

Vodenje pol-industrijske naprave z dvema shranjevalnikoma

Vasja Markič
Peter Manfreda
Simon Ostrožnik

Fakulteta za Elektrotehniko
Tržaška 25, 1000 Ljubljana

POVZETEK

Vsebina članka obsega načrtovanje avtomatskega vodenja in izvedbo nadzora pol-industrijske naprave z dvema shranjevalnikoma. Avtomatizacijo procesa omogoča Siemensov krmilnik SIMATIC S7-400, pri čemer smo za pisanje programa uporabili programski paket Step 7. Nadzorni program je izdelan s pomočjo programskega paketa WinCC. Povezavo med pomožnim nadzornim računalnikom, ki je namenjen zbiranju podatkov, in nadzornim računalnikom, ki je namenjen nadzoru in vodenju procesa, omogoča OPC KEP Server. V nadaljevanju je kratek opis procesa, osnovna ideja realizacije, rešitve ter v zaključku vrednotenje celotnega projekta.

ABSTRACT

The article is about planning the automatization and implementation of the control of semi-industrial process with two containers. The automatization of the process is enabled by the Siemens controller SIMATIC S7-400. For programming the controller we used the Step 7 software. WinCC was used for implementation the supervisory system. The connection between the two computers (one for programming PLC and the other for supervision) used here was established by OPC KEP Server. What follows is a short description of the process, the basic idea of realization, the solution and finally the evaluation of the project as a whole.

1. Uvod

Vodenje pol-industrijske naprave z dvema shranjevalnikoma je kompleksna naloga, saj vsebuje več elementov načrtovanja vodenja. Poleg tega, da smo morali zagotoviti regulacijo nivoja v dveh shranjevalnikih, je bilo potrebno zgraditi nadzorni sistem (SCADA) za spremljanje delovanja le tega, ter zagotoviti izmenjavo podatkov med njima.

2. Kratka predstavitev procesa

Napravo sestavljata dve delovni shranjevalni posodi, v katerih želimo vzdrževati želeni nivo tekočine ter zbiralna posoda, iz katere se tekočina črpa in se vanjo vrača, da zagotovimo zaprt sistem (slika 1).



Slika 1: Izgled celotnega sistema

Delovni posodi imata prostornino 150 l in sta med seboj neodvisni, spodnja ima prostornino približno 300 l. Posodi imata vgrajeno cev, ki določa maksimalni nivo in predstavlja varovalko proti prelitju tekočine iz posode. Na dovodu v posodi sta regulacijska ventila, poleg tega je na povezavah več ročnih in nekaj elektromagnetnih zapornih ventilov. Kadar ni pretoka, sta črpalki varovani pred pregrevanjem s tlačnim varnostnim ventilom. Za varovanje črpalk pred zajetjem večjih delcev so vgrajene mrežice in filtri.

Za potrebe računalniškega vodenja so priključeni vsi signali iz merilnikov ter krmilni signali na programirljivi logični krmilnik. Da je omogočeno vzdrževanje programske opreme krmilnika neodvisno od nadzornega sistema, sta uporabljena dva osebna računalnika, ki sta medsebojno povezana v lokalno računalniško omrežje. Prvi računalnik je namenjen programiranju krmilnika in zajemanju podatkov, drugi pa nadzoru procesa.

3. Osnovna ideja realizacije

Osnovne zahteve za delovanje sistema so:

- postavitve v obratovalno stanje
- avtomatsko in ročno vodenje
- zaustavitev sistema
- zbiranje podatkov in nadzor

Proces obravnavamo kot dva univariabilna sistema (nivo tekočine v eni posodi ne vpliva na nivo v drugi).

Program je pisan v lestvičnem diagramu s pomočjo programskega paketa Step 7 v5.1, katerega podpira krmilnik SIEMENS Simatic S7-400 (slika 2).



