

## » Senzor sile

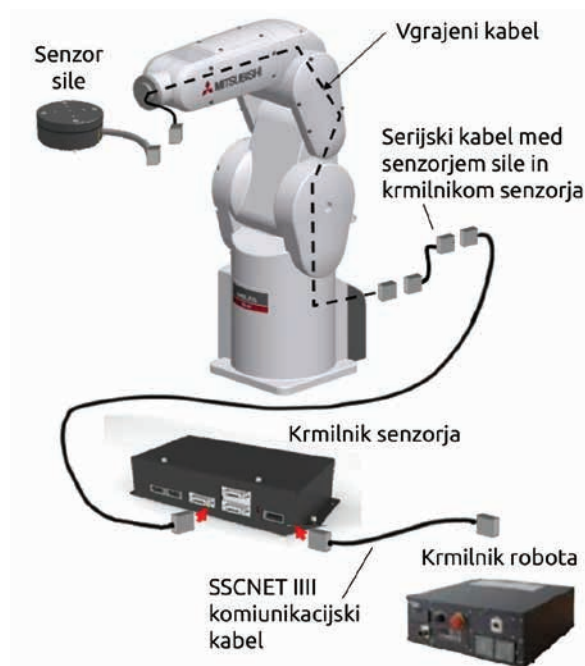
**Jan Kramžar** Sedanji industrijski roboti so s tehnološkega vidika glede na prve robote, ki so pomenili začetek robotske dobe, izjemno napredovali. Zdaj so nepogrešljiv del industrije, saj jih odlikujejo visoka fleksibilnost, vzdržljivost, hitrost in preciznost.

Kljub vsem odlikam roboti še vedno delujejo predvsem po vnaprej določenih programiranih premikih. To pomeni, da se bo robot premaknil v neko točko v prostoru ter se bo vedno znova vračal v ta položaj, s pogreškom le nekaj mikrometrov. To je lahko problem, če ne moremo zagotoviti geometrijske stabilnosti točke. Osnovni primer je vstavljanje nekega kosa v luknjo. Če se nam luknja izmakne iz referenčnega položaja, pri katerem smo naučili robota, pomeni, da bo vstavljanje kosa neuspešno. To lahko pomeni trk robota v orodje, saj pri robotih na splošno nimamo nadzora, s kolikšno silo naj deluje. Takih primerov je ogromno in v svetu robotike so se pojavile različne rešitve. Ena od njih je tako imenovani senzor sile, ki ga pritrdimo med prirobnico robota in robotskega prijemala. S tem dobimo informacije o sili, ki delujejo na prijemalo, oziroma o silah, ki jih povzroča robot. Takih senzorjev je na tržišču že veliko. Nastavitev senzorjev glede na robota je lahko še vedno dolgotrajen in kompleksen postopek. Na tržišču lahko hitro dobimo ugodnejši analogni senzor, vendar zanj po navadi potrebujemo še lastni PLK in lastni algoritem za preračunavanje signalov iz sensorja sile. Nato je treba vzpostaviti komunikacijo med PLK-jem in robotskim krmilnikom. Šele po vsem tem lahko začnemo v robota pisati programe, kako naj se glede na pridobljene informacije iz sensorja obnaša pri premikih.

Da bi bil prehod na uporabo sensorja čim bolj enostaven, nekateri proizvajalci za svoje robote ponujajo sistemsko podprte senzorje sile. Primer takega proizvajalca je Mitsubishi electric, ki za svoje robote ponuja tako imenovani »force sense function« izdelek. Prednost tega izdelka je popolna sistemska podprtost z Mitsubishijevimi industrijskimi roboti serij RV in RH, kar pomeni enostavno montažo in vzpostavitev delovanja z robotom.

