

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**ZASNOVA RAČUNALNIŠKO PODPRTEGA
SPREMLJANJA PORABE INDUSTRIJSKE VODE**

DIPLOMSKO DELO

Erik Jug

Mentor: prof. dr. Juš Kocijan

Nova Gorica, 2011

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorju na Poslovno-tehniški fakulteti prof. dr. Jušu Kocijanu ter sodelavcem iz oddelkov avtomatike in elektronike, ki so mi bili v veliko pomoč pri realizaciji projekta, ki je tema tega diplomskega dela.

Zahvalil bi se rad tudi svojim najbližjim, ki so mi stali ob strani v času študija.

NASLOV

Zasnova računalniško podprtega spremljanja porabe industrijske vode

IZVLEČEK

V diplomskem delu, ki je s področja avtomatizacije procesov, je predstavljena zasnova računalniško podprtega spremljanja porabe industrijske vode na objektu mlinice surovin v podjetju Salonit Anhovo. S tem sistemom bomo bistveno poenostavili oz. olajšali spremljanje porabe industrijske vode, saj bo dosedanji vsakodnevni popis stanj analognih merilnikov nadomestil sprotni prikaz porabe na nadzornem sistemu. Glavni cilj diplomskega dela je zasnovati projekt daljinskega spremljanja porabe industrijske vode z nadgradnjo obstoječih analognih merilnikov in njihova povezava na nadzorni sistem preko industrijske mreže, kar bo v končni fazi omogočilo sprotno spremljanje porabe iz lokacije, od koder poteka vodenje in nadzor celotne proizvodnje cementa.

Za izvedbo računalniško podprtega spremljanja porabe industrijske vode je bilo treba obstoječi analogni merilnik nadgraditi z induktivnim dajalnikom impulzov. Obstoječi analogni merilnik namreč to omogoča, ob enem pa je to tudi bistveno bolj ekonomična rešitev kot pa zamenjava obstoječih merilnikov z digitalnimi, ki že omogočajo daljinsko spremljanje porabe. Po rešitvi težav zaradi prekratkega časa trajanja impulzov, izvedbi potrebnih konfiguracij krmilniške in komunikacijske opreme ter izdelavi programske kode smo na koncu tako lahko omogočili želeni prikaz porabe industrijske vode na nadzornem sistemu.

Po opravljenem preizkušanju delovanja smo prišli do zaključka, da je bil cilj dosežen, saj med analogno in digitalno meritvijo nismo dobili praktično nobenega odstopanja. Glede na to, da se je takšen način spremljanja porabe industrijske vode poskusno izvedlo le na objektu mlinice surovin in da so dobljeni rezultati zelo zadovoljivi, smo sklenili, da se bo enak način spremljanja porabe izvedlo še na ostalih objektih v Salonitu Anhovo, kjer so nameščeni analogni merilniki porabe.

KLJUČNE BESEDE

industrijska voda, krmilnik, industrijska mreža, Ethernet, Profibus

TITLE

Design of a computer aided monitoring of industrial water consumption

ABSTRACT

My bachelor thesis, covering the field of automatization processes, is a presentation of a design of a computer aided monitoring of industrial water consumption for the mill of raw materials facility at the Salomit Anhovo company. This system will essentially simplify and facilitate the monitoring of industrial water consumption respectively, as taking the daily measurements on analogue water meters used up to the present will be substituted by a real-time presentation of consumption on the supervisory system. The main aim of the thesis is to project a remote monitoring of industrial water consumption which includes the improvement of existing analogue water meters and their connection to the supervisory system via the industrial net, which will, eventually, enable real-time monitoring from a central location.

The realization of a computer aided monitoring of industrial water consumption demanded the improvement of the existing analogue water meter with an inductive pulse transmitter. The existing analogue water meter is apt for this and, at the same time, this solution is a far more economical one than changing the existing water meters with digital ones. After we had solved difficulties of too short impulse length, had achieved the needed configurations of control and communication equipment and had created a programme code, we could finally enable the presentation of industrial water consumption on the supervisory system as we had wished.

After having finished testing the operation, we came to conclusion that the analogue and digital measures were practically equal, which was also our main aim. Considering the fact that this type of monitoring was carried out in the form of an experiment at one facility only and having obtained satisfactory results we decided to start the same way of consumption monitoring at other facilities at Salomit Anhovo company, where the analogue water meters are placed.

KEYWORDS

Industrial water, controller, industrial net, Ethernet, Profibus

KAZALO

1	UVOD	1
2	PROCES PROIZVODNJE CEMENTA IN INDUSTRIJSKA VODA	2
2.1	Proizvodnja surovin	3
2.2	Mletje surovin	3
2.3	Pečenje klinkerja	4
2.4	Mletje cementa	5
2.5	Pridobivanje in uporaba industrijske vode	6
3	PODROBNEJŠI OPIS PROBLEMA	8
4	NADGRADNJA OBSTOJEČIH MERILNIKOV PORABE	10
4.1	Obstoječi analogni merilnik H4000	10
4.2	Induktivni modul za nadgradnjo PR7	11
4.2.1	Problem dolžine impulzov	12
4.2.2	Rešitev problema	13
5	INDUSTRIJSKA MREŽA NA OBJEKTU MLINICA SUROVIN	16
5.1	Profibus mreža	18
5.1.1	ISO OSI model	20
5.2	Ethernet mreža	23
5.3	Optične povezave	27
5.3.1	Zgradba optičnega vlakna	27
5.3.2	Vrste optičnih vlaken	28

