

Krmiljenje modularnega proizvodnega sistema
Benko Peter, Pakiž Jože, Rogelj Peter
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Tržaška 25, 1001 Ljubljana, Slovenija
peter.rogelj1@guest.arnes.si

Abstract

This article contains a description of the modular production system (MPS) piloted by Mitsubishi controllers. The MPS consists of 5 processing stations of the manufacturing line. Described are the functional demands of the device as well as realization guidance and programming process.

Key words: PLC, program, senzor, aktuator.

Povzetek

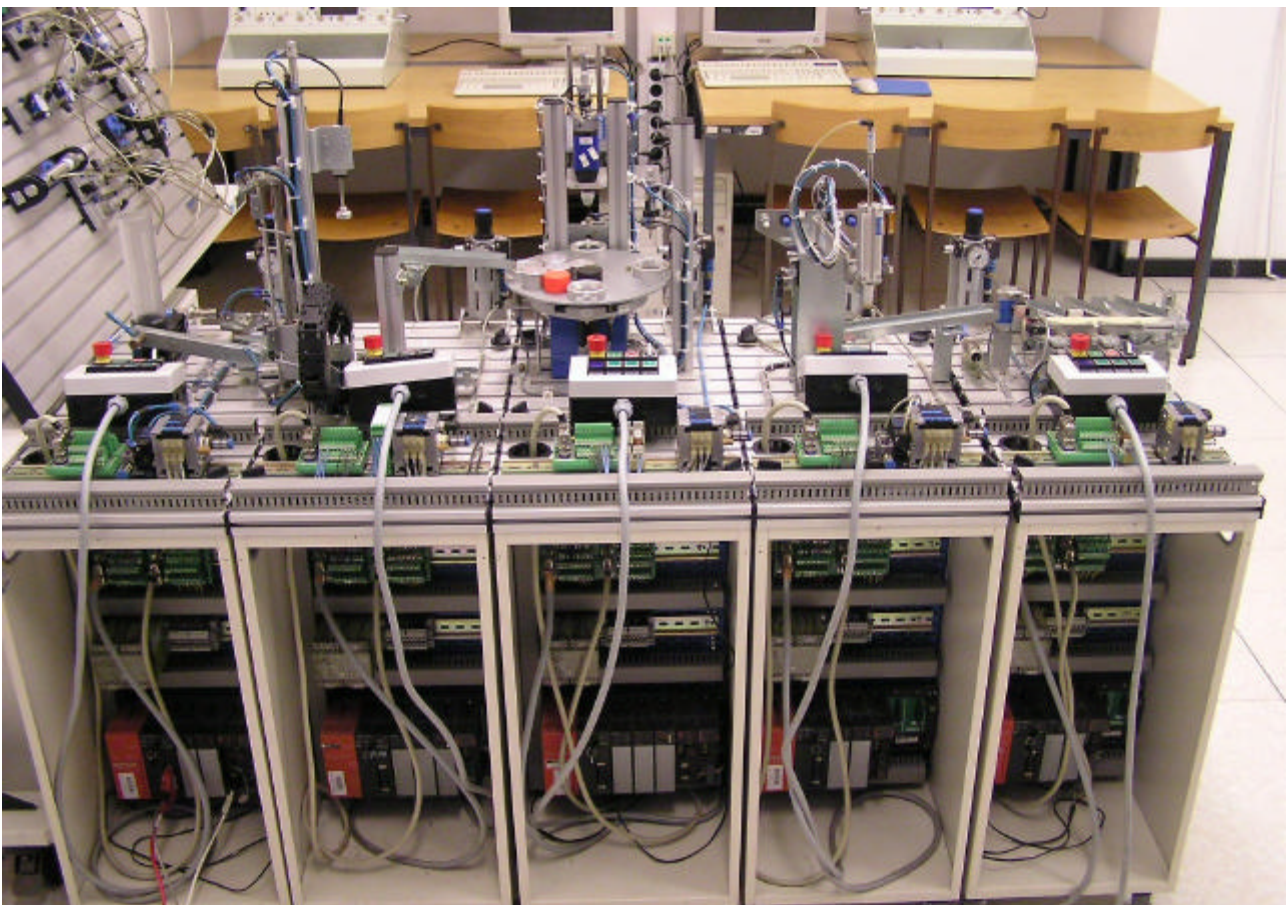
Ta članek vsebuje opis modularnega produkcijskega sistema (MPS) krmiljenega s krmilniki Mitsubishi. MPS je sestavljen iz petih postaj obdelovalne proizvodnje linije.