### Montaža in priklop sensorja na robota

Izdelek vsebuje senzor sile in montažni set, ki se enostavno pritrdi na prirobnico robota. Senzor je s serijskim kablom priklopljen na krmilnik. Imamo možnost napeljave serijskega kabla ob robotski roki ali direktnega priklopa na notranjo inštalacijo robotske



» Slika 1: Povezava sensorja sile prek krmilnika sensorja na krmilnik robota, z optičnim kablom

roke, ki jo omogočajo vsi Mitsubishijevi roboti. Tako se izognemo problemu z opletanjem in poškodbami napeljave med hitrimi premiki robota.

Krmilnik sensorja je zaradi čim hitrejše komunikacije povezan neposredno na robotski krmilnik – po optični komunikaciji (SSCNET III). Zaradi večje fleksibilnosti omogoča krmilnik več različnih vrst priklopa (odvisno od zahtevane aplikacije).

### Nastavitve sensorja sile

Po priklopu sensorja sile je treba robota nastaviti, da pravilno zazna senzor in pravilno interpretira pridobljene podatke. Za to imamo vnaprej pripravljenih veliko naborov parametrov v robotu,



Jan Kramžar • Inea RBT • Stegne 11, 1000 Ljubljana  
• info@inea-rbt.si • www.inea-rbt.si

# FX5U

Kompaktni PLK krmilniki nove generacije



**Najbolje prodajani kompaktni PLK krmilnik na svetu je postal še boljši.**



Izboljšana povezljivost



Širok nabor vgrajenih funkcionalnosti



Izboljšana produktivnost in hitro povračilo investicije



Izboljšano diagnosticiranje in odpravljanje napak

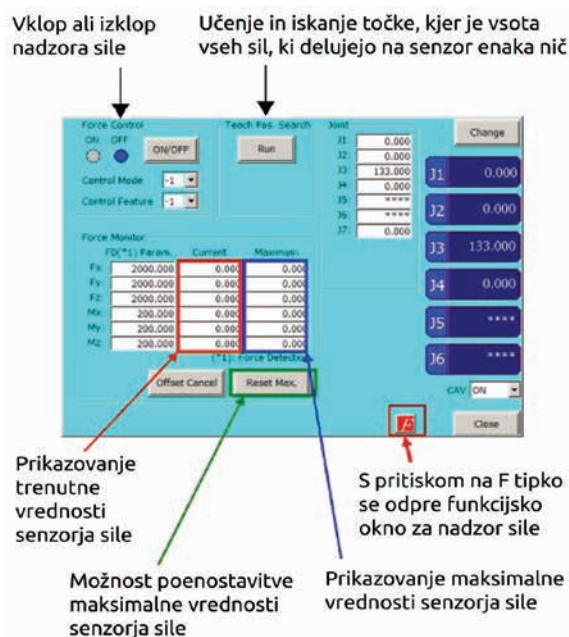
kar nam olajša in pohitri potrebne nastavitve. Primeri takih parametrov nam omogočajo identifikacijo in kalibracijo senzorja, ko izbiramo med levo- ali desnosučnim koordinatnim sistemom. S temi sistemskimi funkcijami lahko tudi omogočimo večjo varnost robota pri uporabi senzorja. Tako imamo že v nastavitvah in mimo našega programa določeno maksimalno toleranco uporabljene sile in maksimalni dovoljeni odmik robota, ko je ta v načinu, da njegovo trajektorijo pomikanja določa senzor, ne več vnaprej shranjene pozicije.

## Funkcionalnosti senzorja sile

Kot smo že omenili, gre za senzor, sistemsko popolnoma podprt od robota, tako da nam po že omenjenih nastavitvah robot v svojem operacijskem sistemu sam ponudi dodatne funkcije, ki niso bile vidne pred vklopom senzorja in se uporabljajo samo v ta namen. Primer je v ročnem pomiku robota z učno enoto (JOG mode), kjer imamo na voljo novo okno, ki nam prikazuje trenutne sile, ki delujejo na senzor, in več možnosti za upravljanje z njim.

