

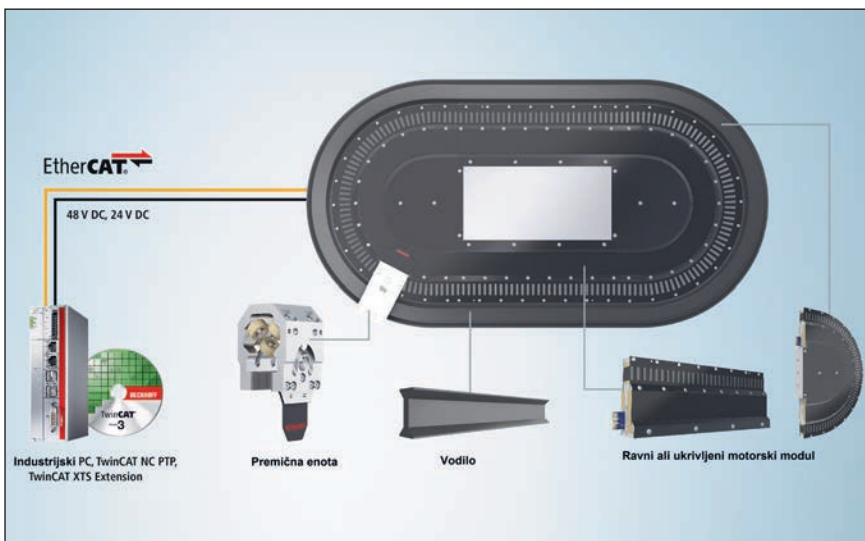
XTS – linearni motor s krožno potjo

Simon GORŠE, Jernej TAVČAR

Izvleček: Novi linearni transportni sistem XTS (eXtended Transport System) podjetja Beckhoff združuje prednosti preizkušenih tehnologij vrtečih se in linearnih pogonskih sistemov ter odpravlja nekatere omejitve obeh. Gre za napreden modularni mehatronski sistem, sestavljen iz fiksnih motorskih modulov, premičnih motorskih delov, vodila in računalnika. Posamezen motorski modul je kompletno integriran skupaj s pogonsko elektroniko in merjenjem pozicije. XTS ima enega ali več pasivnih premičnih delov oziroma enot (angl. mover), ki se premikajo po vodilu z veliko dinamiko. Sistem, ki ga krmili industrijski računalnik s programom TwinCAT, ne potrebuje zapletenega ožičenja in kabelskih verig, temveč le napajalni kabel in kabel EtherCAT. Mehansko robusten dajalnik posreduje položaj premične enote motorskemu modulu.

Rešitve s sistemom XTS so primerne za različne aplikacije, kot so transport materiala, ločevanje proizvodnega toka, podajanje in združevanje izdelkov, prav tako pa lahko v isti aplikaciji sodeluje več sistemov XTS. Inovativna zgradba sistema XTS ponuja številne prednosti, predvsem večjo storilnost, manjše prostorske zahteve v aplikaciji ter manj vzdrževanja, posledično pa so manjši tudi stroški.

Ključne besede: XTS, transportni sistem, napredni transport, transport majhnih objektov, pasivne premične enote



Slika 1. Nov način uporabe linearnih motorjev ponuja nove možnosti pogonov

1 Uvod

XTS (eXtended Transport System) je pogonski sistem, ki ga je razvilo nemško podjetje Beckhoff. Novi sistem (slika 1) združuje prednosti preizkušenih tehnologij vrtečih se in linearnih pogonskih sistemov in odpravlja nekatere omejitve tako enih kot drugih.

Simon Gorše, dipl. inž., Jernej Tavčar, univ. dipl. inž., oba Beckhoff Avtomatizacija, d. o. o., Medvode

Sistem XTS ponuja mnoge možnosti za nove in inovativne rešitve na področju transporta in pozicioniranja izdelkov oziroma obdelovancev v proizvodnji.

