

Uporaba sodobnih krmilnikov pri avtomatizaciji pogonskih sistemov – rekonstrukcija stroja za izdelavo kozarcev

Slavko SENICA ⁽¹⁾, Samo KREŽE ⁽²⁾

⁽¹⁾Sistemi IN ES d.o.o., Dolenji Boštanj 62B, 8294 BOŠTANJ

slavko.senica@sis-ines.si

⁽²⁾Steklarna Hrastnik – Vitrum d.o.o., c.1.maja 14, 1430 HRASTNIK

samo.kreze@steklarna-hrastnik.si

*Automation and motion control:
reconstruction of glass making machine, case
study*

*Abstract: This paper presents
reconstruction of glass tableware forming
machine. Application of modern motion
controllers is discussed.*

1 IZHODIŠČA NALOGE

Na stroju za izdelavo kozarcev H28 v Steklarni Hrastnik je bilo potrebno izvesti rekonstrukcijo krmilne in programske opreme vodenja stroja. Cilj rekonstrukcije je bil ob zagotavljanju osnovnih tehnoloških zahtev pri proizvodnji kozarcev predvsem povečati razpoložljivost in zanesljivost delovanja stroja na maksimalno možno mejo. Uporabljene so morale biti najsodobnejše (digitalne) rešitve, ki zagotavljajo konstantne parametre delovanja stroja.

Povzetek zahtev:

- Tehnološke zahteve:

- kapaciteta stroja: do 75 kozarcev/minuto
- točnost pozicije pri predaji kaplje med segmenti: ± 0.5 kotne stopinje
- zmožnost (električne) zaustavitve sistema prej kot v času enega reza
- zmožnost vodenja ostale periferije glede na takt stroja in kot poljubne osi (16 programabilnih CAM izhodov)

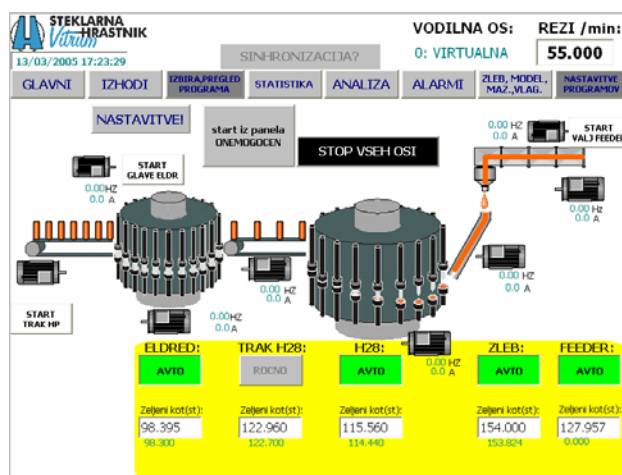
- Ostale zahteve:

- Ohranitev obstoječega in preverjenega koncepta delovanja stroja
- Ohranitev obstoječih motorjev in reduktorjev
- Uporaba sodobnih, standardnih rešitev

1.1 Analiza obstoječega stanja

Stroj H28 je bil montiran leta 1966. Proizvajalec stroja je LYNCH SYSTEMS (www.lynchsystems.com/products/th28.asp).

Slika 1 prikazuje shematski izgled stroja. Ta slika je hkrati tudi glavna slika vodenja stroja na panelu po rekonstrukciji.