Opisane so funkcijske zahteve naprave, izvedba vodenja in potek programiranja.

Ključne besede: PLC, program, senzor, aktuator.

1. Uvod

Racunalniško vodenje procesov je danes domače že v vsakem proizvodnem podjetju. Vsi procesi, ki jih je smotrno avtomatizirati, omogočajo boljše in cenejše proizvode. Modularni produkcijski sistem (slika 1) na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani (v nadaljevanju MPS) je študijski pripomoček. Gre za sistem petih postaj, kjer ima vsaka postaja svoje krmiljenje Mitsubishi Melsec, med sabo pa



Slika 1: Modularni produkcijski sistem

so povezane preko omrežja Net-B. Delovne akcije linije so: podajanje, kontrola obdelovancev, obdelava, prenos in skladiščenje.

Cilj projekta je zagotoviti pravilno avtomatsko vodenje vseh petih delovnih postaj proizvodne linije. Strojna oprema linije je bila usklajena; programirni in nadzorni računalnik sta osebna računalnika z ustrezno programsko opremo. Naša naloga je bila napisati uporabniški program za posamezen krmilnik. Za to smo rabili programirni računalnik s programskim okoljem GX IEC Developer V 4.00 SP 4.0. Sistem vodenja obvešča operaterja o motnjah in zastojih v procesu preko signalnih luck na krmilnih pultih posameznih delovnih postaj. [1]

2. Obstoječe stanje, zahteve in podatki

Vsaka delovna postaja ima svoj programirni logični krmilnik (PLK) z vso potrebno dodatno elektroniko. Vsi izvršni členi so bodisi pnevmatski bodisi elektromotorni in so napetostno krmiljeni. Vsi senzorji razen enega imajo dvostanjski izhod. Krmilniki morajo biti za uspešno delovanje celotnega sistema povezani v mrežo. MPS je primeren predvsem za izvedbo porazdeljenega krmiljenja. Za dajanje ukazov krmilniku je na voljo krmilni pult (slika 2) in nadzorni računalnik. Krmilni pult vsebuje 5 tipk, izbirno stikalo, stikalo za izklop v sili in 4 svetlobne indikatorje. Imamo dva osebna računalnika, ki sta povezana s krmilniki preko dveh neodvisnih serijskih komunikacijskih kablov. **PC - programirna naprava** za potrebe programiranja in spremljanja delovanja programov je neposredno povezan le na PLK prve postaje, ostali PLK-ji so povezani posredno, preko NET-B omrežja.

PC - nadzorni računalnik pa je uporabljen za spremljanje in nadzor procesa. Stično mesto med postajo in pripadajočim krmiljenjem je standardiziran vhodno/izhodni (V/I) kabel. S tem kablom lahko povežemo 8 senzorjev, 8 izvršnih členov, kot tudi 24 V in 0 V s krmilnikom. V/I-kabel se enostavno priključi na poljubno postajo. Podatki, ki jih krmilnik dobiva od procesa, vključujejo

pozicije obdelovanca in elementov linije, ter barvo, dimenzijo in material, iz katerega je obdelovanec. Vsi podatki so tipa 1/0 – ustreza/ne ustreza ali iztegnjen/skrčen,... Sistem vsebuje en analogni senzor, ki podaja višino obdelovanca (druga postaja).

2.1 Funkcionalne zahteve

Inicializacija

S tipko RESET na krmilnem pultu sprožimo postopek inicializacije. Postopek sprožimo na vsaki delovni postaji posebej. Vzpostavi se zacetno stanje postaj, kar pomeni, da se elementi linije postavijo v zacetni položaj, ki omogoča varen zagon procesa.

Avtomatsko delovanje

Zagon je centraliziran, tako da s tipko START na krmilnem pultu prve postaje zaženemo vse postaje, lahko pa ga izvedemo tudi preko nadzornega sistema. Pogoj za zagon so uspešne inicializacije na vseh postajah.

Ce pride do napake, se delovanje postaje, na kateri je prišlo do napake, takoj ustavi in zaustavitev se signalizira na krmilnem pultu in v nadzornem sistemu. Ostale postaje delujejo naprej, v kolikor to ni v nasprotju z varnostnimi zahtevami.

Možna je tudi zaustavitev s pritiskom tipke na krmilnem pultu.



