

UNAPREĐENJE LABORATORIJSKOG MODELA MOSNE DIZALICE UGRADNJOM ELEKTROMOTORNIH POGONA DIZANJA I KRETANJA**IMPROVEMENT OF THE BRIDGE CRANE LABORATORY MODEL BY INSTALLATION OF ELECTRIC MOTOR DRIVES FOR HOISTING AND TRAVELLING**

Nikola Tepavac, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – U okviru ovog rada opisana je izrada pogonskih mehanizama i upravljačke elektronike modela dvogredne mosne dizalice, koja se nalazi u Laboratoriji za mašinske konstrukcije, transportne i građevinske mašine Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu.

Ključne reči: model mosne dizalice, elektromotorni pogoni, upravljanje pogonima dizalice.

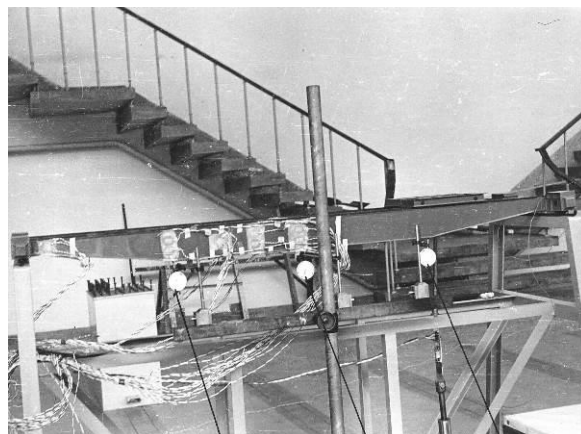
Abstract – This paper describes the development of driving mechanisms and control electronics of the bridge crane laboratory model, located in the Laboratory for mechanical structures, materials handling and construction machines of the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad.

Keywords: bridge crane model, electric motor drives, crane drives control.

1. UVOD

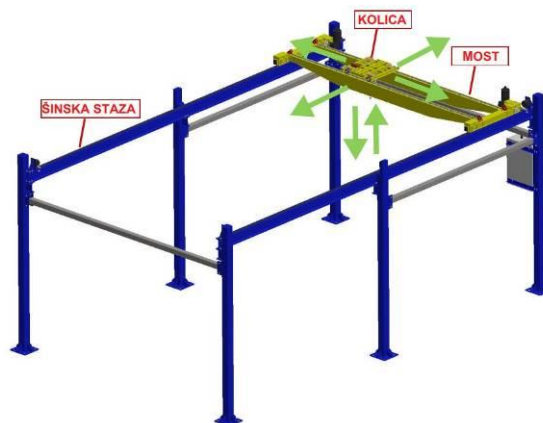
Mosne dizalice se koriste pri manipulaciji najrazličitijim vrstama tereta u proizvodnim halama, radionicama, skladišnim prostorima, energetskim objektima, livnicama, kod obavljanja raznih tehnoloških procesa, montaže, demontaže opreme i slično. Tokom rada kreću se iznad podova hala, po šinama koje leže na šinskim nosačima, oslonjenim na konzolama nosećih armirano-betonskih ili čeličnih stubova. Podizanje i prenos raznih tereta u okviru unutrašnjeg transporta obavlja se pomoću pogona dizanja na pokretnim kolicima i kretanjem mosta dizalice. Manipulacioni prostor mosne dizalice je definisan rasponom mosta, visinom postavljanja šinske staze i dužinom šina.

Razmatrani laboratorijski model noseće konstrukcije dvogredne mosne dizalice prvenstveno je bio namenjen za statička ispitivanja (sl. 1) na Mašinskom fakultetu (kasnije Fakultetu tehničkih nauka) u Novom Sadu. U toj izvedbi, model dizalice nije imao pogonske mehanizme, niti upravljačku elektroniku. Noseća konstrukcija je izrađena 1970. godine u okviru magistarskog rada [2]. Ovaj laboratorijski model predstavljao je proporcionalno umanjenu konstrukciju dizalice u HE Bajina Bašta (u razmeri 1:10).