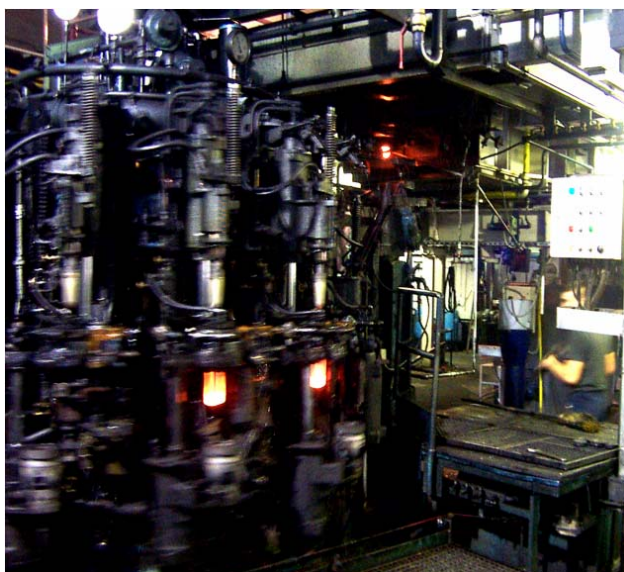


Slika 1: Shematski izgled stroja za izdelavo kozarcev; logičen pretok materiala (iz tekočega stekla do kozarcev) na sliki je iz desne proti levi;

Stroj je iz sestavljen iz petih samostojnih segmentov, ki so gnani vsak s svojim sinhronskim motorjem. Znotraj posamičnih

segmentov so različne faze izdelave kozarcev obdelane s klasičnimi strojnimi rešitvami.

Staljeno steklo se pripravlja v talilni peči, centralno za celo tovarno. Prvi segment na stroju (»FEEDER«) nareže tekoč curek stekla in ga oblikuje v kapljo primerne mase ter jo spusti v naslednji segment stroja (»ŽLEB«). Le ta potem pozicionira kapljo v ustrezen kalup glavnega dela stroja (segment »H28«). Med prehodom skozi ta del stroja se kaplja v kalupu preoblikuje v osnovno obliko kozarca. Na koncu segmenta H28 se kozarec avtomatsko prestavi na naslednji segment (»TRAK H28«), ki kozarce prenese do segmenta »ELDRED«, kjer se izvrši faza odreza in oblikovanja mehkih robov kozarca. Ta segment potem preda izdelan kozarec na transportni trak pred hladilno postajo v nadaljno obdelavo. Slika 2 prikazuje detajl oblikovanja kaplje ter začetek oblikovanja kozarcev v segmentu »H28«.



Slika 2

Glavna naloga avtomatike stroja je pravilno sinhronizirano predajanje kaplje (kasneje kozarca) iz predhodnega v naslednji segment. Opis problematike stroja smo prevedli na model petih fazno sinhroniziranih osi. Faza posamične osi mora biti nastavljiva glede na (poljubno) izbrano referenčno os. Točnost faznega ujemanja posamičnih osi je najbolj kritična v času prehoda obdelovancev med posamičnimi segmenti stroja. Konfiguracija strojne in

programske opreme je prilagojena zahtevam investitorja: uporaba obstoječih (sinhronskih) motorjev in reduktorjev; uporaba sodobnih, vendar čimbolj robustnih ter okolici maksimalno prilagojenih senzorjev ter aktuatorjev (rešitev brez uporabe inkrementalnih dajalnikov); izvedba meritve faze posamičnih osi s pomočjo robustnih induktivnih senzorjev z resolucijo enega impulza/360 stopinj.

2 IZBIRA OPREME

2.1 Izbira ustreznega krmilnika

Glede na analizo stanja in model rešitve problematike stroja (5 fazno sinhroniziranih elektromotorskih osi) smo pri izbiri krmilnika težili k čimbolj standardni, a hkrati čimbolj obstoječemu stroju prilagojeni rešitvi. Najbolj primerna se nam je zdela uporaba namenskega krmilnika za vodenje gibanja (več osni Motion Controller), ki bi hkrati opravljal tudi funkcijo krmiljenja periferije stroja.

Pri izbiri krmilnika smo analizirali več možnosti:

- uporaba klasičnih krmilnikov v zadostni konfiguraciji (Simatic S7 400, SIEMENS)
- uporaba namenskih več-osnih Motion Controllerjev različnih proizvajalcev (npr. Galil; Danaher Motion; Kollmorgen;...)
- uporaba več-osnih Motion Controllerjev svetovno znanih proizvajalcev klasičnih krmilniških sistemov; ti Motion Controllerji so praviloma dobro »vpeti« in odprti ter tudi podprti glede na svoje osnovne sisteme krmilnikov (Siemens (sistem SIMOTION); Berger Lahr; Mitsubishi; ELAU-PAC; Allen Bradley)

