

# Robotska celica za paletizacijo posod

Janez POGORELC, Robert CINGL

**Izveček:** V prispevku opisujemo robotsko celico za avtomatsko zlaganje PVC-posod, ki prihajajo iz polnilne linije na palete, s pomočjo industrijskega robota. Naložene palete se nato transportirajo do končne točke prevzema z viličarjem. Opisujemo komponente, ki sestavljajo linijo, načrtovanje krmilja in komunikacijo med krmilnimi podsistemi. Predstavljena je namembnost s poudarkom na varnem upravljanju ter možnosti nastavitve in nadzora robotske celice. PVC-posode z barvo prihajajo iz že predhodno izvedene polnilne linije v robotsko celico, kjer jih robot glede na vrsto posod zloži na palete, ki se nato transportirajo do odvzemnega mesta. Robotska celica je bila zasnovana in izdelana v podjetju Pakman, d. o. o., za naročnika Belinka Perkemija, d. o. o.

**Gljučne besede:** robotska celica, paletizacija, industrijski robot, PVC-posode, PLC-krmilnik

## ■ 1 Uvod

V podjetju Belinka Perkemija proizvajajo različne barve, ki jih za naročnike polnijo v večje PVC-posode (kanistre ali sode). Zlaganje na palete za kasnejši transport je potekalo pretežno ročno, kar je bilo naporno za delavce (teža tudi nad 200 kg) pa tudi zamudno. Zato so se odločili za robotsko zlaganje posod na palete, kar so naročili pri podjetju Pakman. Predstavljena je robotska celica [1], namenjena avtomatskemu zlaganju posod, ki prihajajo iz polnilne linije, na palete. Naložene palete se nato transportirajo do končne točke. Opisane so komponente, ki sestavljajo linijo, načrtovanje, povezave ter komunikacija med njimi. Predstavljeni so namembnost, varno upravljanje, možnosti nastavitve in nadzora robotske celice.

Glavni nameni investicije naročnika so bili razbremenitev delavcev

Mag. Janez Pogorelc, univ. dipl. inž., Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko; Robert Cingl, dipl. inž., Pakman, d. o. o., Celje

v podjetju, ki so posode pred tem zlagali ročno, hitrejša paletizacija posod ter zagotavljanje varnosti delavcev, saj so posode lahko polnjene z nevarnimi snovmi.

Na osnovi strojnih načrtov in glede na zahteve tehnologov naročnika smo izbrali elektroopremo in izvedli načrtovanje elektronskih delov robotske celice. Po končanih testih komponent v podjetju Parkman smo robotsko celico prepeljali do naročnika, jo zmontirali ter preizkusili delovanje v celoti. Robotsko celico smo izdelali v skladu s predpisi in standardi ter jo v roku predali v uporabo naročniku.

