

SINKRONIZIRANO GIBANJE SERVOMOTORA

SYNCHRONIZED MOTION OF SERVOMOTORS

Karlo Petrinić, Dorian Jelečki, Davor Gadže, Ivan Šulekić

Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, 10 000 Zagreb, Hrvatska

SAŽETAK

U ovom radu objašnjeno je sinkronizirano gibanje dvaju servomotora na primjeru automatizacije sustava kolica za gibanje modela plovila. Spomenuti sustav sličan je sustavu portalne dizalice. Sustav kolica za gibanje plovila dio je sustava Centra za laboratorijska istraživanja u hidromehanici na Fakultetu strojarstva i brodogradnje. Cijeli sustav sastoji se od bazena, sustava kolica za gibanje plovila i sustava generatora valova koji nije opisan u ovome radu. Za automatizaciju sustava izrađen je programski kôd i operatorsko sučelje u Siemens TIA Portalu te je integrirana Siemensova periferna oprema: PLC serije Simatic S7-1511, PC SCADA, frekvencijski pretvarači serije Sinamics S210 te servomotori serije 1FK2. Operator preko operatorskog sučelja unosi set referentnih vrijednosti te odabire jedan od mogućih režima rada. Na operatorskom sučelju se također može pratiti trenutno stanje pozicije kolica kao i trenutna vrijednost brzine, akceleracije (ubrzanja) i deceleracije (usporenja) kolica.

Cljučne riječi: *TIA Portal, PLC, HMI, Sinamics S210, servomotor*

ABSTRACT

In this paper, the synchronous motion of two servomotors is explained on the example of the automation of the trolley system for the motion of the vessel model. The mentioned system is similar to the gantry crane system. The trolley system for vessel motion is part of the system of the Center for Laboratory Research in Hydromechanics at the Faculty of Mechanical Engineering and Shipbuilding. The entire system consists of a pool, a trolley system for the movement of the vessel

and a wave generator system that is not described in this paper. To automate the system, the program code and operator interface were created in Siemens TIA Portal and Siemens peripheral equipment was integrated: PLC series Simatic S7-1511, PC SCADA, frequency converters series Sinamics S210 and servomotors series 1FK2. The operator enters a set of reference values through the operator interface and selects one of the possible operating modes. The operator interface can also monitor the current state of the cart's position as well as the current value of the cart's speed, acceleration and deceleration.

Keywords: *TIA Portal, PLC, HMI, Sinamics S210, variable, servomotor*

1. UVOD

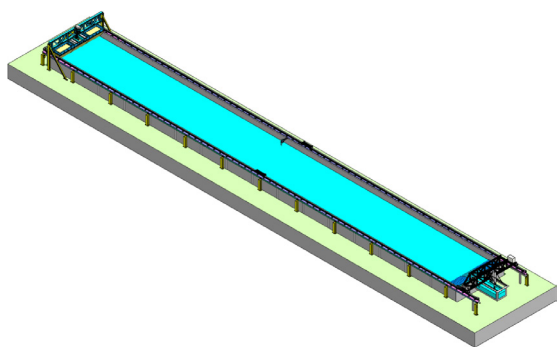
1. INTRODUCTION

Sustav kolica za gibanje modela plovila pomiče model plovila na referentnu poziciju sa referentnom brzinom, akceleracijom i deceleracijom, a sastoji se od tračnica, kolica i pogonskog sustava. Kolica služe za prihvat modela plovila te su pričvršćena na tračnice. Tračnice se nalaze sa lijeve i desne strane bazena. Pogonski sustav sastoji se od dva servomotora od kojih je svaki povezan sa jednom od tračnica i tako pretvaraju rotacijsko gibanje u translacijsko. Na krajevima tračnica nalaze se krajnji prekidači u svrhu sprječavanja udara kolica u završetak tračnica.