Slika 2: Krmilni pult

Pri tem sta dve možnosti zaustavitve. Prva je prekinitvev, ko se delovanje procesa takoj ustavi. Tedaj je potrebno pred ponovnim pogonom izvesti inicializacijo. Druga možnost je postopna zaustavitev, ko se tekoca opravila izvedejo do konca, nato se proces ustavi. Izvajanje opravil je možno nadaljevati od mesta ustavitve naprej.

Zbiranje podatkov

Za potrebe nadzora je potrebno zbirati podatke na tistem krmilniku, ki je neposredno povezan z nadzornim racunalnikom. Podrobne zahteve o potrebnih signalih predloži izvajalec nadzornega sistema. Podatke zajema nadzorni racunalnik, ki je povezan s krmilnikom preko serijske komunikacijske povezave. Izvedba zajema podatkov na nadzornem racunalniku je del nadzornega sistema.

Signalizacija

Preko luck na krmilnih pultih je možno spremljati delovanje procesa, in sicer mora biti razvidno, katere postaje delujejo in katere so zaustavljene, kot tudi obratovalno stanje posameznih postaj (inicializacija, normalno obratovanje, trenutna ali postopna zaustavitvev). V primeru nepredvidenega oziroma neželenega odvijanja dogodkov (napake) mora biti tudi to razvidno iz stanja luck na krmilnem pultu.

2.2 Opis vrste in kolicine podatkov

Senzorje napaja enosmerna napetost 24 V, njihovi izhodi pa so povezani na binarne (digitalne) vhode krmilnika. Potrebno število vhodov po delovnih postajah je enako vsoti števila binarnih senzorjev postaje in števila tipk oz. stikal na krmilnem pultu. V sistemu je en analogni senzor (na drugi postaji), zato mora krmilnik te postaje omogocati prikljucitev analognega signala.

Izvršni elementi so napajani z enosmerno napetostjo 24 V preko binarnih (digitalnih) izhodov krmilnika, ki delujejo kot stikala. Potrebno število izhodov po delovnih postajah je enako vsoti števila izvršnih elementov in števila svetlobnih indikatorjev na krmilnem pultu.

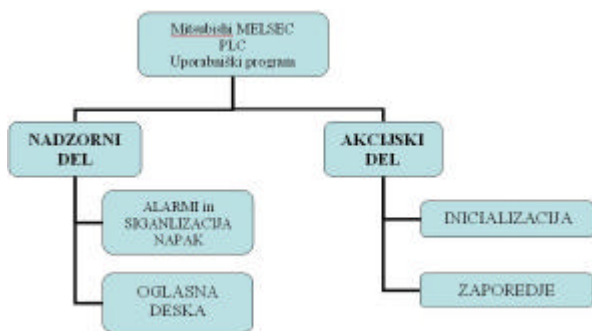
Za usklajevanje delovanja postaj je potrebno predvideti izmenjavo potrebnega števila bitov med krmilniki. Temu je potrebno dodati potrebno število bitov za zbiranje podatkov, ki se bodo prenašali na nadzorni racunalnik in z nadzornega racunalnika na krmilnike.

3. Opis delovanja linije oz. zaporedje del

V vhodno skladišče naložimo obdelovance. Pnevmatiski cilinder podaja obdelovance iz vhodnega skladišča na prevzemno mesto. Roka za prevzem obdelovancev prisesa obdelovanec na prevzemnem mestu in ga odnese na drugo postajo. Na prevzemnem mestu na drugi postaji se obdelovanec identificira s pomočjo treh senzorjev. Podatki o vrsti obdelovanca se ves čas prenašajo skupaj z njim tako, da se prepisujejo na naslove mrežnih registrov druge postaje potem iz druge na tretjo, iz tretje na četrto ter iz četrte na peto. Po identifikaciji obdelovanca se dvigalo dvigne na končno zgornjo pozicijo, kjer merilnik višine izmeri višino obdelovanca. V programu je določeno območje višin, ki se smatrajo kot ustrezne, ostale višine obdelovancev, ki so zunaj tega območja, so neustrezne. V tem primeru dvigalo spusti obdelovanec do končne spodnje pozicije, kjer cilinder za izmet potisne obdelovanec v skladišče za izmet obdelovancev neustreznih višin. Če pa je višina ustrezna, pa ta cilinder takoj po merjenju višine potisne obdelovanec po podestu na naslednjo postajo. Postaja obdelave ima vrtilno mizo s štirimi pozicijami za obdelovance. Ko prejme obdelovanec iz tretje postaje, zavrti mizo za kot 90 stopinj in na tem obdelovancu simulira vrtnje luknje. Ko dobimo naslednji obdelovanec iz druge postaje, se cikel ponovi. Hkrati pa se na tistem prejšnjem obdelovancu pomeři globina izvrtane luknje. Pri naslednjem ciklu pa roka četrte postaje že prevzame - prisesa obdelovanec iz tretje postaje in ga odloži v skladišče za izmet, če ima obdelovanec neustrezno izvrtino. V primeru ustrezne izvrtine roka odloži obdelovanec na tekoci trak na peto postajo. Zadnja postaja v sistemu pobira podatke o trenutnem obdelovancu iz omrežnih registrov krmilnika četrte postaje. Na tak način vemo, kateri obdelovanec smo dobili na peto postajo, in ga temu primerno ustrezno razvrstimo v ustrezno skladišče.