2 XTS – transportni sistem nove generacije

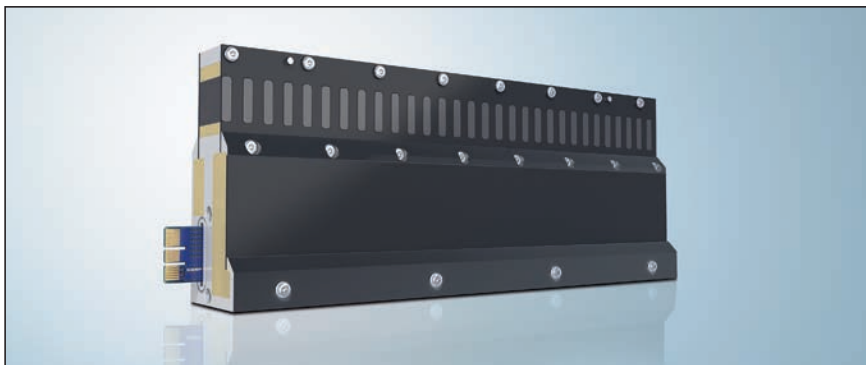
Transportni sistem XTS je napreden modularni mehatronski sistem, sestavljen iz fiksnih motorskih modulov (slika 2), premičnih motorskih delov (slika 3), vodil in računalnika. Posamezen motorski modul je po-

polnoma integriran skupaj s pogonsko elektroniko in merjenjem pozicije. Na motorske module so pritrjena vodila, ki so po obliki prilagojena za montažo nanje. Sistem je poleg tega sestavljen iz pasivnih premičnih enot (angl. mover), ki so brez kablov in se gibajo po vodilih z veliko dinamiko. Premična enota je narejena iz lahke aluminijeve zlitine, na katero so pritrjeni dve magnetni plošči, valjčki za gibanje po vodilu in t. i. enkoderska zastavica za določanje pozicije. Sistem, ki ga krmili industrijski računalnik s programom TwinCAT, ne potrebuje zapletenega ožičenja in kabelskih verig, temveč le dva kabla za vsake tri metre dolžine: napajalni kabel in kabel EtherCAT za povezavo z računalnikom.

XTS lahko uporabimo v številnih aplikacijah. Rešitev je primerna predvsem za hitro ravnanje z materialom, ko je treba:

- predmet potiskati naprej, prilagoditi razdaljo med predmeti, zmanjšati ali povečati hitrost predmetov,
- predmet vpeti in premakniti,
- predmet prenesti in odložiti ali dvigniti, obrniti, zapreti itd.

Transportni sistem XTS lahko uporabimo tudi za ureditev materiala v



Slika 2. Motorski modul ima vgrajeno pogonsko elektroniko in merjenje pozicije premičnih enot



Slika 3. Posebnost sistema XTS je tudi pasivna premična enota, ki ne potrebuje kablov

neenakomernem toku, ki ga prenese z enakomerno hitrostjo in v enakomernem razmiku na naslednjo delovno postajo. Poleg tega lahko sistem pobira izdelke in jih prenaša z ene delovne postaje na drugo.

Rešitve s sistemom XTS so primerne za različne aplikacije. Za transport materiala lahko uporabimo celotno potovanje premične enote, vključno s povratno progo in ovinki, s čimer se lahko učinkovito izkoristi razpoložljivi prostor in prihrani strojna oprema. Dolžina in izvedbe krivulj sistema so opredeljeni s številom in tipom motorskih modulov. Uporaba sistema XTS omogoča številne možnosti: premične enote pospešujejo, zavirajo, se ustavijo na

določenem mestu in se med seboj usklajujejo (sinhronizirajo). Lahko se premikajo v skupini in ustavljajo druga za drugo, med potjo tvorijo prijemalno silo, pri zaviranju pa vračajo energijo nazaj v sistem.