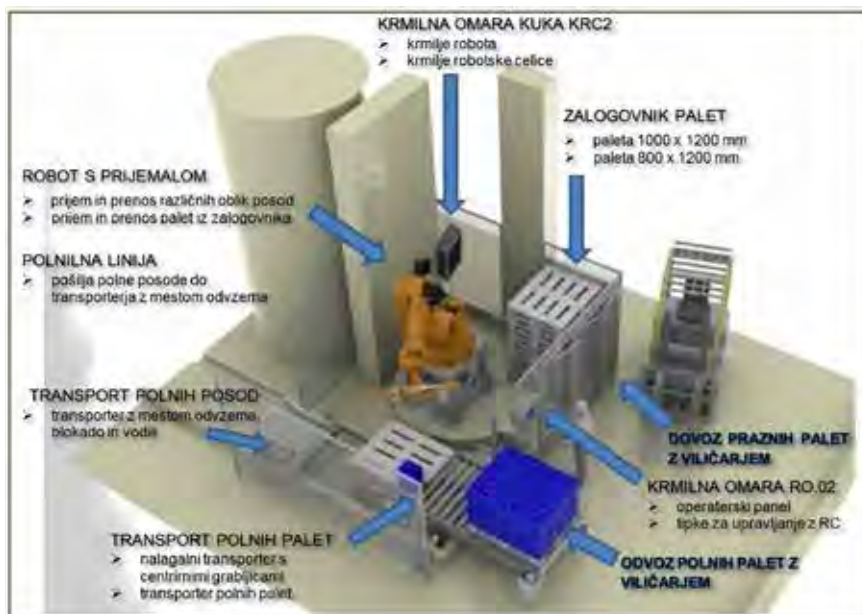
## ■ 2 Opis linije z robotsko celico

Robotska celica (RC) je namenjena avtomatskemu zlaganju posod na palete in transportu polnih palet do odvzema z viličarjem. RC za paletizacijo sestavljajo robot KUKA s pripadajočo krmilno omaro KRC2, dovzna proga z mestom odvzema posode, transporter polnih palet in zalogovnik praznih palet (slika 1). Robotska celica je obdana z varnostno ograjo, ob kateri je tudi dodatna krmilna omara RO.02.

Posode, napolnjene z barvo (slika 2), ki prihajajo iz polnilne linije, so brizgane iz PVC-mase in so različnih oblik. Napolnjeni kanistri so (glede na velikost) težki od 22 do 60 kg, sodi pa imajo težo okrog 225 kg. Posode se transportirajo in pozicionirajo na mesto odvzema z robotom.

Najpomembnejša komponenta RC (slika 1, slika 2) je industrijski robot nemškega proizvajalca KUKA KR 360-2. To je šestosni robot z nosilnostjo do 360 kg in dosegom 2.826 mm [2]. Na roko robota je nameščeno namensko prijemalo (slika 3), ki lahko prime različne tipe posod in tudi paleto.

Zalogovnik palet je podstavek, na katerem je skladovnica palet, ki jih je potrebno predhodno naložiti z viličarjem. Robot nato s prijemalom zagrabí paleto in jo prenese na nalagalni transporter, kjer nanjo postopoma zloži posode. Zložene posode na paleti potujejo po valjčnem transporterju, ki se sicer nahaja zunaj robotske celice. Tako se polne palete transportirajo do mesta odvzema. Skupino posod na polni paleti delavec zavije v zaščitno folijo in zatem zapakirano paleto prevzame delavec na transportnem viličarju.



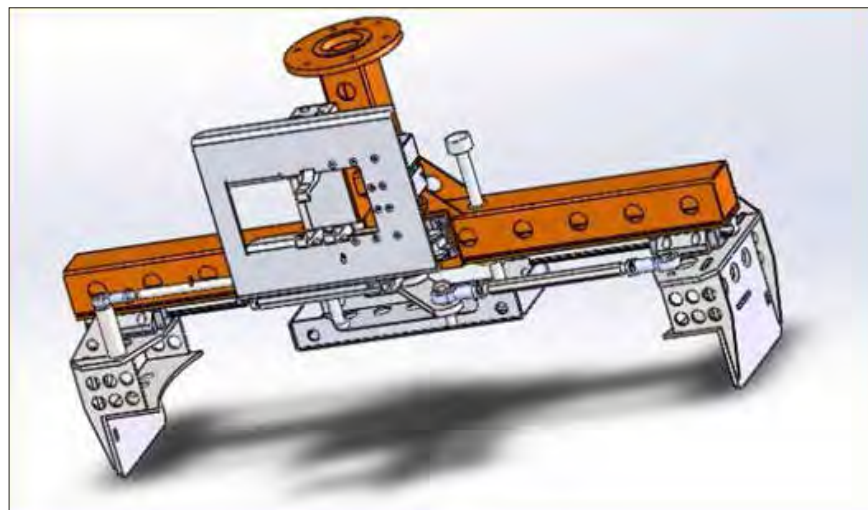
Slika 1. Zgradba robotske celice

Zahteva naročnika je bila, da mora robotska celica delovati v ročnem, avtomatskem ali stop režimu krmljenja. Za delovanje RC v avtomatskem režimu morajo biti izpolnjeni določeni pogoji, kot so: zaprta in zaklenjena vrata, izklopljena varnostna stikala, izbran program tipa posod ipd. Avtomatski režim delovanja lahko prekine stop tipka, prekinitve varnostne naprave in okvara motorjev ali kontaktorjev. Robotska celica mora zagotavljati tudi varnost osebja, zato je delno zavarovana z zaščitno ograjo z vrati; na področju, kjer ni ograje, je zavarovana s svetlobnimi zavesami.