Slika 1. Model mosne dizalice (1970), [2]

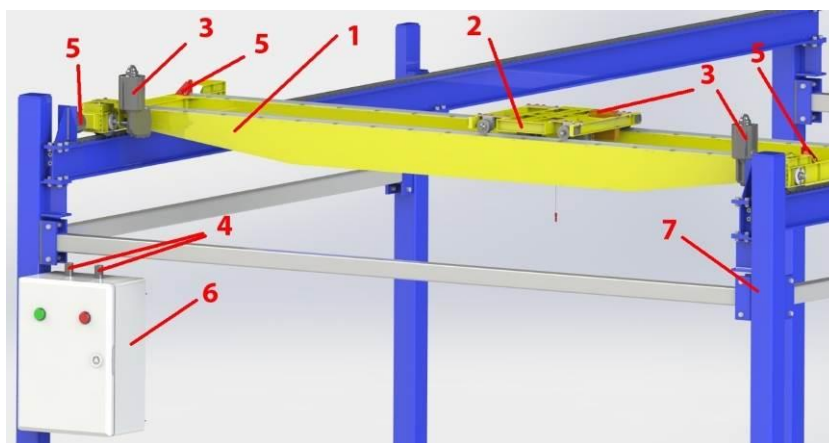
Radna kretanja unapređenog modela mosne dizalice su dizanje/spuštanje tereta, kretanje kolica i kretanje mosta (sl. 2). Nosivost noseće konstrukcije modela je 250 kg, međutim nosivost pogona dizanja je smanjena na 10 kg (zbog čvrstoće delova mehanizma za dizanje, instalisane snage elektromotora i sl). Brzine radnih kretanja (pri radu sa nominalnim teretom) su sledeće: dizanje/spuštanje ≈ 1 m/min, kretanje mosta ≈ 6 m/min i kretanje kolica ≈ 3 m/min. Raspon dizalice je 1,84 m, dok je dužina šinske staze 3 m. Visina dizanja tereta je 1,4 m. Idejno rešenje šinske staze modela dizalice je obrađeno u zasebnom radu [1]. U međuvremenu, izrađena je šinska staza u Laboratoriji za mašinske konstrukcije, transportne i građevinske mašine na FTN, u okviru posebnog master rada i studentskog projekta Katedre za mašinske konstrukcije, transportne sisteme i logistiku.



Slika 2. Radna kretanja modela mosne dizalice

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Atila Zelić, docent.



Slika 3. 3D prikaz laboratorijskog modela mosne dizalice na šinskoj stazi

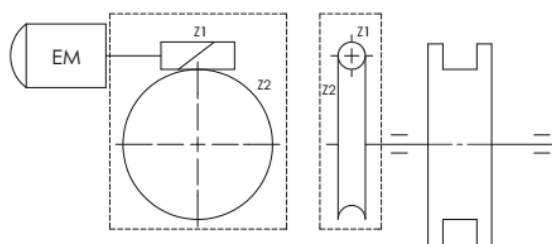
Na modelu mosne dizalice (sl. 3) mogu se uočiti određene celine: noseća konstrukcija mosta (1) i kolica (2), pogonski mehanizmi (3), električne instalacije (4), bezbednosni i zaštitni uređaji (5), elektro-ormar (6) sa višećom komandnom kutijom i konstrukcija šinske staze (7).

2. POGONSKI MEHANIZMI MODELA DIZALICE

Preliminarne koncepcije pogonskih mehanizama modela mosne dizalice prvobitno su obrađene u [3], pri čemu su uzeta u obzir kako konstrukciona, tako i materijalna ograničenja. Ova rešenja su definisana tako da ostvare potrebne funkcije, uz zadržavanje približne modelske razmere. Shodno tome, kod pogonskih mehanizama, akcenat je stavljen na kompaktnost. U nastavku su date konačne koncepcije pogonskih mehanizama modela.

2.1. Kinematske šeme pogonskih mehanizama dizalice

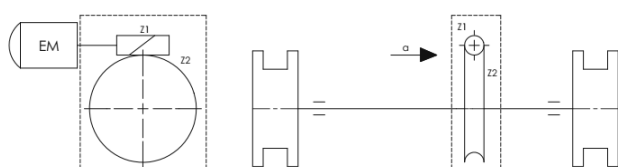
Kinematska šema pogona jedne strane mosta je data na sl. 4. Prenos kretanja od elektromotora do pogonskih točkova se ostvaruje preko pužnog reduktora.



Slika 4. Kinematska šema pogona kretanja mosta

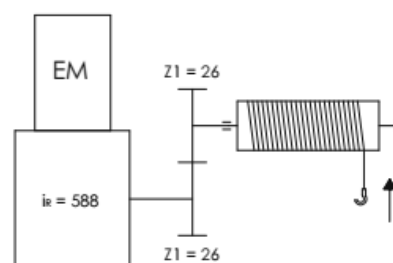
Samokočivost pužnog reduktora omogućava držanje mosta u zakočenom stanju, tako da pri transportu tereta inercijalne sile i uticaji okoline ne mogu izazvati neželjena pomeranja po šinskoj stazi.

