

Razvoj softverskog okruženja za hidraulične prese

Studentski rad

Daniel Menićanin, Jelena Radanović, Margareta Boromisa

Studenti prvog ciklusa studija

Fakultet informacionih tehnologija, Apeiron

Banja Luka, Bosna i Hercegovina

daniel.menicinanin1@apeiron-edu.eu, jelena.radanovic1@apeiron-edu.eu, margareta.boromisa@apeiron-edu.eu

Sažetak – U vremenu intenzivnog tehnološkog napretka, industrija neminovno prolazi kroz proces digitalizacije s ciljem štednje resursa i povećanja produktivnosti i efikasnosti radnih procesa. Za postizanje ovih ciljeva potrebno je nerijetko izdvojiti ogromne sume novca. Hidraulične CNC prese proizvedene na području Balkana imaju ogroman potencijal, jer im je kvalitet izuzetan, a materijal od kojeg su konstruisane snažan i otporan, dok je njihova izdržljivost najčešće neuporedivo bolja od uvezenih uređaja. Jedini izazov predstavlja digitalizacija, bez koje ove mašine nisu u mogućnosti uraditi poslove koji se u današnje vrijeme postavljaju pred njih. Industrija je mnogo napredovala, traže se nove i specifičnije performanse, tako da je neophodno ići u korak sa vremenom. Ovim radom je prikazano napredno softversko rješenje, koje je implementirano na staroj hidrauličnoj presi.

Ključne riječi- CNC; Hydraulic Press Brake Machine; ESP32; NodeMCU; Stepper Motor; Desktop Application; C#.NET; WPF;

I. UVOD

U svjetlu brzog tehnološkog razvoja i sveprisutne digitalizacije, automatizacija postaje ključna komponenta modernih industrijskih procesa. Poseban izazov predstavljaju optimizacija i modernizacija postojećih industrijskih sistema.

Stara CNC (engl. *Computer Numerical Control*) presa u svom osnovnom konceptu odlikuje se svim karakteristikama najmodernijih uređaja, izuzev jednog ključnog aspekta – automatizacije. Ručno podešavanje graničnika prese značajno usporava i otežava proces proizvodnje. U skladu s tim, koncipiran je pristup s fokusom na produženje radnog vijeka i težilo se tome da se potencijal iskoristi u svakodnevnom radu uz pomoć novog sistema upravljanja.

Investiranje u nove, automatizovane mašine nije dostupno svim privrednicima koji za takve modele moraju izdvojiti značajan novčani iznos. Jedno od rješenja koje se nameće jeste i modernizacija postojeće opreme i njena automatizacija. Ovi troškovi su značajno niži od investicije u novu opremu. Modernizacijom i automatizacijom ovakvih mašina produžava se njihov eksploatacioni vijek i podiže stepen produktivnosti i ekonomičnosti rada.

Navedene mašine, sličnih tehničkih karakteristika, dolaze s dodatnim troškovima i ograničenjima, poput nemogućnosti podešavanja više pozicija i kontrole putem nožnih prekidača.

Uz novi softver implementiran na hidrauličnoj presi, ne samo da se produžava njen radni vijek i poboljšavaju performanse, već se pruža konkurentna prednost u odnosu na nove i skuplje alternative.

Automatizacija stare CNC hidraulične prese [1] podrazumijeva stvaranje integrisanog sistema koji pruža korisnicima mogućnost preciznog upravljanja svim aspektima rada hidraulične prese, putem desktop aplikacije i nožnih prekidača, omogućavajući efikasno upravljanje i rad sa različitim dimenzijama materijala.

Desktop aplikacija se ističe svojim jednostavnim i intuitivnim korisničkim interfejsom, posebno prilagođenim za radno okruženje. Omogućeno je lako upravljanje različitim funkcijama hidraulične prese kroz interaktivne elemente ove aplikacije, čime se olakšava rad i povećava produktivnost u obradi materijala.

U prvom dijelu ovog rada predstavlja se prikaz načina automatizacije CNC prese kroz set nadogradnji na postojeću mašinu. U drugom dijelu rada opisane su inovacije koje su načinjene kako bi se optimizovao i unaprijedio rad prese, a u trećem dijelu rada opisan je princip rada aplikacije sačinjene za automatizaciju i ukupno poboljšanje rada prese.