Za upravljanje sustavom potrebno je izraditi nekoliko režima rada kao što su: kalibracija, ispitivanje i zamjena modela plovila. Navedeni režimi rada opisani su u tekstu niže. Cijeli projekt automatizacije izrađen je u Siemens TIA Portalu V16. Zbog jednostavnosti programiranja i puštanja

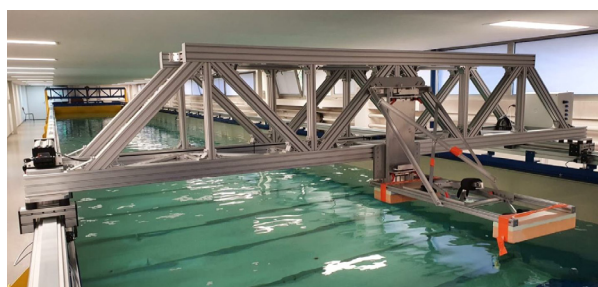
u rad sustava korišteni su tehnološki objekti *TO_PositioningAxis* i *TO_SynchronousAxis* te Siemensove funkcije iz biblioteke Motion Control. Izrađeno je operatersko sučelje sa svim potrebnim elementima za unos seta referentnih vrijednosti, odabir režima rada te nadzor pozicije kolica i trenutnih vrijednosti brzine, akceleracije i deceleracije. Set referentnih vrijednosti sastoji se od: pozicije, brzine, akceleracije i deceleracije.

Cilj ovog projekta je ostvariti automatsko upravljanje gore navedenim sustavom za gibanje modela plovila prema unaprijed zadanim referentnim vrijednostima (polazišna i zaustavna točka, brzina, ubrzanje, usporenje) od strane korisnika putem grafičkog sučelja.



Slika 1. Prikaz cijelog sustava

Figure 1 Display of the entire system



Slika 2. Kolica za gibanje modela plovila

Figure 2 Trolley for the movements of model boats

2. OPIS KOMPONENATA SUSTAVA

2. SYSTEM COMPONENT DESCRIPTION

2.1. PROGRAMIBILNI LOGIČKI KONTROLER

Programibilni logički kontroler (skraćeno PLC) je robusno industrijsko ugradbeno računalo. PLC se može proširiti sa raznim perifernim

komunikacijskim, ulaznim i izlaznim modulima. Postoji nekoliko različitih vrsta procesora iste serije PLC-a. PLC-ovi se prema vrsti procesora dijele na osnovne, tehnološke i sigurnosne. PLC se odabire ovisno o zahtjevima sustava (broj ulaza i izlaza, brzina odziva, memorija, itd.).

2.2. SCADA SUSTAV

SCADA sustav koristi se za daljinsko i lokalno upravljanje i nadzor sustava. Nalazi se na osobnom računalu te je na osobno računalo potrebno instalirati nužnu programsku podršku za njeno pokretanje. Može izvršavati komplicirane operacije kao što je arhiviranje događaja, izvršavanje programskih skripti u Visual Basicu, itd.

2.3. FREKVENCIJSKI PRETVARAČ

Za upravljanje servomotorima koriste se frekvencijski pretvarači. Frekvencijski pretvarači sa PLC-om komuniciraju pomoću PROFINET IRT protokola koji se temelji na ethernet tehnologiji. PROFINET IRT protokol koristi se za postizanje izokrone komunikacije u stvarnom vremenu koja osigurava slanje i primanje podataka u određenim trenucima.

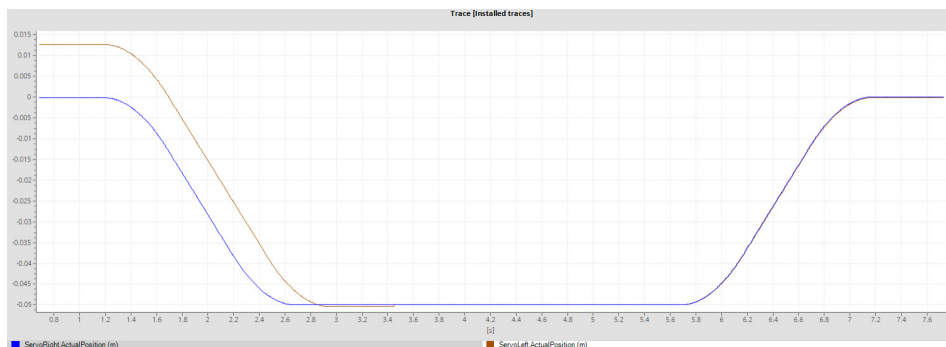
2.4. SERVOMOTOR

U ovom radu koriste se servomotori serije Siemens Simotics 1FK2. To su sinkroni servomotori sa permanentnim magnetima. Za određivanje trenutne pozicije, servomotor koristi apsolutni enkoder koji se nalazi u kućištu servomotora i povezan je sa osovinom servomotora.