Že v sami fazi izbire ustreznega krmilnika za našo aplikacijo pa so se kriteriji razširili še na naslednje lastnosti:

- komunikacija med krmilnikom in pogoni naj bi potekala digitalno (po možnosti preko

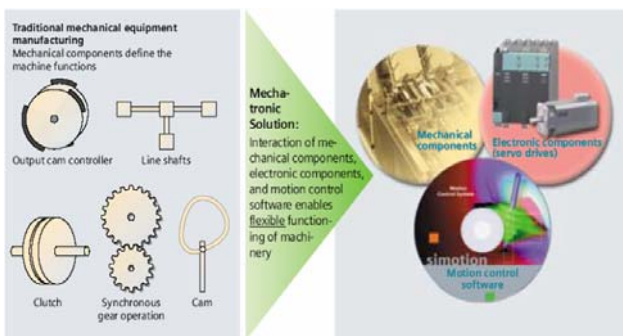
kakšnega od standardnih vodil, npr. Profibus)

- krmilnik in njegova periferija, eventuelni panel, vsi elementi, naj bodo v največji možni meri kompatibilni ali celo enaki investitorjevi obstoječi opremi
- razvojna orodja in uporabljeni programski jeziki naj bodo standardizirani (PLCopen motion control; IEC61131-3), čimbolj enostavni, zaradi zmanjšanja inženirskih stroškov pri razvoju in kasnejših spremembah in prilagoditvah...
- Celotno aplikacijo (razvoj programske opreme; parametriranje in zagon priključenih naprav; izdelava aplikacije za panel; testiranje in analiza rezultatov,...) naj bo mogoče obvladovati s čimmanj (novimi) razvojnimi orodji...

Za našo aplikacijo smo glede na opisane kriterije izbrali krmilnik SIMOTION C230-2 (Siemens).

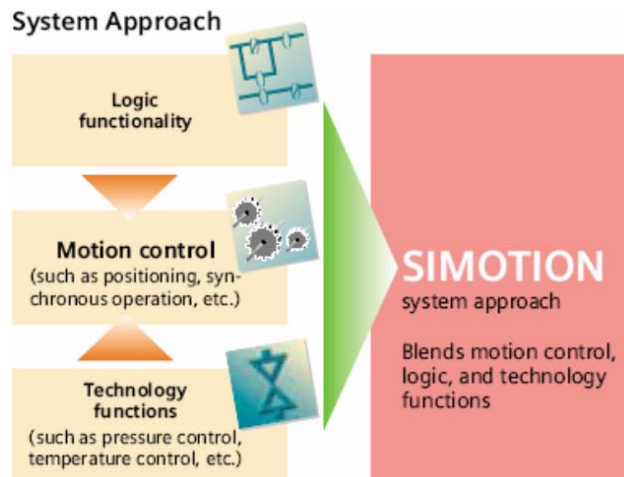
2.2 Krmilnik SIMOTION C230-2

Navedeni krmilnik je razmeroma nov proizvod. Namenjen je za aplikacije v strojogradnji, posebej za sisteme, v katerih so glavne funkcije stroja izvedene z elektromotorskimi pogoni. Slika 3 pojasnjuje bistvo novega pristopa, kot ga predstavlja proizvajalec [L1].



Slika 3

Sistem SIMOTION je koncipiran tako, da v eni napravi združuje funkcionalnost navadnega krmilnika, krmilnika gibanja ter krmilnika tehnoloških funkcij (slika 4, [L1]).



Slika 4

Dobavljiv je v 3 izvedbah: SIMOTION P (na PC platformi), SIMOTION-C (na krmilniški platformi) ter SIMOTION D (direktno integriran v servoregulatorje pogonov posamičnih osi, za ekstremno hitre aplikacije).