Poleg dodatnih funkcij v ročnem načinu je največja prednost takega senzorja programska podprtost pri izdelovanju programov robota. Pri prej omenjenih univerzalnih senzorjih dobimo podatke le o tem, kako velika je sila, in glede na kartezični koordinatni sistem, iz katere smeri. Kako naj se robot obnaša glede na te podatke, moramo po navadi sami spisati algoritme. V primeru opisanega senzorja imamo na voljo več načinov oziroma programskih funkcij, kako naj se obnaša robot glede na dobljene podatke.

Integrirane programske funkcije za upravljanje senzorja sile



» Slika 2: Nadzor sile v funkcijskem oknu na učni enoti robota, ko se robot upravlja v ročnem načinu

## Funkcija nadzora sile (angl. Force sense control)

Funkcija se uporablja za nadzor mehkoabe in pritiskne sile robota. Odvisno od aplikacije pa se funkcija lahko preklaplja med nadzo-



### Avtomatizacija in pogoni

- PLK sistemi
- Omrežja
- Operaterski paneli (HMI)
- Frekvenčni pretvorniki
- Servo sistemi
- SCADA
- Industrijski roboti

### Industrijske komponente

- Mehanski in polprevodniški releji
- Časovni releji
- Števci
- Programabilni releji
- Stikalni napajalniki
- Stikala
- Temperaturni in procesni regulatorji
- Digitalni prikazovalniki
- Nivojski regulatorji

### Senzorika

- Senzorji z optičnimi vlakni
- Induktivna stikala
- Fotoelektrični senzorji
- Dajalniki impulzov
- Kamerni sistemi in senzorji
- RFID sistemi

### Varnostna tehnika

- Varnostne zavese in senzorji
- Varnostni moduli
- Varnostna stikala
- Varnostni releji
- LED signalni stolpiči

Merilne in testirne naprave

Poka Yoke naprave

Naprave za kontrolo produktov

Strojni vid za robotske aplikacije

Aplikacije strojnega vida

Aplikacije s servo sistemi



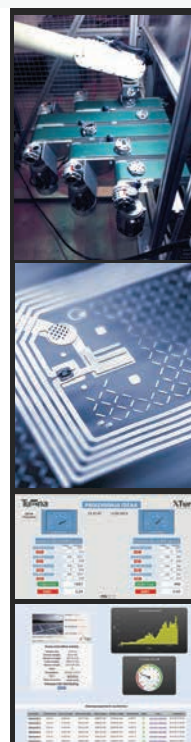
Robotizacija s SCARA in DELTA roboti

Identifikacija v proizvodnji (črtna in 2D koda)

Rešitev sledljivosti v proizvodnji (RFID)

SCADA sistemi za nadzor proizvodnih procesov

Nadzorni sistemi za sončne in vetrne elektrarne ter kogeneracijske naprave



Obiščite nas na  
Forma Tool

(Celjski sejem,  
21. - 24. april 2015)

DVORANA D,  
razstavní prostor 03a



rom sile (angl. force control) in nadzorom togosti (angl. stiffness control).

### 1. Nadzor sile (angl. force control)

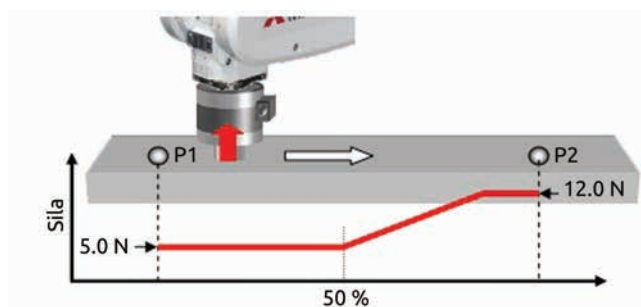
Ta način nadzora krmili robota, da vedno potiska le z določeno silo. To pomeni, da se robot samodejno premakne v položaj, v katerem je mogoče dobiti želeno reakcijo sile. Robot se lahko tudi premika med potiskanjem obdelovanca s konstantno silo in istočasno ohranja stik.