Slika 2. Prijem PVC-posode na valjčnem transporterju

V podjetju Pakman je bilo razvito namensko prijemalo za palete in posode (slika 3), ki je pritrjeno na roko robota. Sestavljeno je iz dveh kavljev, s katerima lahko prime posode za ročaj, in iz potisne plošče. Na prijemalo so nameščene tudi klešče za prijem velikih valjastih posod in palet. Opremljeno je s tremi pnevmatskimi cilindri, in sicer za prijem majhnih posod, prijem velikih posod in palet. Dodan je tudi cilinder potisne lopute, ki je namenjen preprečevanju nihanja posod ob transportu do nalagalnega mesta. Prijemalo je opremljeno tudi s ploščo za nasedanje, s katero se zaznava višina naloženih palet v zalogovniku.



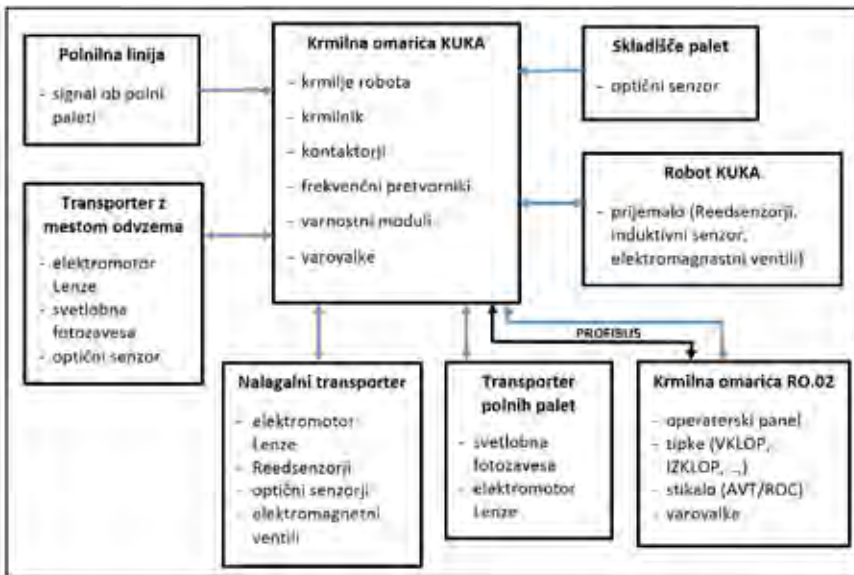
Slika 3. Prijemalo robota

### 3 Krmlje robotske celice

Krmilje je vgrajeno v krmilno omaro robota KUKA, ki vsebuje poleg robotskega krmilnika tudi PLC-krmilnik Siemens SIMATIC [3, 4], kontaktorje, frekvenčne pretvornike za pogon transporterjev [5] in varnostne module. Na sliki 4 je prikazana blokovna shema z razporeditvijo krmilnikov, senzorjev in aktuatorjev.

Na zaščitno ograjo RC je pritrjena tudi krmilna omarica RO.02 (slika 5). Ta vsebuje tudi operaterski panel MP270 Touch ter tipke in stikala, s katerimi upravljamo z linijo. Bela tipka na krmilni omarici je namenjena vklopu linije in resetiranju (ponovnemu zagonu) varnostnega modula, če je bila pritisnjena katerakoli tipka STOP. Rdeča tipka je namenjena izklopu linije, zelena potrditvi zaprtosti vrat, črna pa zahtevi za odklepanje vrat. Na desni je rdeča tipka STOP, ki jo pritisnemo ob morebitnih napakah oziroma nepravilnem delovanju linije. Stikalo, ki je nameščeno v sredini, je preklopno stikalo R-A s ključem, s katerim preklapljammo med ročnim in avtomatskim režimom delovanja linije.

Za pravilno delovanje linije morajo naprave med seboj komunicirati. Polnilna linija pošlje logični signal krmilniku v robotski celici, ko jo posoda zapusti in nadaljuje pot po transporterju do odvzemnega me-



Slika 4. Blokovna shema krmilja robotske celice

gic), saj ta način zelo pripomore k preglednosti programa.