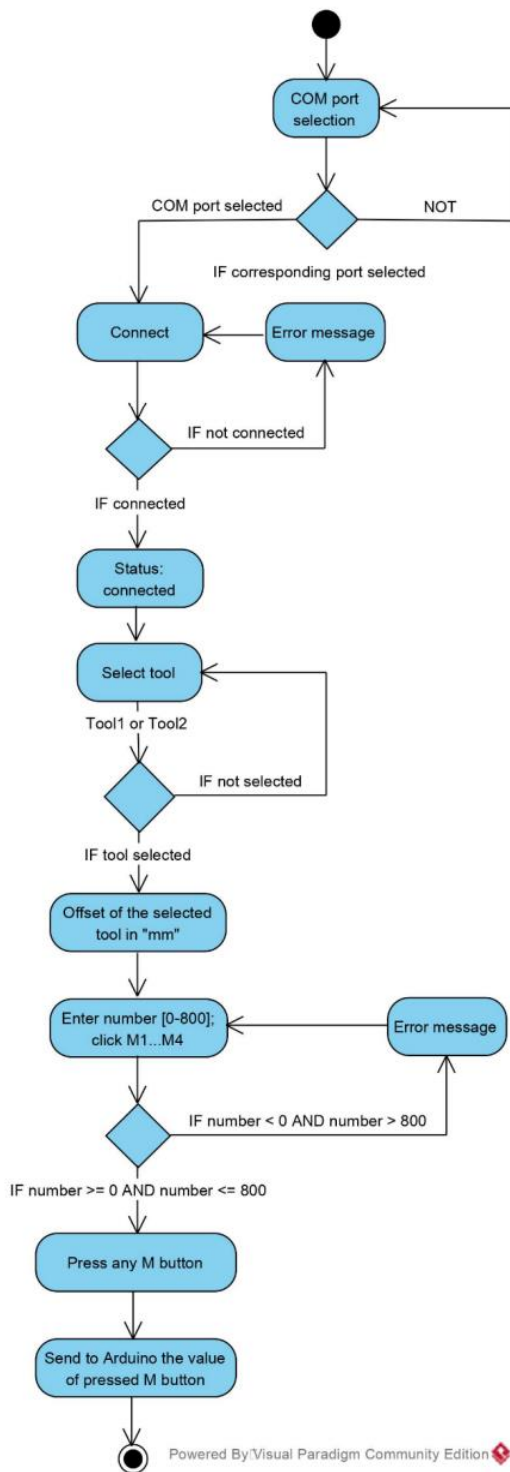
II. AUTOMATIZACIJA CNC HIDRAULIČNE PRESE

Sadašnja konfiguracija stare CNC hidraulične prese uključuje implementaciju sistema za upravljanje graničnicima. Kao poboljšanje dodate su vodilice, navojna vretena, *closed-loop stepper* DC motore [2] i ESP32 mikrokontroler koji koristi razvojno okruženje NodeMCU (engl. *Node Microcontroller Unit*). Mikrokontroler ESP32, korišten je zbog svojih karakterističnih specifikacija [3]. Naime, glavne prednosti su mogućnosti obavljanja više zadataka istovremeno, kao i postojanje ugrađenih *Wi-Fi* i *Bluetooth* modula, što omogućava bežično povezivanje. Na taj način stvoren je integrisan sistem koji omogućava precizno upravljanje svim aspektima rada prese. Poseban dodatak je desktop aplikacija, koja korisnicima daje mogućnost upravljanja upotrebom ekrana na dodir. Istovremeno, a radi lakšeg korišćenja, integrisana su dva nožna prekidača.

Ovaj set nadogradnji omogućava rad sa četiri različite mjere i izbor načina rada bez potrebe za upotrebom monitora. Ovo je

posebno korisno u slučaju obrade materijala veće površine gdje je onemogućeno upravljanje pomoću ekrana na dodir.

UML dijagram aktivnosti rada desktop aplikacije SI.1 prikazuje način rada desktop aplikacije, gdje se detaljno opisuje tok izvršavanja i međusobna interakcija komponenti.