Slika 2: Siemens Simatic S7-400

Program je v grobem razdeljen na naslednje faze: zagon, avtomatsko delovanje, ročno vodenje in zaustavitev.

Prva faza delovanja programa je *zagon*, katerega naloga je, da pripelje nivo tekočin na želeno raven. V primeru, da je gladina pod želenim nivojem, sta črpalka in regulacijski ventil maksimalno odprta, v nasprotnem primeru pa se odpre ventil za odtok vode. Ko nivo doseže želeno raven, program preklopi v *avtomatsko delovanje*.

V *avtomatskem* delovanju je možno regulacijo nivoja tekočine izvesti s pomočjo krmiljenja hitrosti črpalke ali s spreminjanjem odprtosti regulacijskega ventila. Odločili smo se za drugi način, pri čemer so hitrosti črpalk nastavljene na maksimalno vrednost. Prednost te metode je v hitrejšem odzivu, kar omogoča učinkovitejšo regulacijo. Slednja je izvedena s pomočjo dveh PI regulatorjev, za vsako posodo posebej, z zaščito pred integralskim pobegom. V sklopu avtomatskega delovanja so realizirani tudi alarmi, ki se aktivirajo v primeru prevelikega odstopanja gladine od želenega nivoja ali ob preklopu stikal na čelni plošči v položaj ročno, kar bi preprečilo regulacijo.

Tretja faza programa je izvedba *ročnega vodenja*, kjer operater direktno vpliva na aktuatorje v procesu. PLK v tem primeru služi le za posredovanje signalov med nadzornim računalnikom in procesom.

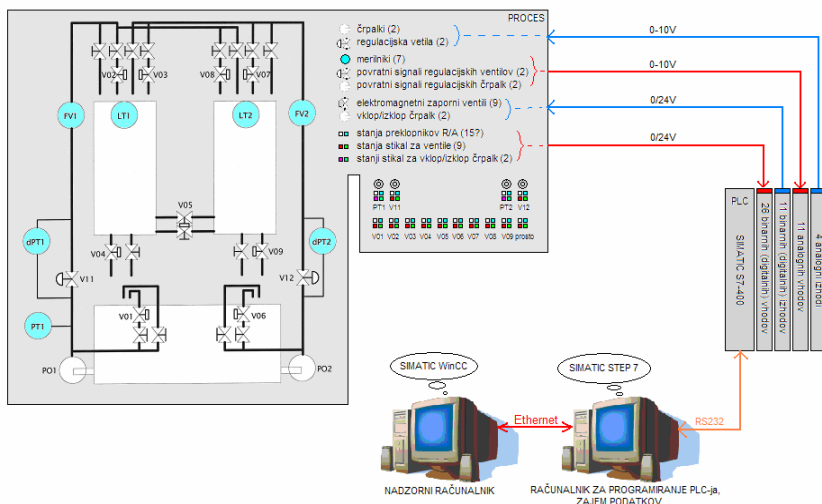
Zadnja faza programa je *zaustavitev*. Program najprej izklopi črpalki in zapre regulacijska ventila ter preklopi vse zaporne ventile v mirovno stanje.

Faze *zagon*, *ročno vodenje* in *zaustavitev* so realizirane v osnovnem operacijskem bloku OB1, katerega lastnost je, da se program v njem izvaja ciklično. *Avtomatsko* delovanje pa je realizirano v posebnem operacijskem bloku OB35, ki omogoča izvajanje programa v točno določenih časovnih intervalih. Vzrok za to izbiro sta integrirna člena PI regulatorja.