Vmesnik človek-stroj je bil načrtovan s pomočjo programa SIMATIC WinCC Flexible [4]. Tako je bil realiziran prikaz sistema na operaterskem panelu (OP) MP270 Touch (slika 7), ki se dinamično posodablja, da lahko operater upravlja s sistemom. Prikaz na panelu je grafično oblikovan za čim enostavnejše razumevanje in upravljanje robotske celice. Na panelu se prikazuje sporočila in alarmi, ki jih lahko tudi beležimo. S prikazanimi tipkami na panelu v različnih menijih spreminjamo nastavitve in procesne veličine ter upravljamo z robotsko celico.



Slika 5. Krmilna omarica z (OP) operaterskim panelom

logični krmilnik (PLK) Siemens družine SIMATIC S7-300 [3]. Kot procesorski modul smo izbrali CPE 313C-2DP, ki ima na voljo 16 digitalnih vhodov in 16 digitalnih izhodov. Za linijo smo potrebovali 48 vhodnih in 32 izhodnih enot [1], zato smo krmilnik razširili še z vhodnim SM 321 (32 optično izoliranih vhodov) in izhodnim modulom SM 322 (16 optično izoliranih izhodov).

V sklopu RC-linije deluje robot KUKA kot samostojna enota. Njegovo delovanje je pogojeno s stanjem varnostnega sistema. Avtomatsko delovanje robota je usklajeno s krmilnim sistemom za vodenja kompletne linije. Programska oprema robota KUKA komunicira tako s PLK-krmilnikom kot tudi z OP-panelom [4].

Programska oprema za načrtovanje PLK-krmilnika obsega Siemens SIMATIC STEP7 in programski paket PRO TOOL. Osnovni PLK-program je bil kodiran v t. i. lestvičnem programskem jeziku (LAD – Ladder Lo-

Za programiranje robota KUKA [2] je bil uporabljen programski jezik SRLC. Program sestavljajo krmilni stavki, vhodno-izhodni stavki in ukazi za gibanje. Pri kodiranju je bilo potrebno paziti na omejitve delovnega prostora, saj je potekalo

sta. Komunikacija krmilnika z robotom poteka preko podatkovnega vodila Profibus predvsem zaradi velikega števila spremenljivk, kot so: izbrani modul zlaganja posod na paletu (odvisno od tipa posod in palet), položaj robota in prijemala, hitrost gibanja ter različne zahteve in potrditve. Po istem komunikacijskem protokolu poteka tudi povezava med krmilnikom in operaterskim terminalom, s katerim izbiramo programe delovanja in spreminjamo parametre na liniji.

Glede na potrebe na liniji in zahteve naročnika smo izbrali programirljiv



Slika 6. Posode, zložene na paleti



Slika 7. Primer začetnega menija na OP

programiranje v zunanjih ali orodnih koordinatah.

Za varnost uporabnikov kot tudi naprav je bilo poskrbljeno z uporabo ustreznih senzorjev, tipkal in indikatorjev. Vstop v RC skozi vrata je mogoč le ob predhodnem odklepanju vrat, kar storimo s pritiskom ustre-

zne tipke na krmilni omarici. Vrata so opremljena z varnostnimi ključavnicami, ki onemogočajo vstop v RC, ko je linija v procesu delovanja. V delu, kjer ni varnostne ograje, skrbita za varnost dve svetlobni zavesi, ki ob morebitnem nenadzorovanem vstopu v območje delovanja linije nemudoma aktivirata varno-



Slika 8. Svetlobni stolp za indikacijo dogodkov 2 st

stni modul, kar povzroči zaustavitev linije. Robotska celica je opremljena tudi s tipkami STOP. Nameščene so na predelih, kjer so operaterju hitro dostopne ob morebitnih napakah ali nepravilnem delovanju linije.

Signalizacija delovanja ali prikaz napak na liniji je izveden s svetlobnim stolpom, ki je na vidnem mestu na varnostni ograji. Svetlobni stolp (slika 8) signalizira delovanje z rdečo, rumeno ali zeleno svetlobo. Opremljen je tudi s hupo za zvočni signal.

Rdeča luč: Sveti v primeru izpada delovanja, če je pritisnjena tipka za izklop v sili in stroj ni vklopljen. Rdeča utripa v primeru izpada motorske zaščite ali izpada napajanja frekvenčnih regulatorjev.