Kinematska šema pogona kretanja kolica je data na sl. 5. Slična je kinematskoj šemi pogona mosta, ali razlika je u ugradnji centralnog vratila do točkova na kolicima.



Slika 5. Kinematska šema pogona kretanja kolica

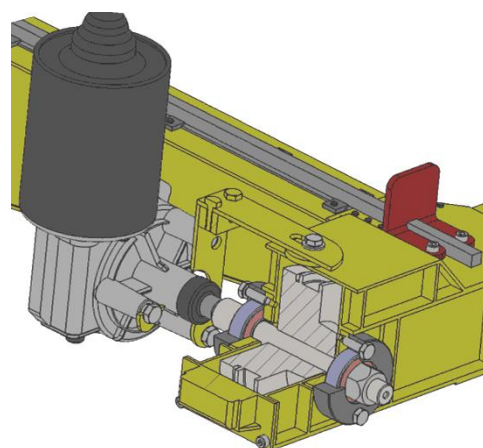
Kinematska šema pogona dizanja je prikazana na sl. 6. Elektromotor sa pužnim reduktorom prenosi obrtno kretanje na bubanj za namotavanje užeta, preko dva spregnuta zupčanika. Pošto nije potrebno vršiti dodatnu redukciju brzine obrtanja, prenosni odnos ovog zupčastog para je 1.



Slika 6. Kinematska šema pogona dizanja

2.2. Izvedba pogonskog mehanizma za kretanje mosta

Mesta na bočnim nosačima mosta (sl. 7), koja su predviđena za montažu kućišta ležajeva, dodatno su ojačana pločicama. Iste omogućavaju preciznu ugradnju ležajeva točkova.

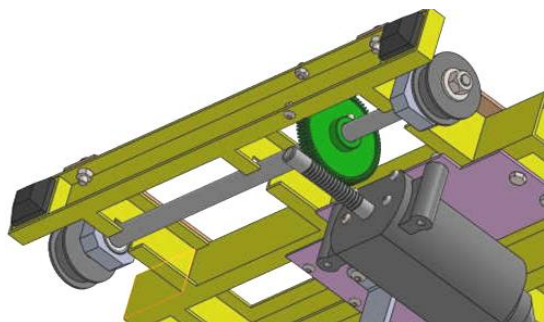


Slika 7. Pogon kretanja jedne strane dizalice

Vratilo ovog pogonskog mehanizma je izrađeno od čelika odgovarajućih karakteristika, sa predviđenim mestom za montažu perforiranog diska za rotacioni enkoder. Na osnovu toga, vratilo je izvedeno sa unutrašnjim navojem na jednom svom kraju, za postavljanje prethodno pomenutog perforiranog diska.

2.3. Izvedba pogonskog mehanizma za kretanje kolica

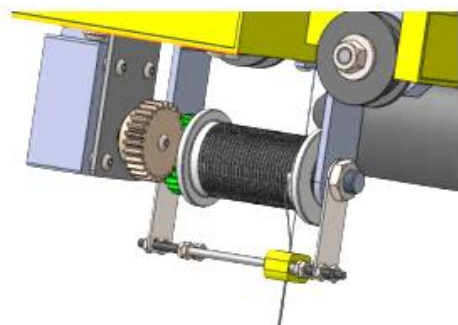
Koncepcija obuhvata jedno centralno vratilo sa prenosom preko pužnog para. Pužni točak je montiran direktno na centralno vratilo, a elektromotor upravno na ovo vratilo. Vratilo se oslanja blizu svojih krajeva sa po jednim ležajem. Saosnost ovih ležajeva je ostvarena preko kućišta za ležajeve i nosećih ploča mehanizma. Kućišta ležajeva se montiraju ispod nosećih ploča koja se postavljaju na gornjoj strani kolica (sl. 8).



Slika 8. Pogonski mehanizam za kretanje kolica

2.4. Izvedba pogonskog mehanizma za dizanje

Ova izvedba predviđa postavljanje pogonskog mehanizma za dizanje sa donje strane roštiljne noseće konstrukcije kolica. Zbog neophodne kompaktnosti mehanizma, izlazno vratilo pužnog reduktora i osovina bubnja su postavljeni paralelno (sl. 9).