Glede na potrebe naše aplikacije je bil izbran SIMOTION-C. Potrebne dodatne vhodno – izhodne module, s katerimi je bilo izvedeno kompletno vodenje stroja, smo priključili direktno na krmilnik (ustrezajo namreč klasični moduli družine S7-300). Pogoni ter panel so bili na krmilnik priključeni preko Profibus vodila. Slika 5 prikazuje aplicirano konfiguracijo.



Slika 5

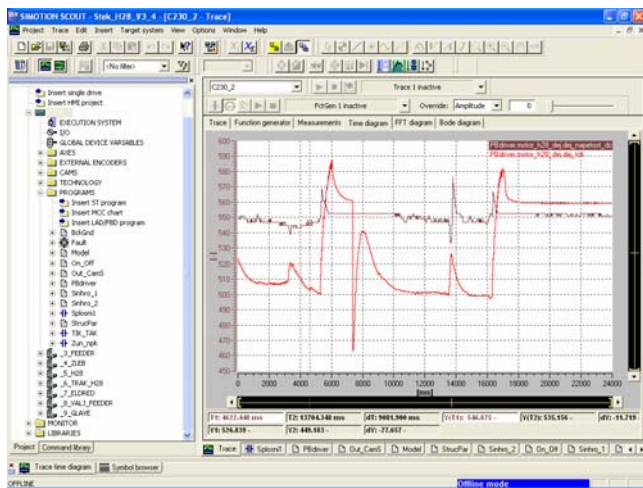
Razvojna orodja:

Sistem SIMOTION se programira, parametrira in zaganja z novim integralnim razvojnim orodjem SIMOTION SCOUT, ki vsebuje naslednje podsklope:

- upravljevec projekta (project manager)
- HW konfigurator (isti, kot pri Step7)

- urejevalniki programov:
 - grafični urejevalnik (MCC chart)
 - ST editor
 - LAD/FBD editor
- DRIVE-ES paket (orodja za parametriranje in zagon elektromotorskih pogonov)
- TRACE (orodje za analizo odzivov sistema)
- Urejevalnik krivulj (CAM editor)

Slika 6 prikazuje izgled zaslona orodja SIMOTION SCOUT, z odprtim pogledom na rezultat snemanja prehodnega pojava pri hitri zaustavitvi osi H28.



Slika 6

Program je možno pisati na 3 načine: kot MCC chart (grafično programiranje gibov), v jeziku ST (podoben Pascal-u) ali klasično (LAD/FBD).

Slika 7 prikazuje primer podprograma, napisanega v jeziku ST, slika 8 pa del programa, napisanega v grafičnem jeziku MCC. Ta jezik je še posebej zanimiv, saj omogoča programiranje delovanja stroja v obliki diagrama poteka.

2.3 Oprema elektromotorskih pogonov

Elektromotorske osi na stroju so bile že pred rekonstrukcijo gnane z ustreznimi sinhronskimi motorji in reduktorji.