Slika 3. Frekvencijski pretvarač i servomotor [5.]

Figure 3 Frequency converter and servo motor [5.]



Slika 4. Graf kalibracije

Figure 4 Calibration graph

3. REŽIMI RADA

3. WORKING MODES

3.1. KALIBRACIJA

Tijekom rada sustava razlika u pozicijama (devijacija) između *master* i *slave* servomotora ne smije biti veća od 15 mm. Maksimalna dozvoljena devijacija definirana je karakteristikama kolica. Ukoliko je devijacija veća od 15 mm tada je prije početka ispitivanja potrebno napraviti kalibraciju kolica, odnosno potrebno je postaviti pozicije *master* i *slave* servomotora na isti položaj. Kalibracija se izvršava automatski klikom na tipku *CALIBRATION*, a set referentnih vrijednosti je definiran od strane programera. Za potrebe kalibracije koriste se krajnji prekidači na strani početne pozicije kolica. Tijekom kalibracije krajnji prekidači isključuju se iz sigurnosnog sustava kako bi se spriječilo uključivanje istog. Na grafu su prikazane krivulje pozicija *master* (plava) i *slave* (smeđa) servomotora prije i poslije kalibracije.

3.2. ISPITIVANJE

Korisnik unosi set referentnih vrijednosti te pokreće kolica klikom na tipku *DRIVE*.

3.3. ZAMJENA MODELA PLOVILA

Kada dođe do potrebe za zamjenom modela plovila tada korisnik držanjem tipke *DOCK FORWARD* ili *DOCK BACKWARD* namješta kolica u idealnu poziciju iznad doka gdje se vrši zamjena modela. Kolica se u ovom režimu rada pomiču sa setom referentnih vrijednosti prethodno zadanih od strane programera.

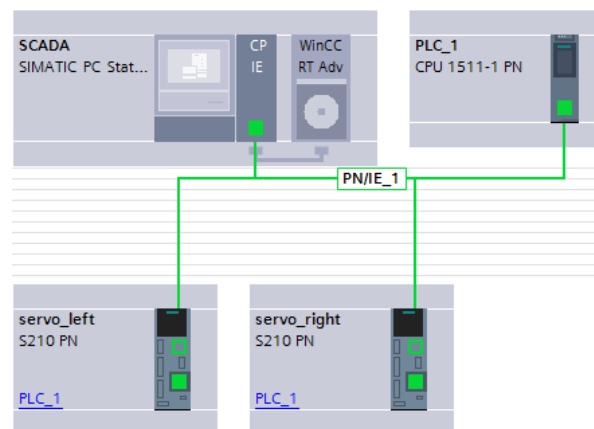
Na kraju ispitivanja ili zamjene modela plovila, korisnik vraća kolica u početni položaj klikom

na tipku *HOME*. Režim rada *HOME* također se izvršava sa setom referentnih vrijednosti prethodno zadanim od strane programera.

4. KONFIGURACIJA SUSTAVA

4. SYSTEM CONFIGURATION

Nakon umetanja frekvencijskog pretvarača u projekt, frekvencijskom pretvaraču potrebno je dodijeliti odgovarajući servomotor iz kataloga. PLC je potrebno podesiti kao *master* u PROFINET IRT komunikaciji, a nakon toga slijedi povezivanje svih uređaja u industrijsku računalnu mrežu.



Slika 5. Konfigurirana industrijska računalna mreža

Figure 5 Configured industrial computer network

5. PROGRAMSKI KÔD SUSTAVA

5. SOFTWARE

5.1. TEHNOLOŠKI OBJEKTI

Tehnološke funkcije su integrirane funkcije u TIA Portalu koje omogućuju jednostavno upravljanje, nadzor i puštanje servomotora

u rad. Omogućuje jednostavnu konfiguraciju parametara servomotora. Neki od tih parametara su: tip tereta na osovini elektromotora, mjerne jedinice, prijenosni omjer, granične vrijednosti pozicije, brzine, akceleracije, deceleracije, itd. Postoji nekoliko vrsta tehnoloških objekata, a u ovom radu korišteni su tehnološki objekti *TO_PositioningAxis* i *TO_SynchronousAxis* iz biblioteke *Motion Control*. Tijekom konfiguracije tehnoloških objekata potrebno je definirati koji će servomotor biti *master*, a koji *slave*. Tehnološki objekt *TO_PositioningAxis* koristi se za pozicioniranje osovine *master* servomotora. Tehnološki objekt *TO_SynchronousAxis* uključuje sve funkcije tehnološkog objekta *TO_PositioningAxis* i koristi se za pozicioniranje *slave* servomotora slijeđenjem *master* servomotora.