■ 2.1 Lastnosti sistema XTS

Tabela 1. Lastnosti sistema XTS

Lastnosti sistema	Beckhoff XTS
Maks. sila	do 100 N v mirovanju
Nazivna sila	do 30 N (pri temperaturni razliki ~30 °C med motorjem in ogrodjem)
Hitrost	4 m/s pri napajalni napetosti 48 V DC
Pospešek	> 100 m/s ² (brez bremena)
Maksimalna dolžina sistema	> 10 m (odvisna od procesne moči)
Zaščita	IP 65

Tabela 2. Električne karakteristike

Električne karakteristike	Beckhoff XTS
Napajalna napetost	krmilna napetost 24 V DC, napajanje do 50 V DC
Poraba motornih modulov	19 W/m (komunikacija, elektronika, zaznavanje pozicije)
Razdalja med dovodnimi priključki	do 3 m (napajanje, EtherCAT), odvisna od obremenitve
Poraba posamezne premične enote	pribl. 12 W pri 4 m/s (brez bremena)
Električni/mehanski izkoristek pri 30 N	$\eta = 66\%$ pri 1 m/s, 90% pri 4 m/s

■ 3 Osnovne funkcije XTS

■ 3.1 Prosto gibanje ene premične enote

Posamezen premični del se lahko prosto premika po celotni progi, tj. lahko zavira, pospešuje, se

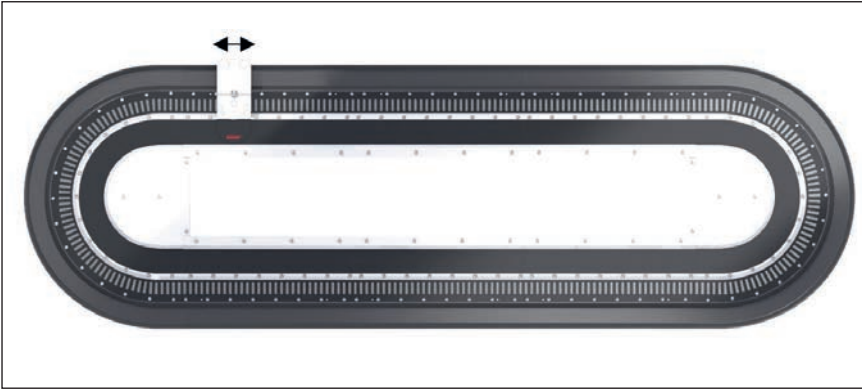
ustavi na določenem mestu ali tvori konstantno silo v mirovanju in gibanju. Tako kot linearni motor lahko premična enota izvaja poljubno gibanje, vendar pri tem ne potrebuje kablskih verig in tako ponuja največjo fleksibilnost. Pri sklenjeni krožni poti gibanje premične enote ni omejeno, zato lahko neskončno sledi toku izdelkov in ni potrebe po premikanju nazaj proti toku.

■ 3.2 Prosto gibanje več premičnih enot

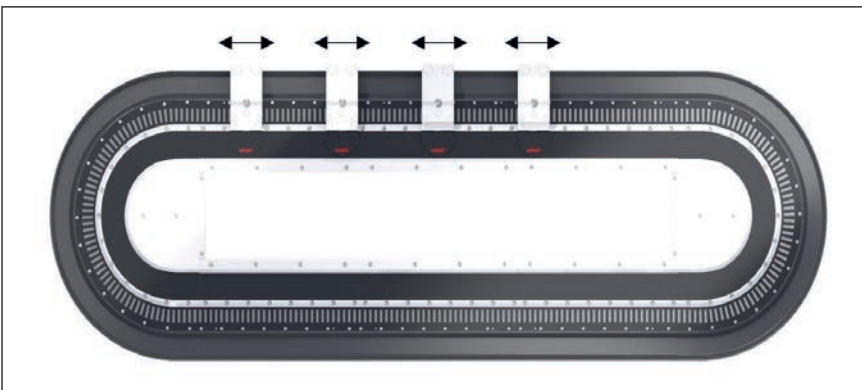
Vse premične enote se lahko premikajo neodvisno druga od druge in se ustavijo na absolutnem položaju vzdolž celotne proge (slika 4). Poleg tega se lahko pomikajo tudi relativno glede na ostale enote, s čimer se izognemo trkom.