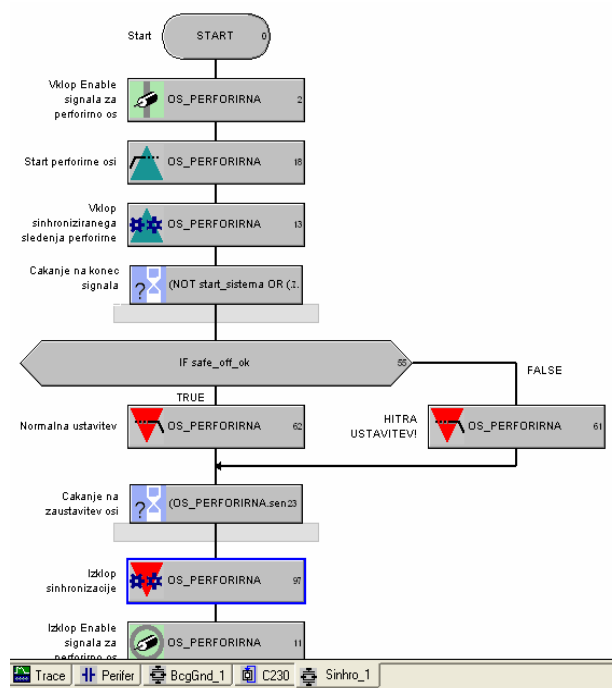
Moči motorjev posamičnih segmentov so v razponu od 4kW do 18.5kW.

```

214 FUNCTION Izracun_kota_osi:LREAL
215   VAR_INPUT
216     kot:LREAL;
217     prirastek_kota:LREAL;
218     sinhro_impulz:BOOL;
219     os_deluje:BOOL;
220   END_VAR
221
222   VAR // zacasne spremenljivke:
223     kot_temp:LREAL;
224   END_VAR
225
226
227 // prilagoditev vhodne spremenljivke, za delo:
228 kot_temp:= kot;
229
230 IF os_deluje THEN // algoritem, ce os deluje!
231   kot_temp:= kot_temp+prirastek_kota;
232   IF (kot_temp>=360.0) THEN
233     kot_temp:=kot_temp-360.0;
234   ELSIF (kot_temp<0.0) THEN
235     kot_temp:=kot_temp+360.0;
236   END_IF;
237 ELSE // konec algoritma, ce os deluje
238   kot_temp:=0.0; // algoritem, ce os ne deluje.
239 END_IF;
240
241 // inicializacija kota ob referencnem impulzu:
242 IF sinhro_impulz THEN
243   kot_temp:= 0.0;
244 END_IF;
245
246 // vracanje spremenljivke na izhod:
247 Izracun_kota_osi:=kot_temp;
248 END FUNCTION
249

```

Slika 7: programiranje v jeziku ST



Slika 8: programiranje v jeziku MCC

Za vodenje motorjev so bili uporabljeni ustrezni frekvenčni pretvorniki s Profibus komunikacijo (MM440, Siemens). Slika 9 prikazuje razpored (energetske) opreme v krmilni omari.

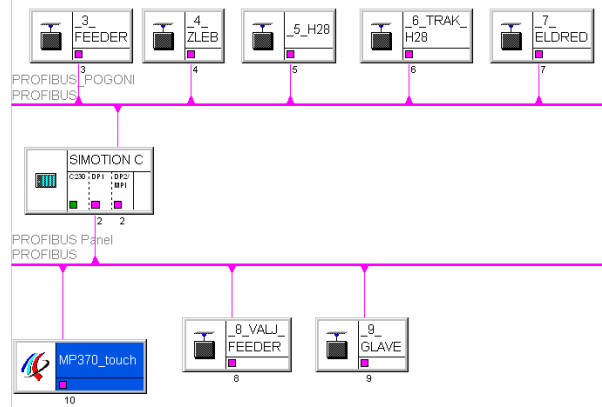


Slika 9

3 PODROBNOSTI REŠITVE

Kot je bilo že omenjeno, je bil za vodenje stroja izbran krmilnik SIMOTION C230-2. Periferija stroja je bila na krmilnik priključena preko klasičnih vhodno – izhodnih modulov sistema S7-300. Pogoni in panel so bili na krmilnik priključeni preko Profibus vodila. Slika 10 ponazarja aplicirano topologijo Profibus vodila.

Osi, ki morajo biti sinhronizirane, so na krmilnik povezane preko prvega PB vmesnika, ostali komunikacijski partnerji (pomožni pogoni, panel) pa preko drugega PB vmesnika. PB mreža »PROFIBUS_POGONI« je konfigurirana na hitrost prenosa 12Mbitov/s, v takt-sinhronskem načinu delovanja (časovno determinističen promet po PB mreži). Tudi osnovni takt krmilnika je sinhroniziran s taktom PB mreže pogonov. Na ta način je dosežena zahtevana točnost stroja.



Slika 10

3.1 Pristop k programiranju[L2]:

Zaradi specifičnih zahtev aplikacije (dovolj hitro in deterministično izvajanje programa sinhronizacije) je bil za ta projekt izbran omenjeni krmilnik, ki že v svoji zasnovi omogoča tak način dela. V operacijski sistem krmilnika je že vgrajen multi-tasking princip izvajanja programov, s točno določenim časovnim razporedom ter definirano prioriteto izvajanja določenih taskov.