5.2. KORIŠTENE FUNKCIJE

Za upravljanje sustavom korištene su Siemensove funkcije iz biblioteke *Motion Control*. Te funkcije su predefiniране za određene radnje sa servomotorom, a ako postoji potreba za složenijim radnjama tada je potrebno izraditi vlastite funkcije. U ovom radu korištene su sljedeće funkcije:

- a) *MC_POWER* - postavlja konfigurirani servomotor u stanje pripravnosti,
- b) *MC_RESET* - potvrđuje greške, upozorenja i alarme vezane uz tehnološki objekt,

- c) *MC_HALT* - zaustavlja servomotor,
- d) *MC_HOMING* - postavlja osovinu servomotora na definirani položaj,
- e) *MC_MOVEABSOLUTE* - postavlja osovinu servomotora na definirani (apsolutni) položaj,
- f) *MC_MOVEJOG* - pomiče osovinu servomotora sve dok je ulaz funkcije u visokom stanju,
- g) *MC_GEARIN* - upravlja *slave* servomotor.

6. OPERATERSKO SUČELJE

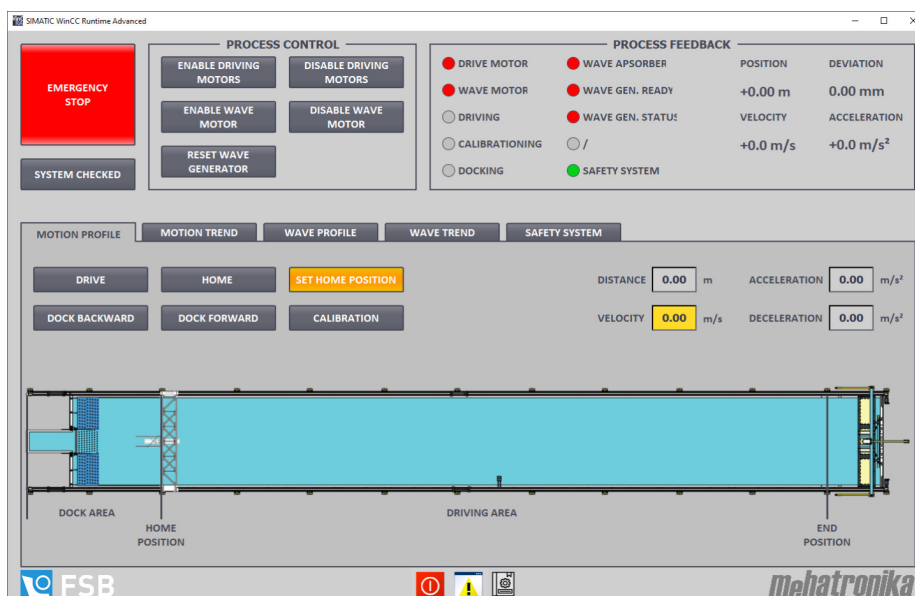
6. HUMAN MACHINE INTERFACE

Operatersko sučelje sadrži tipkala za odabir režima rada, polja za unos referentne vrijednosti pozicije, brzine, akceleracije i deceleracije. Osim upravljačkih elemenata, na operaterskom sučelju postoje i elementi za nadzor sustava. To su lampice, polja za prikaz trenutne vrijednosti pozicije, brzine, akceleracije i devijacije te grafički prikaz bazena na kojem se prikazuje točan položaj kolica.