■ 3.3 Sinhrono gibanje skupine premičnih enot

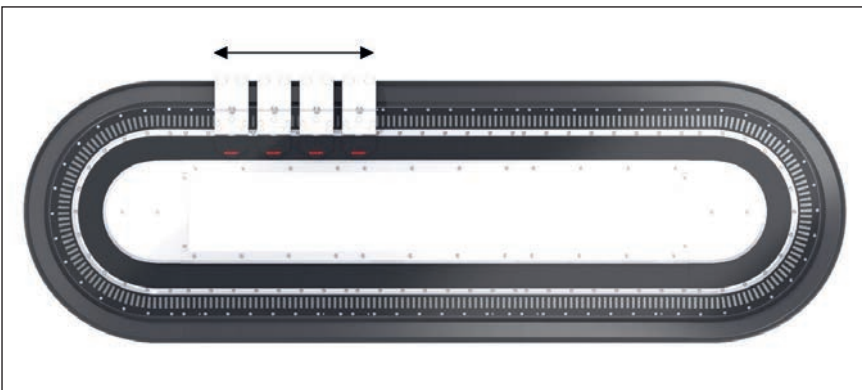
Med gibanjem lahko premične enote tvorijo eno ali več skupin, ki se sočasno ustavijo ali pa premikajo mimo delovnih postaj z določenim hitrostnim profilom (slika 5).



Slika 4. Prosto gibanje ene ali več premičnih enot



Slika 5. Sinhrono gibanje skupine premičnih enot



Slika 6. Premikanje s stalno silo

Lastnosti skupine (število enot in razdaljo med njimi) je možno dinamično spreminjati.

■ 3.4 Stalna sila

Premične enote sledijo druga drugi z določeno silo (slika 6). Med sledenjem tvorijo t. i. prijemalno silo, zaradi katere lahko npr. nosijo izdelek. Pri določenih aplikacijah lahko silo posamične enote omejimo, da izdelka ne obremenjujemo po nepotrebnem. Omejimo lahko tudi pospeševanje in centrifugalno silo,

kar omogoča transport tekočin v odprtih posodah.

■ 4 Tipični primeri uporabe

Če je v klasičnih mehanskih in montažnih sistemih potrebno veliko strojnega inženiringa, je pri sistemu XTS poudarek na programskih rešitvah, kar ponuja večjo fleksibilnost strojev in obratov.

Premične enote lahko pobirajo in prenašajo izdelke, prilagodijo raz-

daljo med njimi ter spreminjajo hitrost njihovega gibanja. Enote lahko celo sodelujejo druga z drugo in predmet oz. izdelek vpnejo z določeno silo in ga na ta način premikajo. Dodatne gibe omogoča montaža dodatnih manipulatorjev, npr. kombinacija dveh premičnih enot lahko ustvari rotacijsko silo, ki porine izdelek v stran ali pa odvije pokrov.

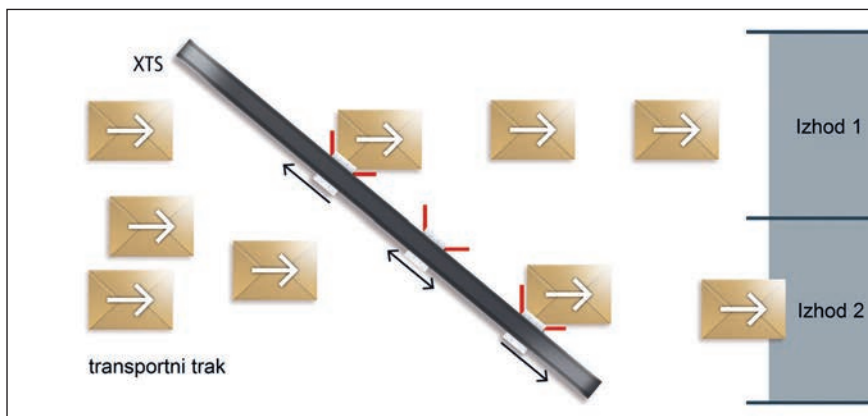
Veliko mehanskih funkcij je zamenjala programska rešitev, kar ponuja mnoge prednosti, kot so na primer nižji stroški, enostavnejša menjava izdelka na proizvodni liniji ter prilagoditve procesa. Ena od prednosti za uporabnika so tudi kratki odzivni časi, npr. pri napaki podajalnika na vhodu proizvodne linije, saj lahko programska oprema v tem primeru avtomatsko ali ročno preusmeri proizvodni tok. Zaradi izjemne funkcionalnosti in stroškovne učinkovitosti sistema XTS lahko sedaj vpeljemo postopke dela, ki so bili morda v preteklosti predragi in/ali preveč zahtevni.