Slika 1. UML dijagram aktivnosti rada desktop aplikacije

Sistem pruža značajne prednosti, posebno u domenu preciznosti, gdje se ostvaruje pomak graničnika s preciznošću od $\pm 5 \mu\text{m}$. Ova izuzetna preciznost nadmašuje standarde [4] u industriji hidrauličnih presa.

III. DESKTOP APLIKACIJA

Aplikacija za upravljanje ovim hardverskim komponentama i radom graničnika je pisana u programskom jeziku C# .NET koristeći WPF (engl. *Windows Presentation Foundation*), sa NodeMCU mikrokontrolerom preko serijskog komunikacijskog porta upotrebom *try-catch* blokova, kako bi se upravljalo greškama.

Pokretanjem aplikacije, generiše se zahtjev u obliku ključa i vrijednosti koja šalje mikrokontroleru naredbu da izvrši traženje mašinske nule, uz pomoć krajnjih mikroprekidača koji su postavljeni na samim krajevima x-ose po kojoj se kreću graničnici. Ova funkcionalnost unapređuje proces postavljanja i inicijalizacije sistema, čime se dodatno poboljšava efikasnost i praktičnost rada s presom.

Vrijeme potrebno za precizno pozicioniranje graničnika iznosi približno 2 s, s varijacijama u zavisnosti od postavljenog intervala i trenutne pozicije graničnika. Raspon kretanja graničnika strukturisan je od mašinske nule do maksimalnih 800 mm, pri čemu preciznost mašine ostaje konzistentna kako na minimalnoj, tako i na maksimalnoj udaljenosti između graničnika i alata CNC hidraulične prese.

Softver integriše i dva alata koja se mogu postaviti na mašinu, pri čemu svaki od njih ima različito odstupanje od mašinske nule.

Korisničko iskustvo je unaprijeđeno dodavanjem *combo box*-a, koji omogućava operateru jednostavan izbor između oba alata. Ovaj izbor pruža istu preciznost bez potrebe za dodatnim kalkulacijama tokom rada, poboljšavajući efikasnost i olakšavajući rad sa hidrauličnom presom.

Na SI.2 predstavljeno je povezivanje desktop aplikacije sa NodeMCU mikrokontrolerom, koristeći paradigmu objektno orijentisanog programiranja.

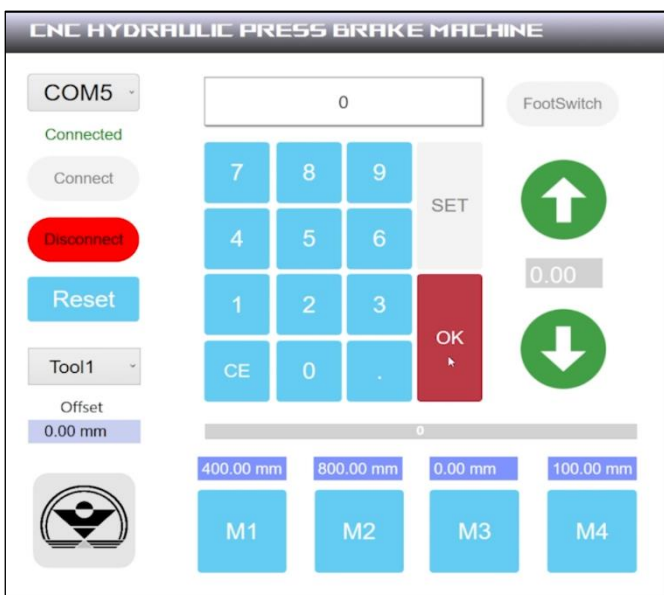
```
private void Connect_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    try
    {
        string portName = COM.SelectedItem as string;
        sp.PortName = portName;
        sp.BaudRate = 9600;
        sp.Open();
        status.Foreground = Brushes.Green;
        status.Text = "Connected";
        Disconnect.IsEnabled = true;
        Connect.IsEnabled = false;
        Tools.IsEnabled = true;
        Main_textBox.Text = "Enter the position in millimeters:";
        FootSwitch.IsEnabled = false;
    }
    catch (Exception ex)
    {
        status.Foreground = Brushes.Red;
        MessageBox.Show($"{ex.Message}");
    }
}
```