6	PRIKLJUČITEV MERILNIKA NA INDUSTRIJSKO MREŽO IN UPORABLJENA KRMILNIŠKA OPREMA.....	29
6.1	Sistem za decentralizacijo ET 200.....	31
6.2	Vhodno-izhodni moduli.....	33
6.2.1	Digitalni vhodni moduli.....	33
6.2.2	Digitalni izhodni moduli.....	34
6.2.3	Analogni vhodni moduli.....	34
6.2.4	Analogni izhodni moduli.....	36
6.3	Optični pretvornik OLM/G12.....	36
7	PROGRAMABILNI LOGIČNI KRMILNIK.....	40
7.1	Krmilniški sistem Siemens SIMATIC.....	44
7.1.1	Centralno procesna enota CPU 416-2.....	46
7.1.2	Profibus komunikacijski modul CP 443-5.....	47
7.1.3	Ethernet komunikacijski modul CP 443-1.....	48
7.1.4	Prenos podatkov iz krmilnika na nadzorni računalnik.....	49
8	PREIZKUŠANJE.....	52
9	ZAKLJUČEK.....	53
10	LITERATURA.....	54
	PRILOGA 1: PROGRAMSKA KODA PRIKAZA PORABE.....	57

KAZALO SLIK

Slika 1: Proces proizvodnje cementa (Salonit Anhovo, 1999).....	2
Slika 2: Pridobivanje industrijske vode.....	7
Slika 3: Zgradba merilnika H4000 (Elster, 2008).....	10
Slika 4: Številčnica merilnika H4000	11
Slika 5: Nadgradnja merilnika z modulom PR7	11
Slika 6: Stanje na izhodih modula PR7 v odvisnosti od smeri pretoka vode.....	12
Slika 7: Vezje za podaljšanje dolžine impulza.....	13
Slika 8: Polnjenje kondenzatorja z vhodnim impulzom dolžine 5 ms	14
Slika 9: Praznjenje kondenzatorja in impulz na izhodu komparatorja.....	15
Slika 10: Shema industrijske mreže v MS in umestitev merilnika vode v njej.....	17
Slika 11: Topologija RS-485.....	20
Slika 12: Referenčni model ISO OSI.....	21
Slika 13: Primerjava TCP/IP z ISO OSI referenčnim modelom.....	24
Slika 14: Topologija zvezde v Ethernet mreži	25
Slika 15: Zgradba optičnega vlakna.....	28
Slika 16: Celoten potek povezave merilnika porabe vode na nadzorni računalnik ...	30
Slika 17: Konfiguracija decentraliziranega sistema v krmilni omari FR2.....	31
Slika 18: Decentralizirani sistem na katerega je priključen dajalnik impulzov	32
Slika 19: Postopek kvantizacije	35
Slika 20: Nastavitveni mostički analognega vhodnega modula.....	36

Slika 21: Pretvornik OLM/G12.....	37
Slika 22: Topologija vodila.....	37
Slika 23: Topologija zvezda.....	38
Slika 24: Topologija obroč.....	39
Slika 25: Struktura krmilnika.....	41
Slika 26: Potek krmilnega cikla.....	42
Slika 27: Lestvični diagram.....	43
Slika 28: Funkcijski diagram.....	43
Slika 29: Strukturiran tekst.....	44
Slika 30: Obstoječi krmilniški sistem SIMATIC S7-400.....	46
Slika 31: Konfiguriranje in dostop do naprav priključenih na Profibus mrežo.....	48
Slika 32: Prenos podatkov iz krmilnika na nadzorni računalnik.....	50
Slika 33: Konfiguracija gonilnika SL4 s programom SL4 PowerTool.....	51

1 UVOD

Diplomsko delo pokriva področje avtomatizacije procesov, v njem pa bo predstavljena zasnova računalniško podprtega spremljanja porabe industrijske vode v podjetju Salanit Anhovo. Poskusno se bo, tudi za potrebe tega diplomskega dela, daljinsko spremljanje porabe na opisan način izvedlo le na objektu mlinice surovin; če bodo rezultati zadovoljivi, pa še na vseh ostalih objektih, kjer se uporablja industrijsko vodo.

Do sedaj se je porabo industrijske vode spremljalo z vsakodnevnim popisom stanj analognih merilnikov porabe. Takšen način spremljanja bomo skušali nadomestiti s stalnim prikazom porabe na nadzornem sistemu na lokaciji, od koder poteka vodenje celotnega procesa proizvodnje cementa. Poglavitni namen tega diplomskega dela je torej enostavnejše oz. lažje spremljanje porabe industrijske vode.

Glavna cilja, ki ju bom skušal v diplomskem delu doseči, sta zasnova projekta daljinskega spremljanja porabe industrijske vode z nadgradnjo obstoječih analognih merilnikov ter izvedba projekta za en merilnik.