V nadaljevanju je predstavljenih šest tipičnih primerov uporabe sistema XTS, ki kažejo, kako lahko omenjene prednosti izkoristimo v proizvodnji.

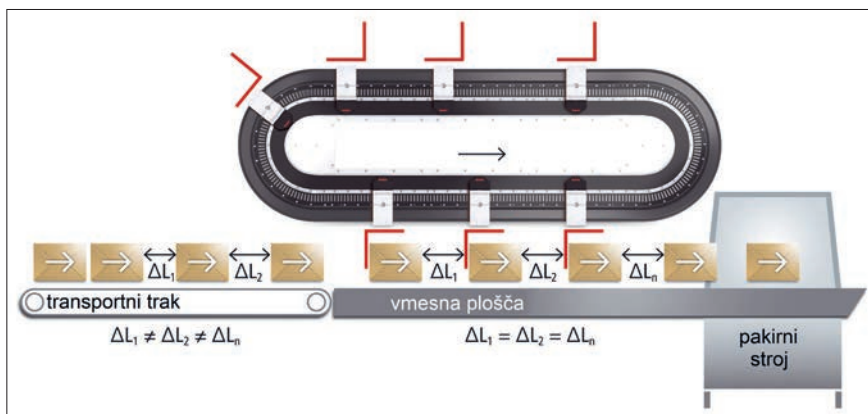
■ 4.1 Ločevanje proizvodnega toka

Sistem XTS lahko opravlja nalogo sortirnika, ki ločuje tok manjših škatel (slika 7). XTS je postavljen pokončno, diagonalno nad transportnim trakom. Na osnovi informacij iz sistema za prepoznavanje izdelkov se premična enota pomakne proti bližajoči se škatli in jo s pomočjo prijemala pomakne navzgor ali navzdol po transportnem traku. Ko je škatla na zeleni poziciji, prijemalo popusti, škatla pa nadaljuje pot po transportnem traku v smeri določenega izhoda.

Ta enostavna, a hkrati izredno učinkovita funkcija sistema XTS omogoča bistveno večjo fleksibilnost v primerjavi s klasičnimi mehanskimi sistemi, saj programska oprema



Slika 7. Primer ločevanja proizvodnega toka: XTS skrbi za ločevanje vhodnega toka izdelkov v dva izhodna tokova



Slika 8. XTS prilagaja razdaljo med izdelki

omogoča prosto razvrščanje škatel med dvema izhodoma ali po določenem vzorcu/zaporedju, pa tudi nastavitve zelene razdalje med škatlami. Funkcija ne zahteva menjave mehanskih komponent ali orodij, kar zagotavlja bistveno boljše razpoložljivost stroja, rešitev pa je tudi izredno hitra – v obstoječi aplikaciji se transportni trak giblje s hitrostmi do 3,5 m/s, kar za XTS ne predstavlja nikakršne težave. Poleg tega se lahko krmilna elektronika zelo hitro prilagodi morebitnim spremembam hitrosti, npr. ob zagonu stroja, kar pomeni, da je XTS vedno popolnoma usklajen s transportnim trakom.