Slika 2. Povezivanje desktop aplikacije sa NodeMCU

Desktop aplikacija izdvaja se svojim jednostavnim korisničkim okruženjem (engl. User Interface) prikazanim na SI.3. Na ovaj način se omogućio jednostavan i brz rad s aplikacijom, čak i u zahtjevnim industrijskim uslovima. Elementi poput veličine i rasporeda dugmadi, kontrasta boja, jasnoće teksta i ikona, pažljivo su prilagođeni kako bi se osigurala maksimalna vidljivost i lakoća upotrebe u različitim svjetlosnim uslovima radnog okruženja.

Inovacije koje su implementirane na CNC hidrauličnoj presi, uključujući sistem za precizno pozicioniranje graničnika, poboljšani softver sa funkcionalnostima automatskog postavljanja mašinske nule i podrške za različite alate, predstavljaju značajan korak naprijed u optimizaciji rada industrijskih mašina.

Navedena modernizacija donosi ne samo veću preciznost i bezbjednost, već i povećava praktičnost u upravljanju mašinom. Automatizacija i intuitivni softver čine proces rada efikasnijim, dok se jednostavan korisnički interfejs desktop aplikacije dodatno prilagođava korisnicima, čime se stvara radno okruženje koje je ne samo produktivno već i izuzetno korisnički orijentisano. Kroz ove inovacije, optimizacija industrijskih mašina postaje ključna za postizanje vrhunskih rezultata u proizvodnji.



Slika 3. Izgled korisničkog interfejsa desktop aplikacije

IV. PRINCIP RADA APLIKACIJE

Prilikom odabira komunikacijskog porta, dugme „CONNECT“ mijenja boju iz sive u zelenu, a stanje iz „aktivan“ u „neaktivan“, signalizirajući spremnost za povezivanje. Pritiskom na „CONNECT“, aplikacija šalje određenu poruku putem komunikacijskog porta kao zahtjev, na koji mikrokontroler treba da odgovori. Ukoliko je odgovor adekvatan, aplikacija potvrđuje ispravnost odabranog komunikacijskog porta. U suprotnom, prikazuje se poruka o grešci, obavještavajući korisnika da je izabran pogrešan

komunikacijski port, te predlaže ponovni izbor sa drugim dostupnim portom. Ova funkcionalnost, poznata kao "rukovanje" (engl. *hand shaking*), omogućava ispravnu identifikaciju uređaja povezanih na komunikacijski port, kao što je u ovom slučaju ekran na dodir koji je takođe povezan preko komunikacijskog porta.

Nakon uspješnog uspostavljanja veze, stanje dugmeta „CONNECTED“ se mijenja iz aktivnog u neaktivno, što znači da će ponovo biti označeno sivom bojom. Paralelno s tim, novo dugme „DISCONNECT“ postaje aktivno, naglašeno crvenom bojom, ističući mogućnost prekida veze između aplikacije i mikrokontrolera ukoliko se izvrši klik na dugme.

Klikom na dugme „DISCONNECT“, opcija „TOOLS“ će se automatski pojaviti u *combo box*-u na indeksu 0, tako da je ponovo jasno vidljivo da se u *combo box*-u nalaze alati, iako nije alat već samo opis. Ova specifičnost je implementirana u WPF [5], u kojem nije moguće postaviti oznaku (engl. *label*) na *combo box* na jednostavniji način. Iako nije standardno rješenje, navedeni postupak će obezbijediti pouzdano funkcionisanje aplikacije.

Odabirom alata „Tool1“ ili „Tool2“, sabira se pomak (engl. *offset*) i mjera odabranog registra koja se nakon aktiviranja šalje mikrokontroleru. Pomak za prvi alat iznosi 0.00 mm, dok je za drugi alat 10.00 mm. Nakon odabira alata, pojavljuje se numerička tastatura koja omogućava precizan unos željene pozicije u milimetrima.

Unošenje mjera u registre se obavlja aktiviranjem dugmeta „SET“ u aplikaciji, koja aktivira jedan od četiri dostupna registra (M1, M2, M3 ili M4), čime se unesena vrijednost pohranjuje u taj registar.