Pri vseh fazah programa je potrebno analogne signale iz merilnikov na proces pretvoriti v ustrezne podatkovne tipe (REAL), primerne za obdelavo na PLK-ju. Podatki tega tipa pa niso primerni za obdelavo na nadzornem računalniku, zato je potrebna pretvorba v drug

tip (DWORD). Primer: Signal odprtosti ventila ima območje od 0 do 10 V, A/D pretvornik to vrednost pretvori v neko absolutno cifro, recimo 27648. Slednja pa je za naše programiranje neprimerna, saj odprtost ventila merimo v procentih. Zato je potrebno izvesti pretvorbo, da bi poenotili in poenostavili programiranje v PLK-ju. Za aktuatorje (črpalki in regulacijska ventila) je postopek enak, le da poteka v obratni smeri (odprtost v % pretvorimo v absolutno vrednost 0 do 27684) [1].

Za potrebe prenosa podatkov med pomožnim nadzornim računalnikom in nadzornim računalnikom je uporabljen strežnik OPC KEPServer EX, v4.0. Ta strežnik prejema podatke iz PLK-ja preko serijskega vmesnika RS-232 v realnem času in jih pošilja nadzornemu računalniku preko omrežja Ethernet (slika 3).



Slika 3: Koncept in struktura sistema

Nadzor celotnega procesa poteka preko glavnega računalnika, na katerem teče nadzorni sistem, imenovan tudi SCADA. Program je napisan s programskim orodjem SIMATIC WinCC v6.0. Poglavitna funkcija tega programa je spremljanje delovanja procesa, kar predstavlja tako nadzor veličin kot tudi vnašanje parametrov (želeni nivo tekočine, odprtost ventilov, hitrost vrtenja črpalk).

4. Rešitve in realizacija

4.1 Alarmi

Prva zahteva v *avtomatskem* delovanju je, da so vsi preklopniki na čelni plošči v položaju avtomatsko. V kolikor temu ni tako, nam nadzorni računalnik javi alarm.

Druga zahteva za aktivacijo alarma je v primeru, ko gladina v posodi odstopa od določenega tolerančnega območja. Problem tega alarma je nastopil (alarm se je aktiviral) pri preklopu iz *ročnega* v *avtomatsko* delovanje ter pri spreminjanju nivoja v posamezni posodi v *avtomatskem* delovanju. Problem nezaželene aktivacije alarma smo rešili tako, da smo pri zgoraj navedenem preklopu oz. spremembi nivoja alarm zamrznili, dokler nivo v posodi ni dosegel želenega nivoja.

Takrat pa se algoritem alarmiranja ponovno aktivira. Zamrznitev alarma sloni na pritisku določenih tipk: *Avtomatsko* in *sprememba nivoja*.

Pri tem pa se je pojavil nov problem. Impulz ob pritisku tipke na nadzornem računalniku ni dosegel PLC-ja, ker mora biti čas trajanja impulza (informacije) dovolj dolg (vsaj 1 sekundo). To smo rešili tako, da PLC potrди sprejem impulza in vrne povratni

impulz nazaj na nadzorni računalnik.

4.2 PI regulator

Ob predpostavki, da je proces počasen, smo se odločili za PI regulator. Pri programiranju v PLK-ju smo uporabili vgrajeni funkcijski blok FB41, katerega smo morali prilagoditi potrebam našega procesa. Zaradi različnih karakteristik (iztočni cevi, merilniki nivoja tekočine) posod smo uporabili dva PI regulatorja, katerih parametri so različni. Parametre K_p in T_i smo optimizirali z testiranjem na realnem procesu. Pri levi posodi smo naleteli na težavo

odčitavanja nivoja gladine z ultrazvočnim merilnikom. Posledica tega je slabša regulacija nivoja tekočina v levi posodi.