Na začetku diplomskega dela je opisan proces proizvodnje cementa ter pridobivanje in uporaba industrijske vode, na katero se tema nanaša. V nadaljevanju sledi podrobnejši opis problema in opis postopka reševanja problema, ki je tema tega diplomskega dela. V četrtem poglavju je opisana nadgradnja obstoječih analognih merilnikov porabe z induktivnim dajalnikom impulzov ter rešitev problema, ki je nastal zaradi premajhne dolžine impulzov. V petem poglavju je opis industrijske mreže na objektu mlinice surovin ter umestitev merilnika porabe v njej. Podrobneje sta predstavljeni tudi Profibus in Ethernet mreža. V šestem poglavju je opisana povezava merilnika na nadzorni sistem, torej bistvena naloga, ki jo je bilo za izdelavo diplomskega dela treba izpeljati. Sledi predstavitev programabilnega logičnega krmilnika ter ostale pomembnejše Siemensove krmilniške in komunikacijske opreme, ki smo jo uporabili za povezavo merilnika porabe na nadzorni sistem ter opis poteka prenosa podatkov iz krmilnika na nadzorni sistem. Na koncu so predstavljeni še rezultati preizkušanja, ki smo jih dobili ob izvedbi projekta.

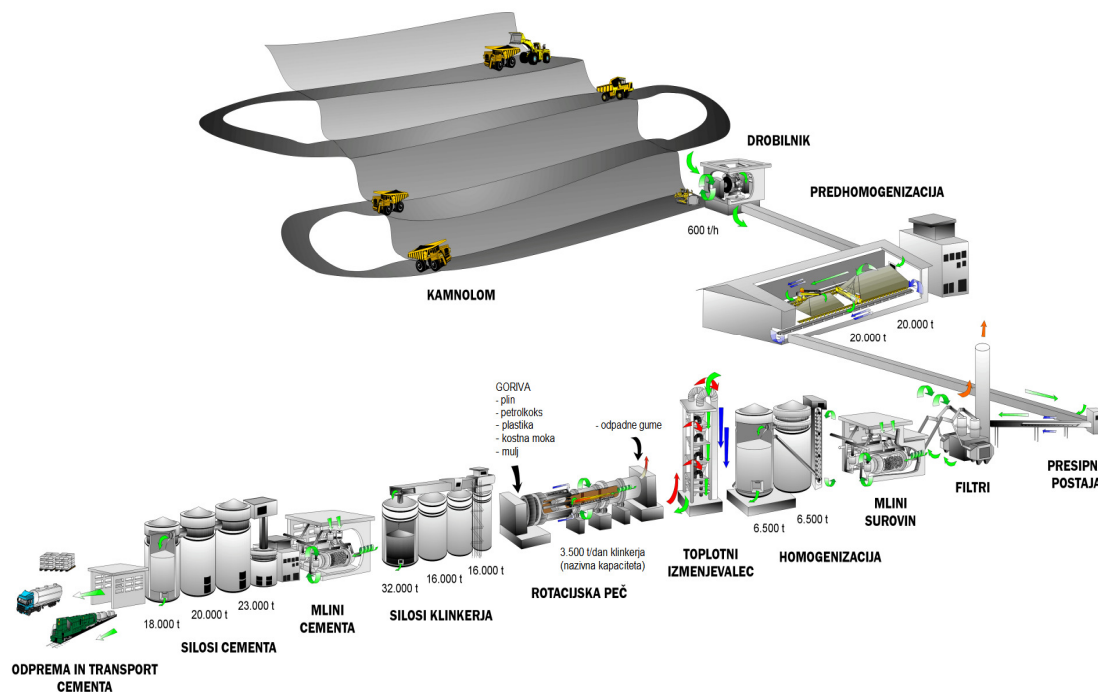
2 PROCES PROIZVODNJE CEMENTA IN INDUSTRIJSKA VODA

"Cement je silikatni material, ki ga uvrščamo med silikatna veziva, katerih osnovna lastnost je, da se v vodi strdijo. Pri reakciji cementa z vodo nastajajo hidratacijski produkti, ki dajo betonu lastnosti, zaradi katerih je še danes eden najpomembnejših materialov. Izdelava cementa je od nekdaj veljala za energetsko potratno proizvodnjo, zato sta varčevanje in nadzor energije v takem procesu še kako pomembna" (Vuk in drugi, 1999).

Proces proizvodnje cementa lahko razdelimo na štiri osnovne korake, in sicer na:

- proizvodnjo surovin,
- mletje surovin,
- pečenje klinkerja,
- mletje in odpremo cementa.

V nadaljevanju je podrobneje opisan proces proizvodnje cementa (Vuk in drugi, 1999), katerega prikazuje tudi slika 1.



Slika 1: Proces proizvodnje cementa (Salonit Anhovo, 1999)

2.1 Proizvodnja surovin

Prvi korak proizvodnje cementa je proizvodnja surovin. Pri tem se lahko uporabljajo tako minerali, ki jih najdemo v naravi, kot tudi industrijski proizvodi. Ker v naravi redko najdemo surovine, ki bi vsebovale vse ustrezne sestavine v želenem razmerju, je potrebno za proizvodnjo cementa pripraviti surovinsko mešanico z veliko vsebnostjo apnenca (CaO) in surovin, ki imajo nižjo vsebnost apnenca, vendar višjo vsebnost kremena (SiO_2), boksita (Al_2O_3) in železovega oksida (Fe_2O_3).

Običajno dobimo osnovne surovine za proizvodnjo cementa v kamnolomih, kjer se nahajajo ustrezne lapornate in apnenčaste surovine. Surovine je treba odstreliti in jih dovesti v drobilnik surovin, kjer material zdrobimo na manjše delce. Ker je surovinska mešanica pripravljena iz različnih komponent, jo moramo homogenizirati. Homogenizacija poteka tako, da surovine po drobljenju transportiramo na kup v predhomogenizacijski hali. Kup sestavimo iz plasti, material pa iz kupa odvezujemo prečno. Na ta način dosežemo dokaj dobro homogenizacijo surovine.