■ 4.2 Podajalnik z nastavitvijo razmaka

Zasnova s sistemom XTS je lahko idealna rešitev za usklajevanje neenakomernega toka izdelkov za nadaljnjo obdelavo – v našem primeru pakiranje manjših škatel (slika 8). Veliko sistemov, kot so na primer stroji za pakiranje v pretisne omote ali sestav-

ljanje izdelkov, ni mogoče poljubno ustavljati in zaganjati, zato potrebujejo točno definirano ter enakomerno razdaljo med izdelki. Za delovanje take aplikacije mora biti vhodni tok izdelkov usklajen z zmogljivostjo obdelovalnih naprav. Premični del sistema XTS z nameščenim potiskačem ali prijemalom premakne škatlo s transportnega traku na vmesno območje in ustrezno prilagodi hitrost tako, da



Slika 9. Krožni sistem XTS je idealen za sistem polnjenja steklenic, kjer se posamično obdeluje neprekinjen tok izdelkov

razdalja med trenutno in sosednjo škatlo ustreza nastavljeni razdalji.

Čeprav se zastavljena naloga s sistemom XTS sliši dokaj enostavna, je bila v preteklosti taka aplikacija zelo težko izvedljiva in ni bila vedno ekonomsko upravičena. V klasičnih sistemih se škatle najprej nabirajo pred pregrado, transportni trak pa se premika (in drsi) pod mirujočimi škatlami. V pravem trenutku se pregrada odpre za toliko časa, da spusti mimo eno škatlo. Tipičen primer takega sistema je transport steklenic v pivovarni.

Pri bolj občutljivih izdelkih, kot so kartonske škatle s težko vsebino, pa se lahko ti med transportom poškodujejo. Problem so tudi lepljivi izdelki, ki se lahko zaradi premočnega trenja transportnega traku sprimejo skupaj. Za občutljive izdelke se običajno uporabita dva transportna trakova, pri čemer se drugi trak premika hitreje. Razdalja se tako prilagaja mehansko z dolžino traku. To zahteva kompliciran dodatni vmesni trak, ki ga je težko čistiti. Rešitev s sistemom XTS je veliko bolj enostavna in cenejša.

■ 4.3 Krožni sistem za asinhroni transport s sinhronim dovajanjem izdelkov

Linija za polnjenje pijač je odlični primer aplikacije z XTS za asinhroni transport s sinhronim dovodom izdelkov (slika 9). Ker so premični deli neodvisni, lahko neprekinjeno

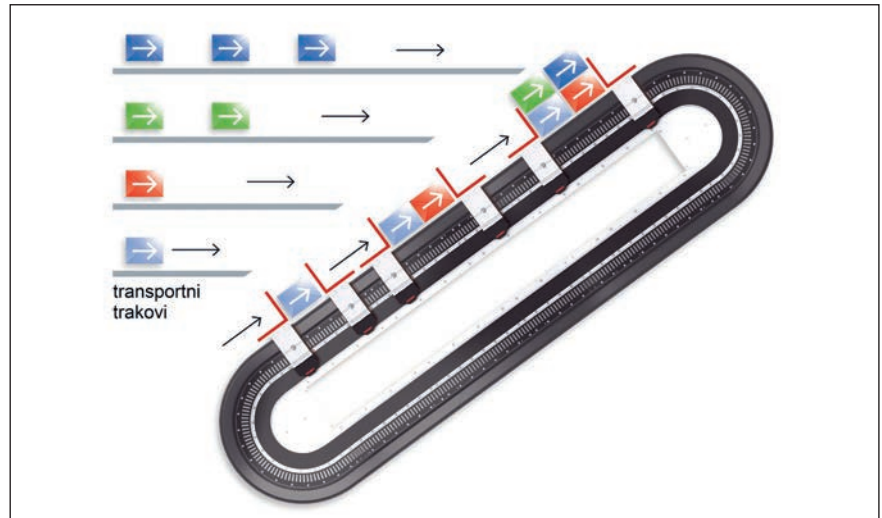
prijemajo steklenice, ki prihajajo v enakomernem intervalu, ter jih čim hitreje premaknejo do polnilne postaje, kjer se steklenice zadržijo dlje. Flexibilnost sistema XTS omogoča več istočasnih počasnih operacij, npr. več polnilnih postaj z neprekinjeno oskrbo steklenic. Tako lahko polnilna linija obratuje bolj učinkovito.