4.3 Pretvorbe

Iz merilnikov v PLK:

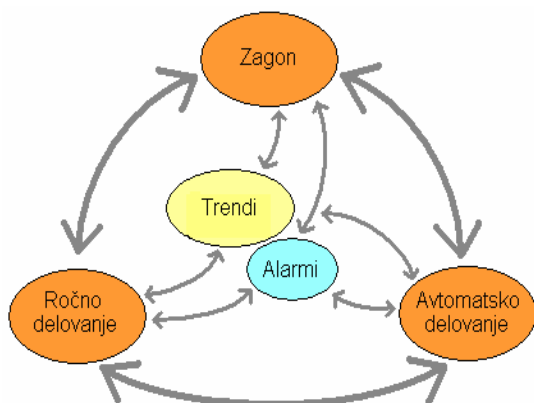
$$(vhod / 27648) \times 100 = vhod[\%] \quad (1)$$

Iz PLK-ja v aktuatorje

$$(izhod[\%] / 100) \times 27648 = Izhod \quad (2)$$

4.4 SCADA

Prikaz procesa je v grobem razdeljen na pet uporabniških zaslonov, možne prehode med njimi prikazuje slika 4.



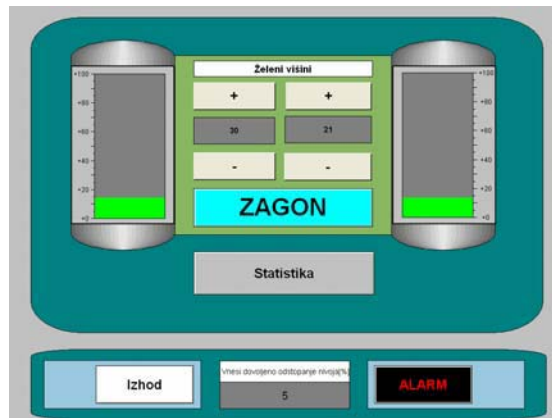
Slika 4: Prehodi med uporabniškimi zasloni

Zagon:

Pri aktivaciji programa se nam najprej prikaže začetni uporabniški zaslon (*zagon*), ki predstavlja izhodišče za regulacijo in upravljanje s procesom (slika 5).

Tu si izberemo želene višine tekočin in toleranco odstopanja zelenega nivoja od dejanskega, ki v nadaljnjem služi kot referenca za javljanje alarmov. Ko enkrat vnesemo vse parametre, lahko proces zaženemo le v primeru, da so vsi preklopniki na čelni plošči v položaju avtomatsko. To služi kot varovalka, saj bi v primeru ročnega nastavljanja enega od izvršilnih členov (črpalki, regulacijska ventila) bilo upravljanje s strani nadzornega programa

onemogočeno. Posledica bi bilo nepravilno delovanje, vzrok pa s stališča operaterja ne bi bil znan.

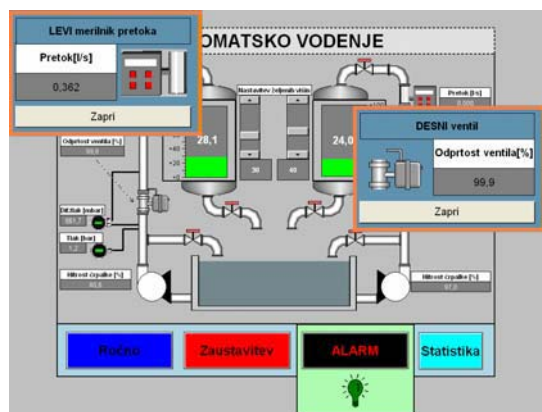


Slika 5: Zaslon slika zagona

Pogoj za preklon v zaslon *avtomatskega delovanja* je izpolnjen, ko oba nivoja dosežeta zeleno raven.

Avtomatsko delovanje:

Zaslonska slika *avtomatskega delovanja* prikazuje pregled celotnega procesa, kot tudi posameznih aktuatorjev in merilnikov (slika 6). Vnašanje zelenih nivojev je realizirano s pomočjo drsnikov in številčnih prikazovalnikov. Ob spremembi nivoja se resetira spremenljivka za javljanje alarmov, ki je povzročala že prej omenjen problem (premajhen čas trajanja impulza).