2.2 Mletje surovin

Naslednja faza v procesu je mletje surovin oz. natančneje surovinske moko, ki se izvaja v mlinu surovin. Surovinsko moko se proizvede z mletjem homogenizirane surovinske mešanice, ki se ji lahko doda naslednje korekcijske dodatke:

- apnenec za korekcijo vsebnosti CaO ,
- kremenov pesek za korekcijo vsebnosti SiO_2 ,
- boksit za korekcijo Al_2O_3 ,
- piritne ogorke in podobne železove komponente za korekcijo vsebnosti Fe_2O_3 .

Po mletju se dobi surovinsko moko v obliki sivorumenega finega prahu, ki se jo skladišči v homogenizacijskih silosih, kjer poteka dodatna homogenizacija materiala.

2.3 Pečenje klinkerja

Surovinsko moko dovedemo iz homogenizacijskih silosov v izmenjevalnik toplote, ki je prvi del v liniji proizvodnje klinkerja. Izmenjevalnik toplote omogoča boljši izkoristek energije v primerjavi s pečmi brez njega. Surovinska moka pada skozi izmenjevalnik v rotacijsko peč, dimni plini pa se gibljejo protitočno. V izmenjevalniku pride do izmenjave toplote med materialom in dimnimi plini. Temperatura surovine na vstopu v rotacijsko peč, tj. na izstopu iz izmenjevalnika v peč, je 800–820°C, plinske faze pa 1000°C. Dimni plini zapuščajo izmenjevalnik ohlajeni na temperaturo 250–270°C. Izmenjevalnik toplote je tudi dober filter za hlapne komponente (alkalije, žveplo, kloride, lahko hlapne težke kovine), ki na ta način ostajajo v sistemu in ga ne zapuščajo kot škodljive emisije.

Surovinsko moko se dozira skozi izmenjevalnik toplote v rotacijsko peč, ki ima obliko cevi ter se med obratovanjem vrti (2–3 obrate/min). Potrebno energijo za pečenje klinkerja dovajamo z gorilnikom na primarni strani peči, kjer klinker zapušča peč. Kot gorivo se največ uporabljata zemeljski plin in premogov prah, vse večji delež pa imajo tudi sekundarni energenti, kot so odpadne gume, plastika in mulj.

Glede na temperaturno območje in reakcije, ki pri segrevanju materiala v izmenjevalniku toplote in v peči potekajo, lahko v grobem razdelimo proces pečenja klinkerja na tri dele (Vuk in drugi, 1999) :

- interval do 1300°C,
- interval med 1300°C in 1500°C,
- hlajenje.

Najpomembnejše reakcije v intervalu do 1300°C so razpad karbonatov in glinenih mineralov ter nastanek belita (C_2S), aluminata (C_3A) in ferita (C_4AF). Pri tej temperaturi se že pojavi talina.

V temperaturnem območju med 1300°C in 1500°C zavzema talina znaten delež (20–30%), predvsem na račun aluminata in ferita. V reakciji med belitom in apnom nastaja alit (C_3S). Prihaja do sintranja, nastajajo kroglice klinkerja.

Hlajenje je izredno pomembna stopnja v procesu proizvodnje klinkerja in lahko odločilno vpliva na njegovo kvaliteto. V tej stopnji prihaja do kristalizacije taline (aluminat in ferit) ter do polimorfnih pretvorb alita in belita. Najboljši klinker se dobi, če je hitrost hlajenja do 1250°C počasna (5°C/min), sledi pa hitro hlajenje (20°C/min).

Končni produkt pečenja je cementni klinker v obliki temnosivih granul premera približno 3 cm. Za običajne vrste cementov se v glavnem proizvaja klinker, ki vsebuje 60–70% C₃S, 20–25% C₂S, 7–10% C₄AF, 7–10% C₃A, vsebnost prostega CaO pa naj ne bi bila večja od 2%. Klinker skladiščimo v silosih klinkerja, kjer čaka na mletje v mlinu cementa.

2.4 Mletje cementa

Klinker z različnimi dodatki meljemo v krogelnih mlinih v fin sivozelen prah – cement. Glede na zahtevane lastnosti in predpisane standarde lahko cementi vsebujejo sledeče dodatke (Vuk in drugi, 1999):

- sadro, ki je obvezen dodatek za regulacijo vezanja (v primeru pomanjkanja sulfata pride do prehitrega vezanja),
- žlindro,
- pucolane (naravni in umetni),
- apnenec,
- filtrski pepel.

Cementi se med seboj razlikujejo po končnih lastnostih v betonu, kot so: trdnost, hitrost vezanja, sproščanje toplote (hidratacija), odpornost na razne vplive itd. Te različne lastnosti dosežemo z različno kemijsko in mineraloško sestavo klinkerja, z različnimi dodatki v cementu ter z ustrezno finostjo mletja. S procesom mletja lahko vplivamo na specifično površino in na porazdelitev velikosti delcev, s tem pa na lastnosti cementa. Cement se po mletju skladišči v silosih cementa, odpremlja pa se lahko v razsutem stanju ali v vrečah, kamionsko ali vagonsko.