Slika 9. Detalj pogonskog mehanizma za dizanje tereta

3. IZRADA POGONSKIH MEHANIZAMA

Na osnovu tehničke dokumentacije, izrađene nakon koncipiranja pogonskih mehanizama, pristupilo se izradi delova za model dizalice.

Sva vratila i kućišta za ležajeve su brušeni sa kvalitetom površine $Ra=0,8 \mu m$ (klasa hrapavosti N4) u h6 toleranciji kako bi se obezbedila pravilna montaža ležajeva i zupčanika. Materijal svih vratila je C45. U cilju zaštite od korozije delovi su brunirani. Na mestima montaže kućišta ležajeva, bočni nosači modela dizalice su ojačani zavaranjem limenih ploča (od materijala S235) debljine 5 mm (sl. 10).

Pogonski i slobodni točkovi su doradjeni kako bi se sprečio silazak istih sa šina. Ovo je postignuto smanjenjem kinematskog prečnika postojećih točkova sa $\varnothing 70$ mm na $\varnothing 64$ mm. Na kraju pogonskog vratila mehanizma za kretanje mosta je urezan i odgovarajući unutrašnji navoj za montažu pomenutog perforiranog diska.



Slika 10. Pogonski mehanizam mosta

Pri montaži centralnog vratila uklonjena su pojedina ukrućenja sa prvobitne konstrukcije kolica i zavarena su nova na odgovarajućim mestima (kako bi se dobio potreban prostor za ugradnju). Nova ukrućenja su izrađena od materijala C45. Sa donje strane kolica, na ukrućenjima, izrezan je četvrtasti žljeb radi pozicioniranja vratila (sl. 11).



Slika 11. Pogonski mehanizam za kretanje kolica (izgled sa donje strane)

Vratilo pogonskog mehanizma kolica izrađeno je kao stepenasto vratilo, sa različitim prečnicima za ležajeve, distantne čaure i pužni zupčanik. Na kraju vratila izrađen je unutrašnji navoj za montažu perforiranog diska rotacionog enkodera.

Novi točkovi kolica su izrađeni od materijala C45, sa višim vencima u odnosu na originalnu izvedbu. Aksijalno pomeranje točkova sprečeno je distantnim čaurama i samokočivim navrtkama. Osovine slobodnih točkova kolica su konzolno vezane za svoje nosače, sa distantnom čaurom između nosača i ležaja montiranog unutar točka.

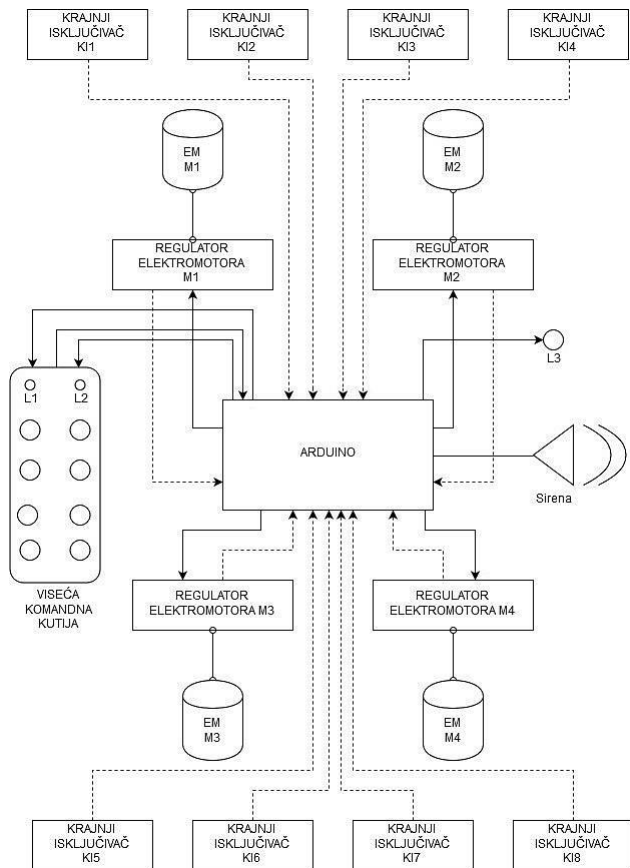
Kao što je i napomenuto, pogonski mehanizam dizanja (sl. 12) se sastoji od elektromotora sa pužnim reduktorom, otvorenog zupčastog para i bubnja za namotavanje užeta. U bočni zid bubnja je upresovan gonjeni zupčanik. Isti su fiksirani i pomoću vijčane veze. Na slobodnom kraju užeta se nalazi manji teg (koji obezbeđuje zategnutost užeta i u slučaju kada dizalica radi bez tereta) i stalno zahvatno sredstvo u obliku kuke.