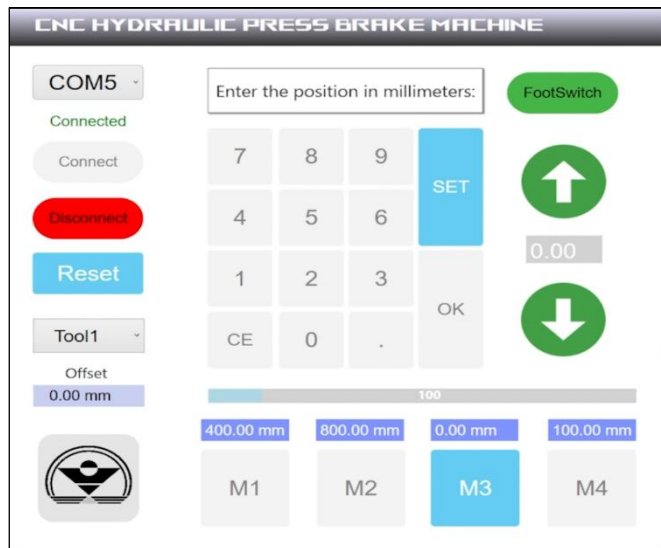
Nakon pritiska na dugme „OK“, aplikacija prelazi u standardni radni režim koji omogućava korisniku slanje unesenih vrijednosti, smještenih u četiri registra. Odabirom jednog od registara, aplikacija vrši serilizaciju (grupisanje podataka) i šalje ih na mikrokontroler, omogućavajući tako efikasno upravljanje i razmjenu podataka između desktop aplikacije i povezanog mikrokontrolera preko USB komunikacijskog porta uz pomoć UART (engl. *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) asinhronog serijskog protokola [6], koji obezbjeđuje pouzdanu komunikaciju između uređaja.

U slučaju unosa mjere veće od 800 mm, program će prijaviti grešku i obavijestiti korisnika o ograničenju do 800 mm. Navedeno ograničenje se može podešavati u skladu sa opsegom hoda graničnika po toj osi za datu mašinu.

U slučaju kada korisnik unese negativnu vrijednost putem standardne ili numeričke tastature, takav unos će biti prepoznat kao greška koja ukazuje na nedozvoljenu vrijednost. Upozorenje će naglasiti da je potrebno unijeti vrijednost unutar raspona od 0 do 800 mm.

Pritiskom na „M“ dugme, graničnici mašine pomjeraju se prema unaprijed definisanoj poziciji koja je upisana u odabrani registar [7]. Navedeno kretanje izvodi se s relativnom brzinom od približno 200 mm/s, uz početno ravnomijerno ubrzanje u prvih 10 mm kretanja, te ravnomjerno usporavanje u posljednjih 10 mm prije dolaska na određenu poziciju.

Selektovanje [8] jednog od četiri registra omogućeno je upotrebom nožnog prekidača, kao što je prikazano na Sl.4. Lijevim prekidačem se bira „M“ dugme s ciljanom pozicijom, prelazeći na sljedeće „M“ dugme sa svakim narednim pritiskom.



Slika 4. Selektovanje registra upotrebom nožnog prekidača

Kada se dođe do četvrtog „M“ dugmeta, sljedeći pritisak ponovno će odabrati poziciju „M1“, čime se ciklus ponavlja dok se ne odabere željeni registar. Desnim pritiskom na nožni prekidač potvrđujemo odabranu poziciju, čime se graničnici mašine pomjeraju na zadanu poziciju.

Osim toga, aktivno je samo dugme koje je trenutno odabrano čim se pritisne nožni prekidač, dok su ostala dugmad neaktivna. Ova funkcionalnost omogućava jasno prepoznavanje trenutno aktivnog „M“ dugmeta.

Dugme "Foot Switch" je implementirano u aplikaciji kako bi se nakon aktivnog korišćenja pedala vratilo na rad s ekranom na dodir (9). U tom trenutku, svi „M“ registri prelaze u aktivno stanje, omogućavajući korisniku da odabere željenu poziciju na ekranu. Nakon što korisnik pritisne bilo koji od prekidača na nožnom prekidaču, dugme "Foot Switch" se ponovno aktivira na ekranu, a sve „M“ pozicije osim selektovane postaju neaktivne.