Slika 6: zaslonska slika avtomatskega delovanja

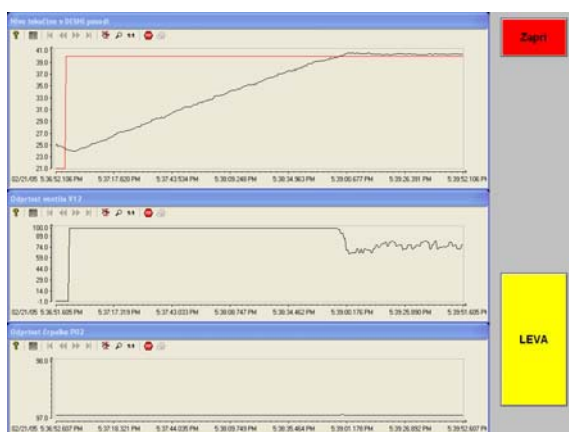
Ročno:

Avtomatsko, kot tudi *ročno delovanje*, nam prikazuje pregledno sliko vseh elementov procesa, na katerih so razvidne vse veličine (pretok, tlak, nivo, odprtost ventilov), s to razliko, da je pri *ročnem delovanju* možno tudi spreminjanje regulirnih veličin.

Pomembno je poudariti takšno delovanje programa, da pri preklopu iz *avtomatskega delovanja* v *ročno* ostanejo regulirni signali na istih vrednostih, kar omogoča mehke preklope med načinoma delovanja.

Trendi:

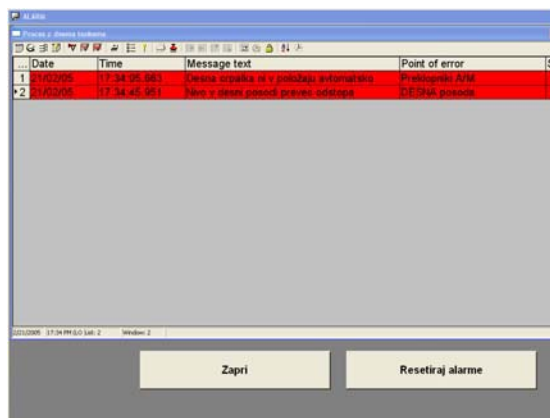
Pregled *časovnih potekov* regulirnih kot tudi reguliranih veličin je možen kadarkoli, to nam omogoča zaslonska slika *trendi*. Na njej lahko opazujemo posebej levo ali desno stran procesa ter opazujemo tako tekoče kot tudi pretekle vrednosti signalov.



Slika 7: zaslonska slika *trendi*

Alarmi:

V primeru kakršne koli napake se na zaslonu izpiše vrsta in mesto nastanka napake. Rdeča barva nakazuje aktualnost napake, ko pa le-ta izgine, se napis obarva zeleno, kar omogoča zgodovinski pregled alarmov.



Slika 8: zaslonska slika *alarmi*

5. Zaključek

Kljub svoji kompleksnosti je bil projekt zanimiv, saj je obsegal široko področje dela. Programiranje v programskem paketu Step 7 je uporabniku prijazno in nudi veliko že narejenih predlog za rešitev (npr. Funkcijski blok za PI regulator). Kompatibilnost vseh programov je dobra, kar precej olajša programiranje. Končni izdelek predstavlja dokaj stabilno delovanje. Največji problem nam je predstavljala kvaliteta prenosa podatkov, kar je včasih rezultiralo v nepravilnem delovanju sistema, nikoli pa sistem ni prešel v nestabilno delovanje; Program je načrtovan tako, da obstaja večja možnost proženja alarma, kljub temu da napaka ne obstaja, kakor pa, da bi bila kakšna napaka prezrta.

6. Literatura

- [1] G. Jusufović: Diplomsko delo, Ljubljana 2000
- [2] Siemens Simatic: Ladder Logic for S7-300 and S7-400 Programming, Edition 08/2000
- [3] Siemens Simatic: Standard Software for S7-300 and S7-400 PID Control
- [4] Siemens Simatic HMI: WinCC V6 Getting Started, Release 07/2003