Uporabniški program je skoraj v celoti napisan v ST jeziku. Razdeljen je na dele, ki se izvajajo v posamičnih taskih, po zgoraj opisanem principu.

V najhitrejšem tasku (IPOSyn, vsakih 1.5 ms), z najvišjo prioriteto, se izvajajo naslednje logične operacije in izračuni:

- zajem sinhronizacijskih impulzov osi
- izračun trenutnih kotov vseh osi
- sinhronizacija vseh osi (izračun napak, korekcij; ročna korekcija zelenega kota na zunanjih komandah (+ in -))
- izračun in kontrola varovanja modelov
- algoritem za vodenje hitrih CAM izhodov (za vodenje periferije stroja).

V počasnejšem tasku (IPOSyn_2, vsakih 9 ms), z nižjo prioriteto, se izvajajo naslednje logične operacije in izračuni:

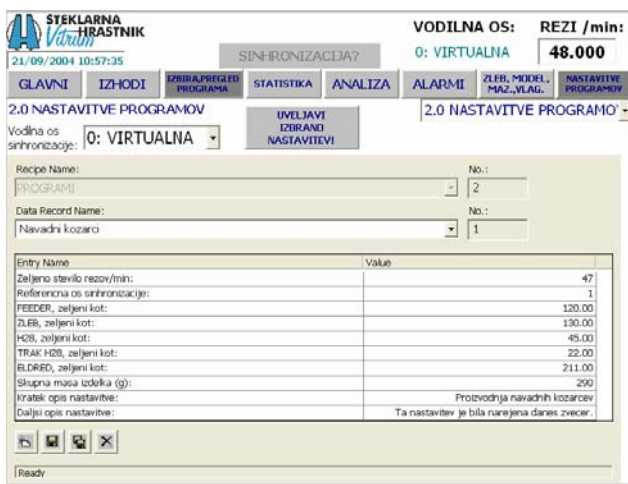
- izračun korekcije hitrosti osi (ročna korekcija na komandah (+,-), kadar os ne deluje v sinhronizmu)

- osnovno delovanje osi: osnovno pospeševanje in zaviranje osi, izračun hitrosti osi, preračun spremenljivk v ustrezne formate, pospeševanje in zaviranje osi zaradi korekcije sinhronizacije
- osveževanje ter priprava spremenljivk za komunikacijo s frekvenčnimi pretvorniki osi preko Profibusa
- meritve časov obratovanja stroja

V Background tasku (ki se izvaja v preostanku procesorskega časa, z najnižjo prioriteto) se izvajajo vse ostale funkcije, logične operacije ter izračuni.

3.2 Vodenje in parametriranje stroja [L3]:

Vodenje in parametriranje stroja je omogočeno preko Touch-panela.



Slika 11

Le ta poleg osnovnih funkcij omogoča tudi dolgotrajno shranjevanje vseh dogodkov na stroju ter shranjevanje pomembnih nastavitvev stroja za različne artikle (slika 11).

Tako panel kot krmilnik sta opremljena z Ethernet vmesnikom, kar omogoča poljubno povezavo stroja v IT sisteme naročnika preko mehanizma OPC-serverja.

4 ZAKLJUČEK

V članku je opisan eden od možnih pristopov do rešitev problemov avtomatizacije v strojogradnji z uporabo sodobnih krmilnikov (Motion Controller-jev). Nakazani so kriteriji za izbiro opreme ter možne rešitve s sodobnimi orodji.

5 LITERATURA

- [1] *Katalog PM10-2003* Siemens AG Automation and Drives, Motion Control Systems, Postfach 31 80, D-910 50 Erlangen, 2003
- [2] *Tehnično poročilo H28*, Sistemi IN ES d.o.o., Steklarna Hrastnik – Vitrum d.o.o., Boštanj, Hrastnik, 2004
- [3] *Navodilo za posluževanje H28*, Sistemi IN ES d.o.o., Steklarna Hrastnik – Vitrum d.o.o., Boštanj, Hrastnik, 2004