Brez sistema XTS bi bil tak način transporta zahteven in drag. V najslabšem primeru je potrebno pri klasičnem sistemu ustaviti celoten tok izdelkov, kar pomeni da je hitrost celotne linije enaka hitrosti najpočasnejše enote. Medtem pa ostale postaje stojijo, kar pomeni njihov slabši izkoristek.

■ 4.4 Združevanje izdelkov v skupine

Prednosti sistema XTS pridejo najbolj do izraza pri sistemih, ki zahtevajo združevanje izdelkov (slika 10). Škatle različnih barv se na štirih transportnih trakovih premikajo proti XTS-u. Dve premični enoti primeta po en izdelek iz vsake skupine in ga odpeljeta na naslednjo postajo (npr. pakiranje), pri čemer se lahko določi tudi razdalja med posameznimi skupinami izdelkov.

V tej aplikaciji še posebej izstopajo



Slika 10. V primeru na sliki je naloga sistema XTS združevanje izdelkov, ki prihajajo po več transportnih trakovih, v naprej določene skupine in njihov premik do naslednje postaje

prednosti programskih rešitev namesto mehanskih. Definiranje novih skupin izdelkov je zelo enostavno: če želimo spremeniti količino določenih izdelkov, moramo spremeniti le vrstni red ukazov za par premičnih enot. Prav tako lahko enostavno spremenimo število izdelkov v skupini. V primeru odpovedi enega od transportnih trakov se lahko v programu določi, da se izdelki pobirajo z drugih trakov.

■ 4.5 Sodelovanje dveh sistemov XTS

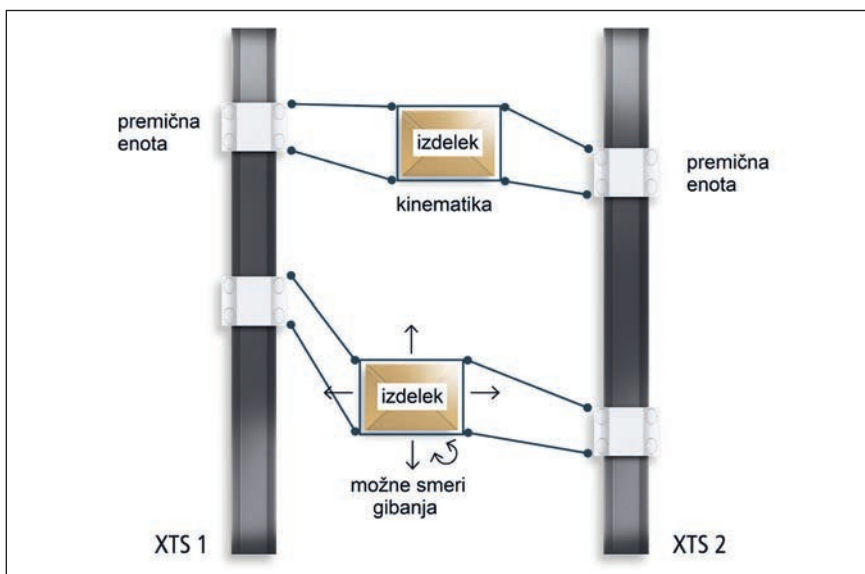
Prednosti večjega števila neodvisnih premičnih enot se kažejo tudi v apli-

kacijah, kjer je XTS uporabljen kot t. i. gantry sistem z dvema ločenima progama (slika 11). Dve premični enoti lahko sinhroniziramo ne samo znotraj enega sistema XTS, temveč tudi med dvema XTS-oma, ki sta v našem primeru nameščena vzporedno. V kombinaciji z ustreznimi kinematičnimi komponentami (npr. ročice na tečajih) ta sistem omogoča dodatne načine transporta izdelkov poleg ravne proge. Te možnosti so dobrodošle, če so potrebni premiki po robu izdelka ali krožni premiki, kot je npr. privijanje pokrovčka.