Rumena luč: Sveti, kadar je linija v ročnem načinu delovanja in kadar linija prehaja v avtomatski režim. Utripa, kadar je linija v avtomatskem režimu delovanja in se je pojavilo sporočilo ob dogodku (alarmu) na liniji.

Zelena luč: Utripa, kadar linija prehaja v avtomatski režim delovanja. Sveti, kadar je linija v avtomatskem režimu delovanja.

Hupa: Prekinjeno trobi 5 sekund, kadar linija prehaja v avtomatsko delovanje, in 10 sekund, kadar pride do posebnega dogodka (alarm) na liniji.

## ■ 4 Zaključek

Predstavljena je robotska linija za avtomatsko zlaganje posod na palete in njihov transport. Opisani so nekateri pomembnejši sklopi, ki sestavljajo robotsko celico, in njihova vloga pri delovanju. Predstavljena je pomembnejša elektrooprema, opisano delovanje in varno upravljanje z robotsko celico.

Za robotsko celico smo izrisali elektronačrte [1], sodelovali pri sami izdelavi krmilnih omaric in programiranju robota KUKA ter PLC-krmilnika. Uredili smo tudi tehnično dokumentacijo in uporabniška navodila za osebje. Izdelava robotske celice je potekala tri mesece – vse od naročila do predaje. Po testira-

njih in predaji na robotski celici ni bilo večjih težav, tako da linija obratuje že približno dve leti brez napak. Prijemalo na robotski roki smo testirali in nadgrajevali že v fazi načrtovanja, saj je šlo za unikatno izvedbo, namenjeno prijemu točno določenih oblik in tež posod ter palete.

V podjetju, ki je naročilo robotsko celico, je ta pripomogla k hitrejši in zanesljivejši paletizaciji posod za predajo končnemu kupcu. Dosežena sta bila poglavitna namena investicije – razbremenitev in varnost delavcev v podjetju, ki so pred tem ročno zlagali posode na palete. Fi-

nančni učinki za zdaj še niso znani, vendar se ocenjuje, da se bo investicija poplačala v nekaj letih.

## Literatura

- [1] R. Cingl: Avtomatizacija linije za paletizacijo in transport posod, diplomsko delo visokošolskega študijskega programa Elektrotehnika, UM-FERI, marec 2013
- [2] KUKA: [http://www.robots.com/pdfs/kr60\\_datasheet.pdf](http://www.robots.com/pdfs/kr60_datasheet.pdf)
- [3] Siemens SIMATIC: [troller-sw-tia-portal/simatic-step7-basic-v11/screencasts/Pages/Default.aspx](http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/con-</a></li>
</ul>
</div>
<div data-bbox=)

- [4] Siemens SIMATIC: <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/23615705?func=ll&objId=23615705&objAction=csView&nodeid0=10805161&lang=en&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW&load=content>
- [5] Lenze: <http://www.transdriveonline.co.uk/products/0000-55kw-single-phase-input-ac-drives/lenze-smd-esmd551x2sfa-ac-inverter-0-55kw-1ph-240200v>

### Robotic cell line for palletizing containers

**Abstract:** The paper presents a robotic cell which is designed for stacking PVC containers coming from the filling line. Stacking on pallets is carried out by an industrial robot. Loaded pallets are then transported to the end point. Described are the main components that make up the line, their design, links and the communication between them. Utility, safe operation, settings and control options are also presented. The robotic cell is designed and produced by Parkman, d.o.o. for Belinka Perkemija, d.o.o..

**Keywords:** robotic cell, palletizing, industrial robot, PVC container, PLC controller

# I PRO ING d.o.o.

## V SODELOVANJU Z NAJBOLJŠIMI

- Varilna oprema in varilni materiali vodilnega svetovnega proizvajalca **LINCOLN ELECTRIC**
- Varilna oprema proizvajalca **MERKLE** - Nemčija
- Širok izbor dodatnih materialov za varjenje
- Industrijsko odsesovanje in odpraševanje - **NEDERMAN**
- Hitro zaporne spojke za vse aplikacije in različne medije
- Avtomatizacija varjenja
- Implementacija in integracija varilnih sistemov in tehnologij na robotskih aplikacijah



Servis varilne opreme

Pooblaščen zastopnik za Slovenijo:  
I PRO ING d.o.o., Tel.: 01/56-11-045, info@ipro.si, www.ipro.si