Spodnji primer prikazuje osnovno uporabo nadzora sile. Robot je pripeljan v začetno točko Pzacetek, kjer se vključi funkcija. Po vklopu se robot samodejno začne pomikati v koordinatnem sistemu funkcije nadzora v smeri +FZt, vse dokler ni mogoče pridobiti sile 10 N.



» Slika 3: Osnovni nadzor sile

Prostovoljno lahko tudi med samo uporabo funkcije spreminjamo nastavitve, na primer želeno silo pritiska. Denimo, da med pomikom robota iz točke P1 v točko P2 želimo spremeniti silo iz 5 N v 12 N. Določimo lahko tudi, pri kateri razdalji naj se sila postopoma začne spreminjati.



» Slika 4: Nadzor sile ob pomikanju robota iz točke P1 v točko P2 in hkrati spremembi želene sile pritiska

### 2. Nadzor togosti (angl. stiffness control)

Ta način delovanja se uporablja za kontroliranje robota, da deluje mehko kot vzmet. Z zunanjo silo se robot premika samodejno v smeri, ki omogoča pobeg pred zunanjo silo. Ta vrsta nadzora se lahko uporablja za zaustavljanje sil, ki delujejo na obdelovanec med tem, ko ga robot vstavlja.

Robotsko roko lahko nastavimo, da se obnaša kot vzmet v kateri koli smeri. Na spodnjem primeru imamo predpostavljeno, da

**YASKAWA**

**SIGMA-7**

KOMPAKTNA,  
ZMOGLJIVA IN BOLJ  
PRECIZNA KOT  
KADARKOLI PREJ

**UE**  
MICRO-EPSILON

LASERSKI  
2D/3D PROFILNI  
SKENER ZA  
PRECIZNO  
MERJENJE IN  
VREDNOTENJE



Vizija  
avtomatizacije

»IMATE PROBLEM –  
IMAMO REŠITEV«

**tipteh**

Tipteh d.o.o., Ulica Ivana Roba 21  
1000 Ljubljana, Slovenija

tel.: +386 1 200 51 50  
fax: +386 1 200 51 51

www.tipteh.si  
e-mail: info@tipteh.si



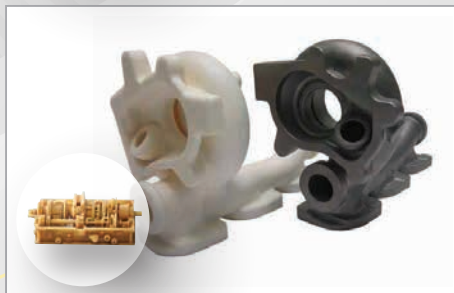
## 3D printani modeli

### Prednosti

- kratek čas izdelave (že v nekaj dneh)
- kompleksnost in zaprti koti niso ovira
- majhne serije (lahko samo 1 kos)
- tiskanje tudi velikih kosov (max dim. 4000 mm x 2000 mm x 1000 mm)
- tiskani modeli, ustrezno impregnirani so lahko razstavni ekspanati, kulise v teatru, kipi ...



3D print - livarske forme in jedra



3D print - plastika impregnacija z voskom



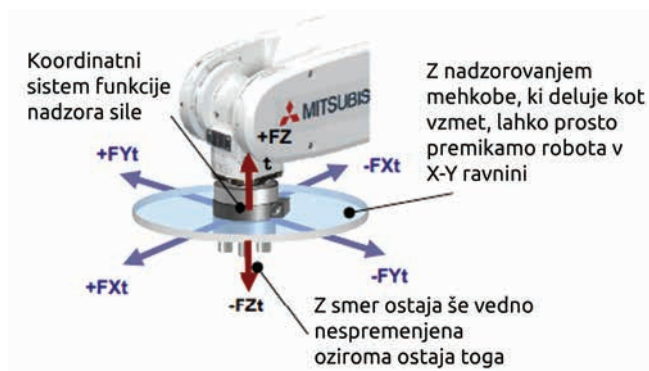
3D print - kremenčev pesek

tehnologija  
**vixeljet**

CHEMETS d.o.o. Velesovska cesta 20, 4208 Šenčur  
tel.: +386 4 235 44 70, faks: +386 4 235 44 77  
info@chemets.si

