog rada to su: SIMATIC S7-1500, 10.20.20.67. te X1 P1 R utikač. Unutar glavnog organizacijskog bloka (OB1) nalazi se glavni program. Unutar instrukcija dodaje se MB_CLIENT instrukcijski blok. Instrukcija MB_CLIENT odvija komunikaciju kao MODBUS TCP klijent preko PROFINET veze. Pomoću tog bloka uspostavlja se veza između klijenta i poslužitelja, šalje MODBUS zahtjeve i prima odgovore te kontrolira prekid veze MODBUS TCP klijenta.

Instrukcijskom bloku dodano je osvježavanje svakih 1s (1 Hz). Koristi se MB_MODE 0 zbog čitanja podataka sa mjernog uređaja. Čita se prvih 100 registara počevši od 40001 adrese (Holding registri). MODBUS protokol kada klijent šalje zahtjev serveru za adresu 4xxxx, klijent čita registar 4xxxx – 1 registar od servera. Na primjer, zahtjev za registar 40005 vraća registar 4 od pomoćnog uređaja. Pročitani podatci spremaju se u podatkovni blok „ReadValues“ pod DWord tip podatka. Tim istim podatcima napravljena je rotacija i konverzacija prethodno opisana (Slika 3). Za CONNECT pokazivač uspostavljen je dodatni podatkovni blok „MB_CLIENT_configuration“ za uspostavljenje veze s mjernim uređajem, pokazivač također koristi TCON_IPv4 protokol.

MB_CLIENT_configuration			
	Name	Data type	Start value
1	Static		
2	MBTCPClientRead	TCON_IP_v4	
3	InterfaceId	HW_ANY	64
4	ID	CONN_OUC	16#1
5	ConnectionType	Byte	16#0B
6	ActiveEstablished	Bool	1
7	RemoteAddress	IP_V4	
8	ADDR	Array[1..4] of Byte	
9	ADDR[1]	Byte	16#A
10	ADDR[2]	Byte	16#14
11	ADDR[3]	Byte	16#14
12	ADDR[4]	Byte	16#67
13	RemotePort	UInt	4
14	LocalPort	UInt	0
15	MBTCPClientRead_DIS...	Bool	false
16	MBTCPClientRead_DO...	Bool	false
17	MBTCPClientRead_BUSY	Bool	false
18	MBTCPClientRead_ERR...	Bool	false
19	MBTCPClientRead_STA...	Word	16#0

Slika 7. Podatkovni blok

Figure 7 Data block

Unutar ovog podatkovnog bloka upisana je IP adresa mjernog uređaja, svaki oktet pod svoje mjesto (ADDR[1]...). 16# na početku okteta označava da je IP adresa upisna heksadekadskim oblikom. RemotePort je TCP Port mjernog uređaja.

4. IZRAČUN POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

4. CALCULATION OF ELECTRICITY CONSUMPTION

Za izračun dnevne potrošnje energije u stvarnom vremenu potrebno je i pratiti vrijeme.

Instrukcijskim blokom RD_SYS_T stavljenim u DTL prati se koji je dan u tjednu, te stvarno vrijeme sa sekundama. DTL tip podataka zapisuje podatke duljinom od 12 bajtova u unaprijed definiranoj strukturi. Posebno je važno da se zna koji je dan u tjednu zbog grafa potrošnje, „TimeBlock. DateTime.WEEKDAY“ pokazuje koji je taj dan.

Tablica 3. Vrijednost podatka WEEKDAY

Table 3 The value of the WEEKDAY data

Ponedjeljak (Monday)	2
Utorak (Tuesday)	3
Srijeda (Wednesday)	4
Četvrtak (Thursday)	5
Petak (Friday)	6
Subota (Saturday)	7
Nedjelja (Sunday)	1

Uključenjem programa na PLC računanje počinje od trenutka paljenja, graf potrošnje ima 7 vrijednosti koje je potrebno mijenjati ovisno koji je dan u tjednu (Slika 8). Program za mijenjanje dana koristi CASE OF funkciju.