Še en zanimiv primer uporabe je prepljenje škatel. S sistemom XTS premične enote z ročicami prenesejo škatlo pod šobo z lepilom in jo nato natančno vodijo pod curkom lepila. Šoba, ki je običajno težka, tako ne potrebuje več dragega robota, ki bi jo premikal nad škatlo, ampak je fiksna, medtem ko so izdelki tisti, ki potujejo po transportnem sistemu.

■ 4.6 Sortiranje glede na definirane in spremenljive vzorce

Na spodnji sliki prikazan demo sistem XTS, ki sortira žogice po barvi, je kombinacija krožnega vodoravnega sistema, na katerem so razporejene žogice, ter dveh vertikalnih sistemov XTS, ki žogice pobirajo, jih zlagajo v vrsto in odlagajo po določenem sistemu (slika 12).



Slika 11. Z uporabo dveh sinhroniziranih premičnih enot, nameščenih vzporedno, ter enostavnih kinematskih komponent lahko izdelke vodimo po predhodno programirani poti



Slika 12. Kombinacija horizontalnega sistema XTS in vertikalnih sistemov – na sliki je prikazan demo sistem s sejma IFAM 2015 – je odličen način za izločanje določenih elementov iz proizvodnega toka in njihovo razvrščanje glede na izbrane kriterije

To je učinkovita metoda za izločanje neustreznih izdelkov iz proizvodnega toka ali – kot je to prikazano na demo sistemu – za ločevanje izdelkov glede na določene lastnosti. Tudi tu vidimo očitne prednosti v primerjavi s klasičnimi mehanskimi sistemi s programsko opremo, saj lahko proces zelo hitro prilagodimo novim parametrom sortiranja oz. izločanja.

■ 5 Zaključek

Predstavljeni sistem XTS nudi veliko prednosti v mnogih aplikacijah:

- večja hitrost in posledično storilnost,
- prihranek pri prostoru,
- manj vzdrževanja,
- manjša poraba energije,
- tišje delovanje.

Ker je XTS zasnovan na PC-krmilni tehnologiji in je posledično velik del funkcij implementiran kot programska rešitev, je velika prednost tudi hitro in enostavno prilagajanje aplikacije trenutnim zahtevam, brez prekinitev in mehanskih sprememb.

Viri

- [1] Prübmeier, U.: The dynamic linear motor that drives in a circle, PC Control 02 (2012), str. 24–31.
- [2] Software replaces mechanical components while adding functionality and flexibility, PC Control 02 (2014), str. 10–13.

XTS – Linear motor with a circular path

Abstract: The new eXtended Transport System (XTS) by Beckhoff combines the advantages of two well-known drive principles, linear and rotary, in a single system, compensating for certain downsides of both. The XTS is a modular mechatronic system comprising a fixed motor module, movable carrier modules, a mechanical guide rail, and a computer. Each motor module is fully integrated with power electronics and position measurement. The XTS may have one or more movable carrier units called movers that can be moved highly dynamically on the guide rail. The system, controlled by means of Industrial PC with TwinCAT control software, does not require any complex wiring or cable chains but merely power supply and an EtherCAT cable. A mechanically robust encoder flag conveys the mover position to the motor module.

The solutions based on the XTS can be used in a variety of applications, such as transport of material, distribution of production stream, conveying and grouping products, whereby an application may even combine several XTS systems. The innovative design of the XTS offers many advantages, in particular increased productivity, reduced space requirements, less maintenance and in turn lower expenses.

Keywords: XTS, transport system, advanced transport system, small object transport, passive moving units (movers)