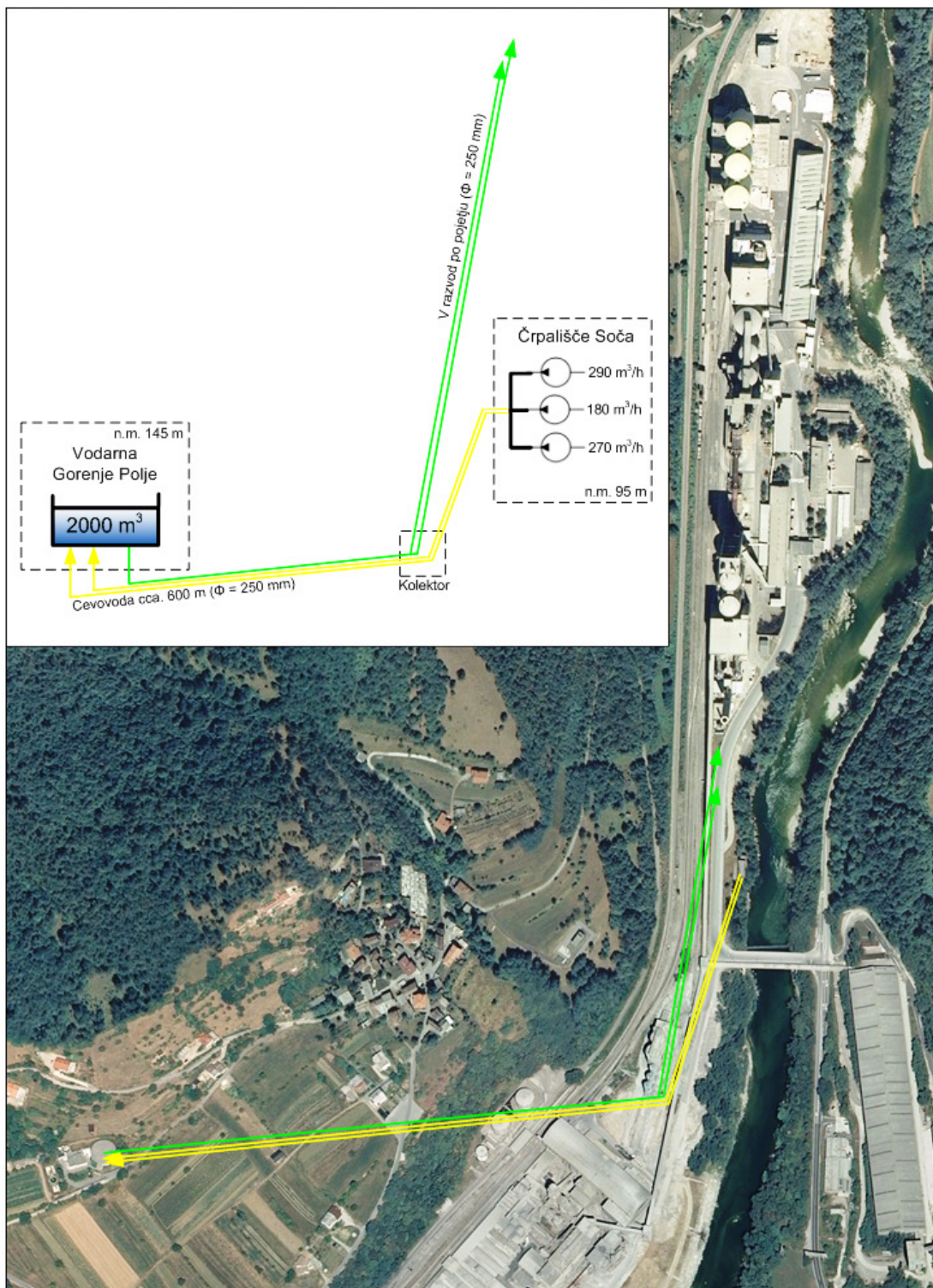
2.5 Pridobivanje in uporaba industrijske vode

V Salonitu Anhovo se v tehnološke namene industrijsko vodo črpa iz reke Soče, ki teče tik ob podjetju. Dnevno se v povprečju načrpa okrog 1.500 m³ vode, v času največje porabe pa tudi do 2.500 m³. Letna poraba industrijske vode v Salonitu Anhovo znaša okrog 600.000 m³.

V črpališču industrijske vode, ki se nahaja tik ob strugi reke Soče, je izdelan jašek, v katerem so nameščene tri črpalke, z nazivnim odvzemom 740 m³/h. Črpana voda iz reke je po dveh približno 600 m dolgih cevovodih premera 250 mm speljana preko t. i. kolektorja na lokacijo vodarne Gorenje Polje, ki leži 50 m višje. Tu se nahaja zbiralnik industrijske vode kapacitete približno 2.000 m³, od koder nato en cevovod vodi nazaj proti lokaciji Salonita Anhovo, kjer se v kolektorju za potrebe podjetja ponovno razcepi na dva cevovoda premera 250 mm. Približno 50 m višinske razlike med zbiralnikom in podjetjem omogoča 4,5–5 bar tlaka v hidrantnem omrežju podjetja. Podrobnejši prikaz pridobivanja industrijske vode je na sliki 2.