Računanje potrošnje je zapravo pribrajanje potrošene električne energije svake sekunde.

$$\text{Energija} = \text{Energija} + \left(\text{Snaga} * \frac{\text{sekunde}}{3600} \right) [\text{kWh}] \quad (1)$$

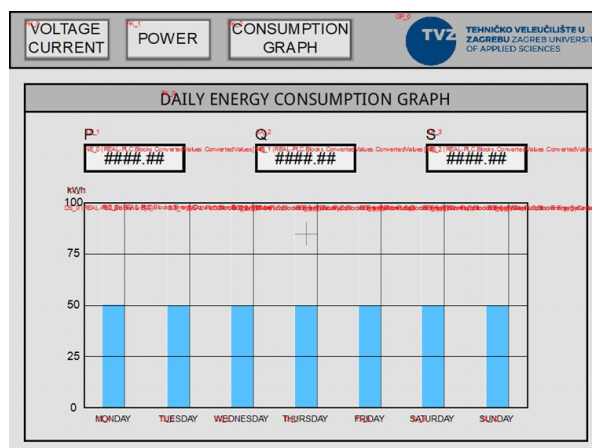
Snaga koja se koristi za izračun nalazi se na 40029 adresi mjernog uređaja, u TIA Portal-u podatkovnom bloku ta snaga nalazi se na 14. adresi. Zbog spomenutog problema u pisanju višeg i nižeg bita potrebno je adresu mjernog uređaja umanjiti za 1 i podijeliti sa 2.

5. VIZUALIZACIJA KORISNIČKOG SUČELJA

5. USER INTERFACE VISUALIZATION

Izrada vizualizacije obavlja se u EasyBuilderPro programu tvrtke Weintek. Prozori “VOLTAGE CURRENT“ i “POWER” sastoje se od NumericUpDown gumba koji preko povezanih tagova čitanih pomoću ethernet mreže iz PLC datoteke prikazuju željene mjerene vrijednosti. Prikaze vrijednosti postavljeni su da prikazuju 3 brojke prije decimalne točke, te 2 brojke iza

decimalne točke (Slika 8, za prikaz snaga 4 znamenke prije te 2 nakon). Skala grafa povećava se kako se povećava suma električne energije. Unutar TIA Portal-a nalazi se dio koda koji povećava skalu dok suma dođe do određenog iznosa.



Slika 8. Prozor grafa potrošnje energije

Figure 8 Energy consumption graph window

6. ZAKLJUČAK

6. CONCLUSION

Konfiguracija MODBUS komunikacije poslužuje kao laboratorijska vježba budući da nudi vrlo lako konfiguraciju, te puno nadogradnji. Moguća je promjena koje registre čita i/ili prikazuje. Model se može lako nadograditi sa drugačijim potrošačima ukoliko je potrebno. Ovaj način automatizacije industrijskih postrojenja nudi puno prednosti, te olakšava održavanje uređaja. HMI panel može se ugraditi na vrata razdjelnika ili ormara za servere.

Moguća nadogradnja modela:

- Konfiguracija komunikacije preko RS-232 priključka
- Dodatno poboljšanje vizualnog sučelja na HMI panelu omogućilo bi korisniku promjenu mjernih jedinica ili promjenu prikazanih mjerenja

7. REFERENCE

7. REFERENCES

- [1.] “Using a Siemens S7-1500 PLC as a Modbus TCP Client”, <https://www.dmcinfo.com/latest-thinking/blog/id/10030/using-a-siemens-s7-1500-plc-as-a-modbus-tcp-client>, 2019
- [2.] C. R. Steffens, D. Debiase, E. Leivas, L. C.

- Meireles, S. Botelho, V. Huttner, "Welding Turns Digital: Electronics and FPGA-based Design to Actuate a Linear Welding Work Cell", 2016
- [3.] D. Maršić, G. Malčić, I. Vlašić, "Izrada programskih komponenti u TIA Portal programskom okruženju", 2019
- [4.] Pavić K., Primjena Modbus protokola u komunikaciji PLC-a i uređaja za mjerenje potrošnje električne energije, završni rad, Zagreb 2023, Tehničko veleučilište u Zagrebu
- [5.] G. Malčić, D. Maršić, "Simatic S7 Programirljivi logički kontroleri", 2020

AUTORI • AUTHORS

• **Karlo Pavić** - rođen 19.10.2000. god u Zagrebu, maturirao 2019. god u Krapini gdje stječe zvanje tehničar za računalstvo. Završni rad pod mentorstvom mr.sc. Davora Gadže obranio 2023. godine na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Tokom 3. godine studiranja praksu izvršava u Končar - Električna vozila d.d. Područja interesa su mu automatizacija, robotika te programiranje.