Slika 12. Pogonski mehanizam dizanja na kolicima

4. UPRAVLJANJE RADOM DIZALICE

Rukovanje razmatranim modelom mosne dizalice je potpuno isto načinu rukovanja realnom dizalicom, putem viseće komandne kutije. Pošto je u pitanju laboratorijski model, omogućeno je i upravljanje radom dizalice, tj. podešavanje parametara ubrzanja svih elektromotornih pogona. Upravljačka šema modela dizalice je prikazana na sl. 13.



Slika 13. Upravljačka šema modela dizalice

Upravljačku jedinicu sačinjavaju regulatori rada elektromotora VNH2SP30DC (drajveri), i *Arduino MEGA 2560* mikroupravljač. Ostvarena je mogućnost rukovanja dizalicom putem tastera na visećoj komandnoj kutiji i mogućnost softverskog podešavanja režima rada preko *Arduino IDE* razvojnog okruženja.

Za model dizalice izrađen je specijalni elektro-ormar u kojem su smeštene sve upravljačke komponente, kao i napajanje svih elektromotora. Napajanje ovog ormara je nominalnog napona 230 V AC i snage 450 W. Sa desne strane elektro-ormara izveden je standardni VGA priključak za povezivanje viseće komandne kutije.

Na vratima ormara (sl. 14) se nalaze tri indikatorske lampice: zelena za prisustvo mrežnog napona, zelena lampica za status dizalice (uključena/isključena) i crvena za aktivnu komandu. Ukoliko crvena lampica za aktivnu komandu svetli bez prekida onda je neka komanda aktivna, a ukoliko treperi onda je aktiviran „stop“ taster. U donjem desnom uglu vrata se nalazi glavni prekidač sa ključem za aktiviranje dizalice i upravljačke elektronike. Na sva četiri kraja šina staze kolica se nalaze krajnji isključivači, isto kao i na krajevima staze dizalice.



Slika 14. Elektro-ormar i viseća komandna kutija

Viseća komandna kutija (sl. 14) je izvedena sa 6 tastera za upravljanje pogonima kretanja, jednim tasterom za davanje zvučnog upozorenja i „stop“ tasterom. Kućište viseće komandne kutije je izrađeno putem tehnologije 3D štampe, na osnovu CAD modela.

Kako je model mosne dizalice predviđen da se koristi u edukativne svrhe, na njemu su postavljeni senzori brzine, ubrzanja i vibracija, kao i tenziometrijske merne trake za praćenje naponskih stanja u nosećoj konstrukciji dizalice.

5. ZAKLJUČAK

Ovaj laboratorijski model mosne dizalice, zajedno sa svojom šinskom stazom, predstavlja trajno interaktivno učilo u nastavi, za potrebe Katedre za mašinske konstrukcije, transportne sisteme i logistiku Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu. Kao takvo nije namenjen za obavljanje drugih poslova, već služi isključivo za izučavanje raznih fenomena pri radu mosne dizalice.

Prilikom testiranja pogonskih mehanizama modela dizalice nisu utvrđeni nedostaci i problemi u radu. Upravljačka elektronika je napravljena sa mogućnošću izmene i dopune novim komponentama, u skladu sa daljim planovima Katedre na polju unapređenja nastave.

6. LITERATURA

- [1] S. Savić: *Podloge za proračun noseće konstrukcije šinske staze laboratorijskog modela mosne dizalice*“, diplomski rad, FTN, Novi Sad, 2018.
- [2] N. Babin: *Mogućnost određivanja ukupne nosivosti nosača mostovskog krana na temelju modelskog ispitivanja, statičkim simuliranjem dinamičkog opterećenja*, magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1970.
- [3] N. Tepavac: *Projekat unapređenja laboratorijskog modela mosne dizalice*, diplomski rad, FTN, Novi Sad, 2018.

Kratka biografija:



Nikola Tepavac rođen je u Kikindi 1994. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehanizacija i konstrukciono mašinstvo odbranio je 2019. god. Kao student, učestovao je na takmičenjima iz robotike i projektu hibridnog električnog vozila HERMES na Departmanu za mehanizaciju i konstrukciono mašinstvo. Zaposlen je kao konstruktor alatnih mašina u Kikindi.

kontakt: simplytepi@gmail.com