Večina industrijske vode se v Salonitu Anhovo porabi kot hladilna voda za hlajenje naprav, kot je na primer za hlajenje ležajev, reduktorjev ipd. Ta voda nikjer ne prihaja v stik s proizvodnimi materiali in je zato na iztokih nazaj v reko neonesnažena. Kljub temu pa so zaradi možnosti izrednih dogodkov iztoki preventivno zaščiteni s številnimi lovilnimi sistemi in maščobolovilci, v skladu z zakonodajo pa se opravlja tudi obratovalni monitoring iztokov, pri katerem se ne spremlja le kemijskih lastnosti vode, pač pa tudi temperaturo vode, ki ne sme bistveno odstopati od temperature reke v tistem trenutku.

Poleg vode za hlajenje naprav se industrijska voda uporablja še za ustvarjanje vodne megle v mlinih cementa. Cement se med mletjem namreč ne sme segreti na temperaturo višjo od 100°C, da ne izgubi kemijskih lastnosti, ki so potrebne za vezanje cementa z ostalimi aditivi med mletjem. S stalnim špricanjem vode v mlin oz. ustvarjanjem vodne megle se na ta način doseže ohlajanje cementa oz. prepreči, da bi temperatura preseгла 100°C.



Slika 2: Pridobivanje industrijske vode

Poudariti velja še, da se vodo v rezervoarju industrijske vode, načrpano iz reke v času, ko ni moč uporabljati primarnega vira pitne vode (katere zbiralnik se prav tako nahaja na vodarni Gorenje Polje), ob ustrezni obdelavi uporablja tudi za ta namen. To se dogaja občasno, navadno enkrat ali dvakrat letno po nekaj dni.

3 PODROBNEJŠI OPIS PROBLEMA

Porabo industrijske vode na posameznih objektih se v Salonitu Anhovo spremlja z vsakodnevnim popisovanjem analognih merilnikov porabe. Ker je na celotnem področju podjetja, ki se razprostira na skoraj štirih kilometrih, kar veliko število takšnih merilnikov, to zahteva tudi zaposlenega, ki vsakodnevno popiše stanje na vseh merilnikih porabe. Z izvedbo računalniško podprtega spremljanja porabe industrijske vode to v prihodnje ne bi bilo več potrebno.

Omenjeni način spremljanja porabe lahko izvedemo tudi brez zamenjave obstoječih analognih merilnikov z digitalnimi, ki takšno spremljanje že omogočajo. To smo storili z nadgradnjo obstoječih merilnikov porabe z induktivnim dajalnikom impulzov. Takšna izvedba bo podrobneje prikazana tudi v nadaljevanju tega diplomskega dela, in sicer na objektu mlinice surovin, ki je bil tako poskusno prvi izmed objektov, kasneje pa naj bi mu, odvisno od zadovoljivosti rezultatov, sledili še ostali.

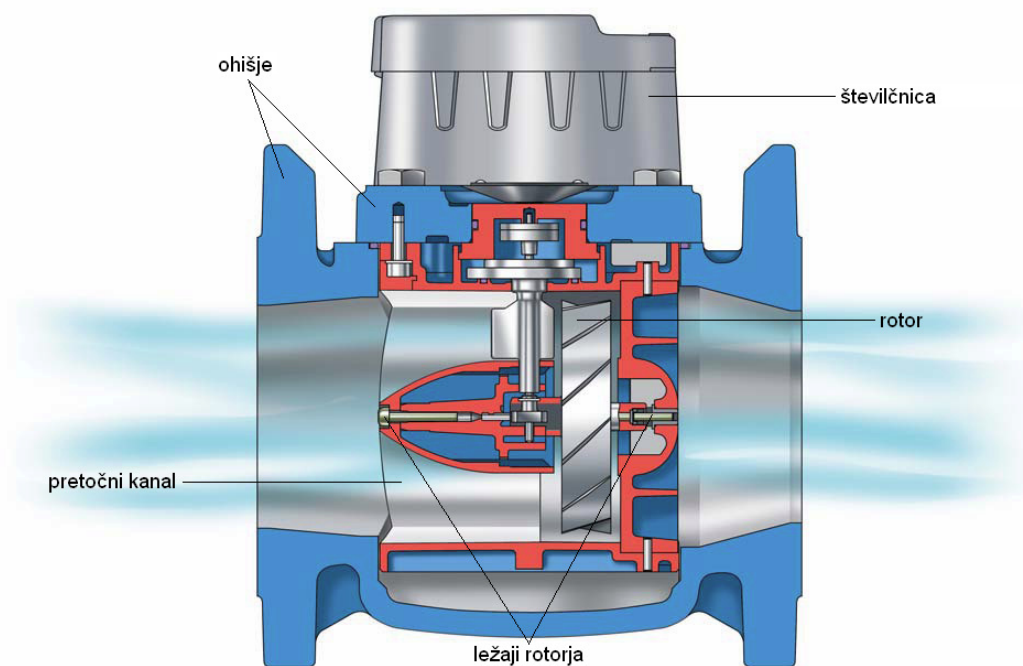
Za izvedbo računalniško podprtega spremljanja porabe industrijske vode je bilo, kot rečeno, obstoječe merilnike treba nadgraditi z induktivnim dajalnikom impulzov, ki ob vsakem pretečenem litru da impulz. Dajalnik impulzov je bilo treba povezati na vhodni modul krmilnika, ki te impulze obdeluje. Ker pa so ti impulzi prekratki, da bi jih krmilnik lahko nemoteno zaznaval, je bilo še prej treba izdelati elektronsko vezje, ki te impulze podaljša na ustrezno dolžino. Izdelavo omenjenega elektronskega vezja smo opravili v sodelovanju s službo elektronike, ki mi je bila z znanjem s področja elektronike v veliko pomoč. Za vhodni modul smo izbrali tistega, ki se nahaja v krmilniški omari, ki je najbližje merilniku porabe vode. Signal je bilo nato od vhodnega modula potrebno pripeljati do krmilnika, ki je povezan na industrijsko mrežo in ki je postavljen na oddaljeni lokaciji v drugem objektu. To smo izvedli z optično Profibus povezavo preko optičnih pretvornikov Profibus signala. Krmilnik, v katerem smo realizirali ustrezno programsko kodo za merjenje porabe industrijske vode, je bilo treba na koncu še povezati s podatkovno bazo, iz katere nato nadzorni računalnik z uporabo SCADA zajema podatke. Komunikacijo med krmilnikom, podatkovno bazo in nadzornim računalnikom smo izvedli prek pametnega stikalnika, ki omogoča programiranje več navideznih mrež, saj se prej omenjene naprave nahajajo v različnih mrežah. Poleg tega komunikacija med omenjenimi napravami