U slučaju nepredviđene greške i poništavanja mjera [10], implementirano je i dugme „RESET“ koje vraća sve parametre aplikacije na početno stanje, kao kod ponovnog pokretanja aplikacije.

V. ZAKLJUČAK

Implementacijom softverskog okruženja za upravljanje graničnicima na CNC hidrauličnim presama, značajno se olakšava proces savijanja i oblikovanja metala. Predstavljena je ključna strategija za povećanje efikasnosti, smanjenje grešaka i optimizaciju proizvodnje. Jedan od ključnih benefita je efikasnije korišćenje sirovina, energije i vremena, što doprinosi dugotrajnijoj proizvodnji. Automatizacija postaje ne samo

moderna standard u industriji, već i ključ za ostvarivanje konkurentske prednosti.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju doc. dr Daliboru Drljači, prof. dr Negovanu Stamenkoviću, prof. dr Siniši Tomiću, i prof. dr Željku Stankoviću za izdvojeno vrijeme i punu podršku prilikom izrade rada.

LITERATURA

- [1] R. K. Kanakaraddi i M. H. Halli, "Design and Analysis of Hydraulic Operated Press Brake," *Journal of Mechanical and Mechanics Engineering*, tom 1, br. 2, pp. 1-6, 2015.
- [2] "SKYSMotor," [Na mreži]. Available: <https://www.skysmotor.co.uk/article-67-What-is-a-NEMA-34-closed-loop-stepper-motor.html>. [Poslednji pristup 10 09 2023].
- [3] "NodeMCU Documentation," [Na mreži]. Available: <https://nodemcu.readthedocs.io/en/release/>. [Poslednji pristup 10 09 2023].
- [4] I. (. I. O. f. Standardization), "ISO: Global standards for trusted goods and services," "neobjavljen". [Na mreži]. Available: <https://www.iso.org/standard/83403.html>. [Poslednji pristup 21 11 2023].
- [5] "Windows Presentation Foundation documentation," [Na mreži]. Available: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/wpf/?view=netdesktop-8.0>. [Poslednji pristup 18 09 2023].
- [6] "Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART)," [Na mreži]. Available: <https://docs.arduino.cc/learn/communication/uart>. [Poslednji pristup 21 09 2023].
- [7] H. A. R. Hans B.Kief, CNC-Handbuch 2013/2014: CNC, DNC, CAD, CAM, FFS, SPS, RPD, LAN, CNC-Maschinen, CNC-Roboter, Antriebe, Simulation, Fachwortverzeichnis, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2013.
- [8] H. Yuan, S.-l. Hu, L. Chao-chao, Q.-l. Zhang i B.-k. Liang, "Design and Usability of the Touch-based Interface of CNC Presses," u *2019 International Conference on Information Technology and Computer Application (ITCA)*, Guangzhou, China, 2019.
- [9] H. B. Kief, . H. A. Roschiwal i . K. Schwartz, The CNC Handbook: Digital Manufacturing and Automation from CNC to Industry 4.0, Industrial Press, Inc, 2021.
- [10] F. AYDEMİR, B. GÜLÇİMEN ÇAKAN, A. DURMUŞ i K. ÇAVDAR, "DETERMINATION OF PRESS BRAKE BENDING PARAMETERS FOR HARDOX 400 STEEL," *Uludag University Journal of the Faculty of Engineering, Vol.27, No. 1, 2022, 2022*.

ABSTRACT

In a time of intense technological progress, the industry is inevitably going through the process of digitization with the aim of saving resources and increasing the productivity and efficiency of work processes. In order to achieve these goals, it is often necessary to allocate huge sums of money. Hydraulic CNC press brake machines produced in the Balkans have enormous potential, because their quality is exceptional, and the material from which they are constructed is strong and resistant, while their durability is usually incomparably better than

imported devices. The only challenge is digitization, without which these machines are not able to do the jobs that are put before them nowadays. The industry has come a long way, new and more specific performances are required, so it is necessary to keep up with the times.

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE ENVIRONMENT FOR HYDRAULIC PRESS BRAKE MACHINES

Daniel Menićanin
Jelena Radanović
Margareta Boromisa