7. ZAKLJUČAK

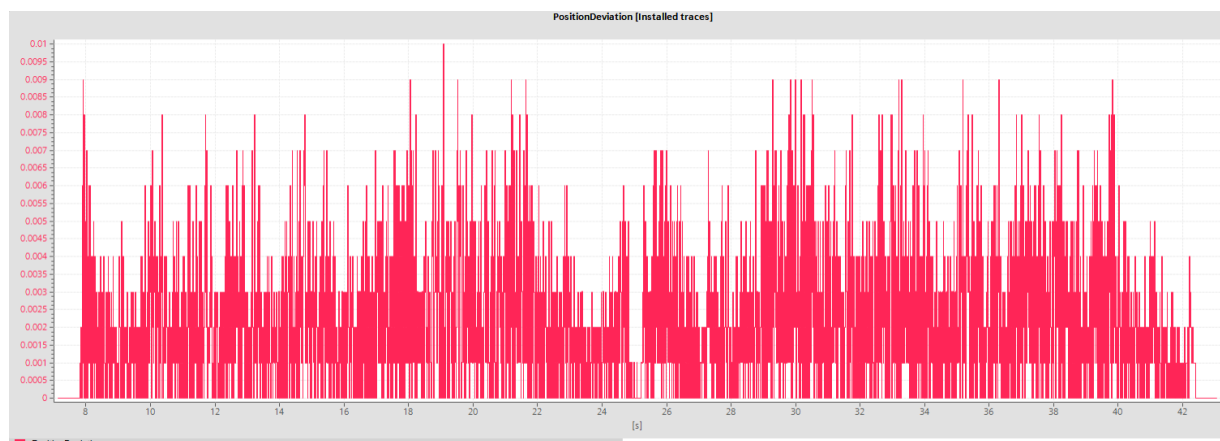
7. CONCLUSION

Ovim radom prikazana je automatizacija opisanog sustava korištenjem jednostavnijih funkcija iz biblioteke *Motion Control* te PLC-a bez tehnološkog procesora. Zbog velikih zamašnih



Slika 6. Operatersko sučelje

Figure 6 Operator interface

Slika 7. Graf devijacije pozicije master i slave servomotora**Figure 7** Graph of the position deviation of the master and slave servo motors

masa u sustavu kolica potrebno je parametrirati frekvencijske pretvarače kako bi se postigla što manja devijacija pozicije između *master* i *slave* servomotora. Frekvencijski pretvarači za regulaciju koriste PI regulatore. Devijacija pozicija *master* i *slave* servomotora prikazana je na slici 7. Najveća zabilježena devijacija tijekom gibanja kolica iznosila je 0,01 mm.

Ovaj rad može se izvesti sa PLC-om koji sadrži tehnološki procesora što pojednostavljuje izradu upravljačke aplikacije, ali sustav čini skupljim budući da je PLC sa tehnološkim procesorom skuplji od PLC-a bez tehnološko procesora.

8. REFERENCE

8. REFERENCES

- [1.] Jelečki D., Elektromotorni pogoni bazena za istraživanja u hidromehanici, diplomski rad, Zagreb 2021., Tehničko veleučilište u Zagrebu,
- [2.] Siemens, Servo drive system SINAMICS S210, lipanj 2020,
- [3.] Siemens, S7-1500T Motion Control V4.0 in TIA Portal V15, prosinac 2017.,
- [4.] Siemens, Configuration of technology objects with SIMATIC S7-1500 and SINAMICS S210 in the TIA Portal, ožujak 2019.
- [5.] <https://www.siemens.com/us/en/products/drives/sinamics-electric-drives/low-voltage-drives/servo-drives/sinamics-s210.html>

AUTORI • AUTHORS

• **Karlo Petrinić** – rođen 19.03.2002.god u Zaboku, maturirao 2020.god u Krapini gdje stječe zvanje tehničar za mehatroniku. Po završetku škole upisuje Tehničko veleučilište u Zagrebu gdje trenutno i studira. Uz fakultet radi kao demonstrator na Tehničkom veleučilištu te u ASEP Automation d.o.o gdje se trenutno bavi povezivanje robota sa PLC računalom. Područja interesa su mu robotika i programiranje PLC računala.

Korespondencija • Correspondence

kpetrinić@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

• **Davor Gadže** - rođen 05.07.1972. god u Zenici, maturirao 1990. god MIOC u Zagrebu, diplomirao 1996. god FER u Zagrebu na smjeru elektrostrojarstvo 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, Elemenata 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