**www.chemets.si**

je funkcija nadzora vključena samo v smeri X-Y, kar pomeni, da se robot samodejno pomika samo v teh dveh smereh, ko nanj delujejo sile.



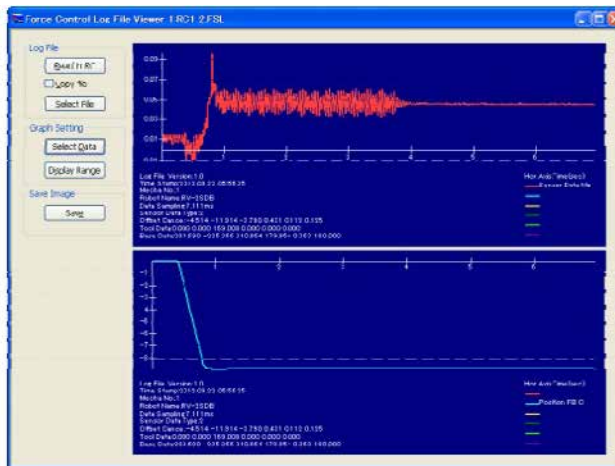
» Slika 5: Nadzor togosti oziroma mehkoabe pritiska

### Funkcija zaznavanja sile (angl. Force sense detection)

Če nam zgornje funkcije ne odgovarjajo za naš tip aplikacije, lahko še vedno svobodno uporabljamo svoje lastne prostopke, kako naj se obnaša robot v primeru fizičnega stika. To dosežemo s funkcijo zaznavanja sile (angl. Force sense detection). To funkcijo lahko uporabljamo tudi z rednimi prekinitvami.

### Funkcija dnevnika sile (angl. Force sense log)

V industriji je vse bolj prisoten nadzor kakovosti izdelave oziroma kontrola »Kaj se dogaja v proizvodnji«. Tako ima Mitsubishijeva rešitev tudi funkcijo za pridobivanje in izpisovanje podatkov senzorja sile in podatkov o pozicijah robota. Pridobljeni podatki se lahko pregledujejo v obliki grafa – s programskim orodjem robota RTToolBox2. Imamo tudi možnost prenašanja podatkov po FTP-strežniku na računalnik. To nam omogoča sprotno preverjanje robotove kakovosti in analizo podatkov v primeru napake.



» Slika 6: Grafični pregled podatkov senzorja sile v programskem okolju RTToolBox2

### Sklep

V opisanem primeru uporabe senzorja sile lahko vidimo, katere funkcije prinaša njegova uporaba, in široko uporabnost v množici industrijskih aplikacij, kjer ne moremo zagotoviti popolne geometrijske točnosti in stabilnosti točke. Mitsubishijeva rešitev je z vidika namestitve enostavna, senzor se povezuje po optični komunikaciji SSCNET III in omogoča še več drugih vrst prikljopa. Ker gre za popolno sistemsko integracijo, imamo dobro programsko podprtost robota. Primer tega so podprte programske funkcije in nastavitve senzorja, ki jih opravljamo kar v sistemskih nastavitvah robota. Prednost tega je tudi integracija diagnostike senzorja v diagnostiko robota. To pomeni, da imamo v primeru napake na senzorju ali padca komunikacije vse potrebne informacije na robotu. Če se take situacije zgodijo med gibanjem robota, ta tudi samodejno deluje, kot da bi šlo za njegovo lastno napako.