4. Pisanje programov za krmilnike

Odlocili smo se za sistem programiranja, ki ga prikazuje slika 3.



Slika 3: Končna shema uporabniškega programa

Ta način programiranja smo uporabili za vse krmilnike. Uporabljali smo t.i. **oglasno desko**, kar pomeni, da ima vsak krmilnik določen obseg pomnilniških mest, mrežnih registrov, rezerviranih za zapis informacij o stanju procesa. Na določene lokacije lahko piše samo krmilnik, ki ima dovoljenje za vpis na te iste lokacije, bere pa lahko iz vseh lokacij oglasne deske. Kar je vpisano na lokacijah oglasne deske, lahko torej berejo vsi krmilniki. Na ta način se postaje MPS med sabo sporazumevajo pri svojem delu. S pomočjo oglasne deske je poskrbljeno tudi za prenos barv obdelovancev iz postaje na postajo, izdajanje dovoljenj neke postaje za izvrševanje akcij na drugi postaji in podobno. Jedro programa je napisano v SFC (sekvenčni funkcijski diagram), podprogrami pa v lestvicnem diagramu. Vsak uporabniški program ima svoj seznam globalnih spremenljivk, ki se uporabljajo tako v nadzornem delu, kot v akcijskem delu programa. Posamezen del programa ima zopet svoj seznam spremenljivk, ki jih uporablja. V tem primeru gre za spremenljivke tipa VAR_EXTERNAL in VAR.

Akcijski del programa je pisan v zanki. SFC algoritem določa akcije in glavne pogoje za prehod na naslednjo akcijo. Program izvede najprej inicializacijo postaje, ko je ta uspešno izvedena, se prižge ustrezna signalna lučka in program se izvede naprej, če to dovoljujejo potrebni pogoji.

V nadzorni del programa smo vključili signalizacijo vseh spremenljivk za nadzorovanje procesa, torej za ekipo, ki je

pripravljala nadzor nad delovanjem naprave MPS. Tukaj imamo tudi RESET vseh časovnikov in števec, ki so uporabljeni v akcijskem delu programa. Vklop/izklop opozorilnih lučk na krmilnih napravah je ravno tako realiziran v tem delu programa. Nadzorni del operira tudi z glavnimi spremenljivkami za delo. Pri tem mislimo na spremenljivke START, STOP, RESET in Quit. [2]

4.1 Problemi

Dva člana skupine sva pred tem projektom že pisala programe za SIEMENS-ove krmilnike, v programu STEP 7. Pisanje programov za krmilnike Mitsubishi MELSEC je bila za vse tri člane nova izkušnja. Najprej smo morali spoznati naprave in sistem dela. Določiti je bilo potrebno neko okvirno shemo programa oz. organizacijo programa. Ta se je tekom dela spremenila, saj se je prva različica izkazala kot neustrezna. Po razgovoru smo določili končno shemo programa (slika 3). Jasno smo definirali, kaj bo zajemal nadzorni del programa in kaj akcijski del. Precej problemov smo imeli z neupoštevanjem različnih pogojev. Konkretno smo pozabili upoštevati, da se premicna roka (prva postaja) ne sme gibati, če je dvigalo (druga postaja) v gibanju in obratno. Nadalje prenašalna roka (četrti postaja) ne sme odložiti obdelovanca na trak (peta postaja), če ta ni prazen. Tipičen problem je bil, da je elektropnevmatski ventil blokiral v eni poziciji, če je imel daljši časovni signal za to pozicijo. Tovrstne signale smo aktivirali, samo dokler izvršni člen ni dosegel želene pozicije. Poleg tega so se pojavljale še določene manjše napake.