Korespondencija • Correspondence

karlopavic69@gmail.com

• **Davor Gadže** - rođen 05.07.1972. god u Zenici, maturirao 1990. god MIOC u Zagrebu, diplomirao 1996. god FER u Zagrebu na smjeru elektrostrojstvo i automatizacija, magistrirao 2002 na istom fakultetu. Radio prvih 9 godina kao asistent na matičnom fakultetu, a od 2005. god radi na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu kao viši predavač. Područja interesa su mu projektiranje i nadzor električnih instalacija, nužni izvori napajanja i mjerenja prijelaznih pojava na NN.

Korespondencija • Correspondence

davor.gadze@tvz.hr

• **Ivan Šulekić** - rođen je 08.09.1983 godine u Zagrebu. U Zagrebu završava osnovnu školu i Srednju školu Sesvete (Elektrotehničku) gdje stječe zvanje tehničar za računalstvo. Po završetku srednje škole 2002. godine upisuje Fakultet elektrotehnike i računalstva, Sveučilišta u Zagrebu. Studij završava 2008 godine s temom diplomskog rada Modernizacija postrojenja Elektrolize tvornice Aluminij u Mostaru pod mentorstvom

dr.sc. Gorislava Ercega. Primarni interesi rada su upravljanje, regulacija, nadzor i projektiranje elektroinstalaterskih radova u građevinarstvu i industriji. Aktivno se koristi računalom za gotovo sve svrhe. U svome radu se aktivno koristi engleskim jezikom. Nakon studija radi u raznim privatnim tvrtkama kao inženjer za puštanje u pogon, razvojni inženjer, servisni inženjer, ispitivač električnih instalacija i stručnjak zaštite na radu. Na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu izvodi nastavu iz Automatskog Upravljanja, Elementa automatizacije i Sustava automatizacije. Tijekom rada na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu sudjeluje u nadzoru i projektiranju raznih elektroinstalaterskih radova u građevinarstvu i industriji. 2020 godine objavljuje stručni članak Decision tree algorithm for control of compressor multiset in refrigeration industry koji je objavljen u časopisu MIPRO 2020.

Korespondencija • Correspondence

ivan.sulekic@tvz.hr

• **Dorian Jelečki** - rođen je 05.06.1997. u Zagrebu. 2012. godine u Samoboru završava srednju strukovnu školu gdje je stekao zvanje tehničar za računalstvo. Nakon završetka srednje škole 2016. godine upisuje stručni preddiplomski studij elektrotehnike na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. 2019. godine završava preddiplomski stručni studij elektrotehnike te stječe zvanje stručni prvostupnik inženjer elektrotehnike. 2019. godine upisuje stručni diplomski studij elektrotehnike na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. 2021. godine završava stručni diplomski studij sa temom diplomskog rada „Elektromotorni pogoni bazena za ispitivanja u hidromehanici“ pod mentorstvom mr.sc. Davora Gadže, dipl.ing.el. te stječe zvanje stručni specijalist inženjer elektrotehnike. Trenutno radi u tvrtki PRO-KLIMA d.o.o. u Samoboru gdje radi kao programer-voditelj projekta na poslovima programiranja, ispitivanja i puštanja u rad klima-komora. 2022. godine zapošljava se na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu kao vanjski suradnik asistent u nastavi. Područje interesa su mu crtanje električnih shema, 3D crtanje elektroormara, PLC programiranje, SCADA sustavi, industrijske računalne mreže, upravljanje elektromotornim pogonima, HVAC sustavi.

Korespondencija • Correspondence

dorian.jelecki@tvz.hr