poteka tudi po različnih protokolih. Komunikacija med krmilnikom in podatkovno bazo poteka na osnovi ISO protokola, komunikacija med nadzornim računalnikom in podatkovno bazo pa na osnovi TCP/IP protokola.

4 NADGRADNJA OBSTOJEČIH MERILNIKOV PORABE

4.1 Obstoječi analogni merilnik H4000

V Salonitu Anhovo se za spremljanje porabe industrijske vode uporabljajo merilniki H4000 nemškega proizvajalca Elster, katerega podrobnejša zgradba je prikazana na sliki 3. Merilnik omogoča, poleg merjenja pretoka v osnovni smeri, tudi merjenje pri povratnem toku, kar zagotavlja neprekinjen nadzor nad dejansko porabo v povezanih oskrbovalnih omrežjih. Nazivna velikost merilnika (prerez) je 100 mm, omogoča pa merjenje pretokov od 0,6 m³/h do 300 m³/h. Namenjen je merjenju porabe hladne vode do temperature 50°C, vgradi pa se ga lahko tako vertikalno kot horizontalno. Merilnik ima številčnico (slika 4), ki poleg prikaza porabe v kubičnih metrih s kazalci omogoča še odčitavanje porabe vode vse do litra natančno. Poleg tega pa se na številčnici nahaja tudi števeni kolešček, ki omogoča delovanje induktivnega dajalnika impulzov, s katerim je mogoče merilnik nadgraditi, kar je bistvenega pomena za izvedbo spremljanja porabe industrijske vode na daljavo ob uporabi obstoječih merilnikov.



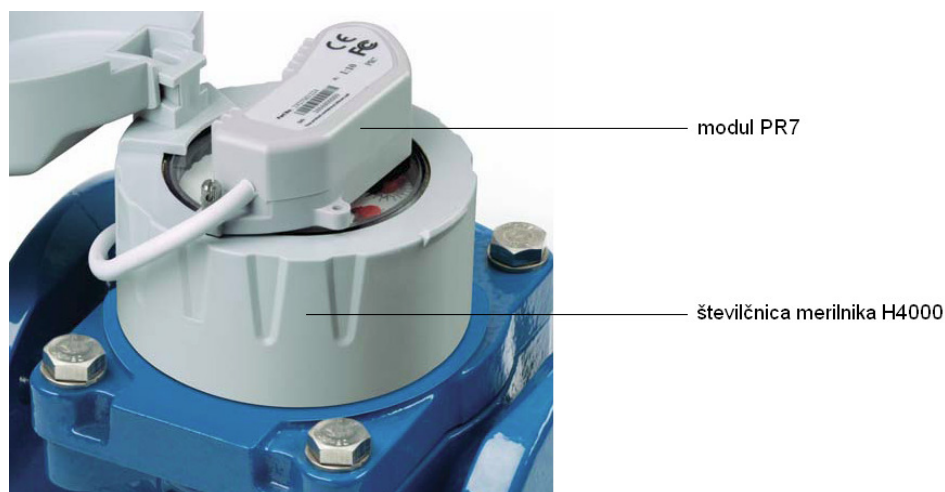
Slika 3: Zgradba merilnika H4000 (Elster, 2008)



Slika 4: Številčnica merilnika H4000

4.2 Induktivni modul za nadgradnjo PR7

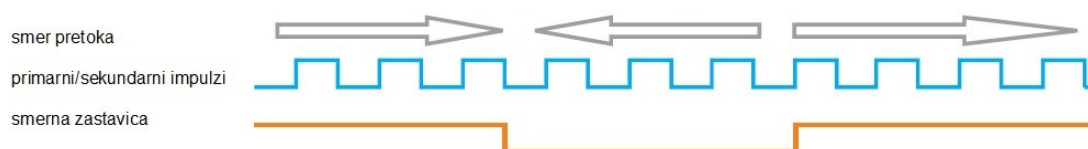
Induktivni modul PR7, prikazan na sliki 5, je dvosmerni dajalnik impulzov, namenjen nadgradnji merilnika H4000 za digitalno spremljanje vodenega sistema vodnega omrežja.