Največji poudarek smo dajali varnosti, ceprav smo imeli opravka z modularnim produkcijskim sistemom.

5. Priprava za delo in varnost

Vsaka postaja ima sicer svoje specifične probleme, nekaj pa imajo postaje tudi skupnega. Če postaja oziroma njeni izvršni členi pridejo v neugodno stanje je najbolje, da postajo zaustavimo s tipko STOP in nadaljujemo z inicializacijo.

VKLOP SISTEMA

Najprej zagotovimo napajanje krmilnikom vseh petih postaj. Priključiti moramo cev za stisnjen zrak in zagotoviti ta zrak na glavnem ventilu vsake postaje. Potem odpremo vse glavne ventile, da spustimo zrak do elektro-pnevmatskih ventilov (slika 4). Pred vklopom krmiljenja moramo prezraciti dvostanjski pnevmatske izvršne clene, da prepucimo hitre, torej nevarne reakcije teh izvršnih clenov.



Slika 4: Elektro-pnevmatski ventili

Pri vklopu napajanja sistema se sistem postavi v stanje IZKLOP V SILI (rdeca lucka na krmilni napravi). Iz tega stanja pridemo s pritiskom tipke QUIT na krmilni postaji, kar pa nima nobene povezave z uporabniškim programom krmilnikov. To storimo za vsako postajo posebej.

INICIALIZACIJA

Delovanje je centralizirano. Vse postaje poženemo s pritiskom tipke START na krmilni napravi prve postaje. Delovanje MPS linije se zacne, ko so vse postaje uspešno inicializirane. Usklajevanje postaj s prvo postajo poteka s pomocjo oglasne deske.

ZAUSTAVITVE

Brezpogojna zaustavitev s tipko EMERGENCY STOP. To je izklop v sili, ki izklopi krmiljenje in takoj zaustavi vse izvršne clene posamezne postaje. Na krmilni napravi se prižge rdeca lucka tipke EMERGENCY STOP. To je realizirano strojno, torej nepovezano s programom.

Brezpogojna zaustavitev s tipko STOP zaustavi izvršne clene sistema posamezne postaje na licu mesta in sicer resetira vse izhode krmilnika za izvršne clene. Pri tej zaustavitvi zacne utripati lucka tipke START. Za nadaljne delo odpravimo napake in postajo

resetiramo. Delo nadaljujemo s pritiskom START tipke. Velja za krmiljenje iz prve postaje.

Mehka zaustavitev zaradi pritiska tipke ACKNOWLEDGE na prvi krmilni napravi. V tem primeru se trenutna akcija izvede do konca, po tem pa sledi zaustavitev delovanja.

Mehka zaustavitev zaradi polnega skladišča obdelovancev ali izpada obdelovanca. Do te zaustavitve pride na postaji, ko se napolni skladišče izmeta ali skladišče obdelovancev (peta postaja). Za nadaljnje delo izpraznimo skladišče in nadaljujemo s tipko START. V primeru, da je odpadel obdelovanec med prenašanjem (1. in 4. postaja), se delovanje postaje ustavi in inicializira. Nadaljujemo s tipko START.

6. Zaključek

V clanku je kratko opisan objekt obravnave, modularni produkcijski sistem, povezave z okolico, program krmiljenja in problemi pri pisanju programa krmiljenja, kot zaključka pri celotni avtomatizaciji obdelovalne linije MPS. Izkazalo se je, da pisanje programa krmiljenja ni samostojno delo ampak skupinsko, saj en sam programer ne uspe najti vseh napak, ki se pokažejo pri testiranju. Zelo pomemben je dogovor za enotno programiranje za vseh pet postaj. Torej shema programa, nacin programiranja, signalizacija alarmov in potrditev. Potrebno je bilo veliko razgovorov s skupino sodelavcev, ki so skrbeli za nadzor procesa. Kar nekaj problemov je bilo mehanskih, ki smo jih rešili programsko.

7. Literatura

- [1] Zakošek, Jurij Peter; Uporabnost modularnega produkcijskega sistema v izobraževanju, diplomsko delo, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana 1997.
- [2] MITSUBISHI ELECTRIC: MELSOFT GX IEC Developer, IEC Programming and Documentation System, Beginner's Manual, MITSUBISHI ELECTRIC EUROPE B.V., Ratingen, 2001.
- [3] MITSUBISHI ELECTRIC: MELSOFT GX IEC Developer, IEC Programming and Documentation System, Reference Manual, MITSUBISHI ELECTRIC EUROPE B.V., Ratingen, 2001.