Slika 5: Nadgradnja merilnika z modulom PR7

Zasnovan je tako, da ne potrebuje zunanje napajanja, saj naj bi vgrajena baterija ob normalnih pogojih delovanja zagotavljala 12–14 let življenjske dobe, dajal pa naj bi impulze amplitude 3–3,6 V. Omogoča pa tudi priklop zunanje napajanja do 30 V, kar pride v poštev v našem primeru, ko ga želimo priključiti na krmilnik in potrebujemo impulze amplitude 24 V. Na izbiro imamo primarni in sekundarni izhod, vrednost enega impulza pa je določena s K-faktorjem. V našem primeru

imamo faktor $K=1:100$, kar pomeni, da se bo impulz na primarnem izhodu pojavil ob vsakem pretečenem litru, na sekundarnem izhodu pa na vsakih 100 pretečenih litrov. Poleg primarnega in sekundarnega izhoda, ki služita za merjenje količine pretoka, pa imamo še en izhod. To je smerna zastavica, ki določa smer gibanja pretoka, kar je razvidno tudi iz slike 6.



Slika 6: Stanje na izhodih modula PR7 v odvisnosti od smeri pretoka vode

Kot je bilo že omenjeno, je mogoče amplitudo impulzov določati preko zunanega napajanja, saj modul v principu deluje kot tranzistor, ki ima emitor vezan na maso, kolektor tranzistorja pa predstavlja izhod. Ker pa so merilniki H4000 namenjeni merjenju zelo velikih pretokov, je temu prilagojen tudi modul PR7, katerega impulzi na izhodu trajajo le 5 ms. Tako moramo tudi na drugi strani imeti naprave, ki so sposobne zaznavati tako kratke impulze. Na tem mestu pa se v našem primeru pojavi problem, saj bi radi impulze obdelali s krmilnikom, ki pa verjetno velike večine tako kratkih impulzov sploh ne bi zaznal. Več o omenjenem problemu in njegovi rešitvi je opisano v naslednjih podpoglavjih.

4.2.1 Problem dolžine impulzov

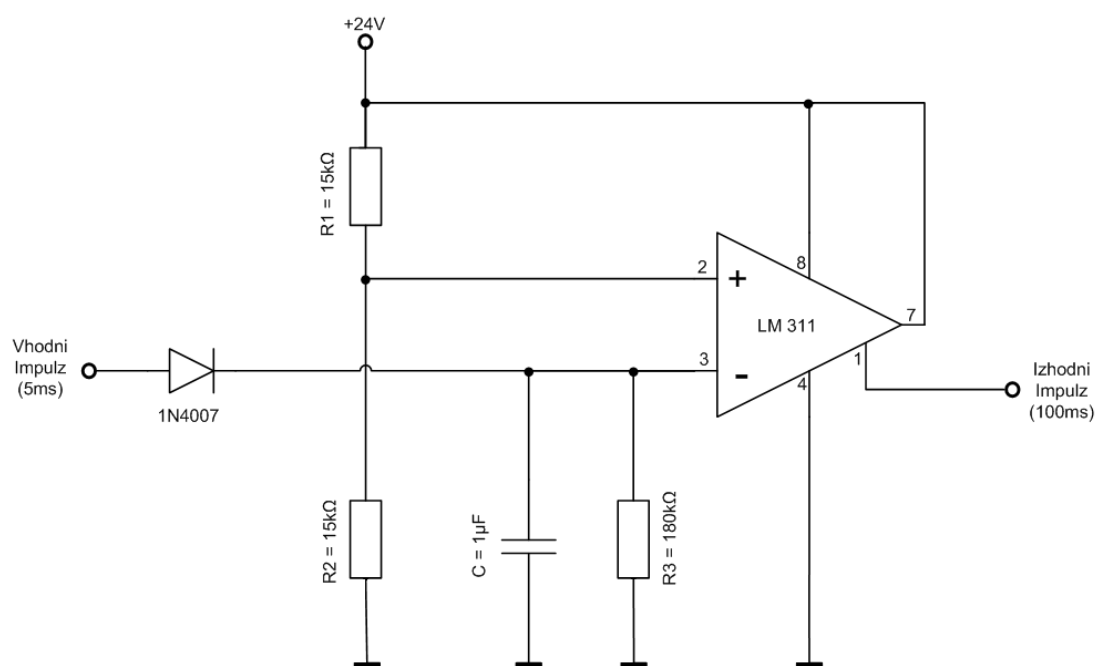
Merilnik H4000 naj bi bil zasnovan za merjenje porabe pri pretokih vode do 300 m³/h, kar bi pomenilo, da bi se impulz na primarnem izhodu modula PR7 pojavil približno vsakih 12 ms. Posledično je modul PR7 zasnovan tako, da je čas trajanja enega impulza le 5 ms, kar zagotavlja, da ob največjem dovoljenem pretoku ne bi prihajalo do prekrivanja impulzov.

Impulz dolžine 5 ms je tako bistveno prekratek, da bi ga lahko zaznal krmilnik preko navadnega digitalnega vhodnega modula. Omeniti je treba, da na tem krmilniku že teče kar obsežen program mlina surovin, katerega cikel traja približno 40 ms, kar je za nas bistveno preveč, da bi nemoteno obdelali vse impulze.

Najenostavnejša rešitev nastalega problema bi bila, da bi krmilniku dodali hitroštevni vhodni modul, a bi to predstavljalo kar velik strošek. Tako smo se v iskanju bolj ekonomične rešitve odločili, da sami izdelamo takšno elektronsko vezje, ki bo impulze podaljšalo do tolikšne mere, da jih bo moč nemoteno obdelovati s krmilnikom.

4.2.2 Rešitev problema

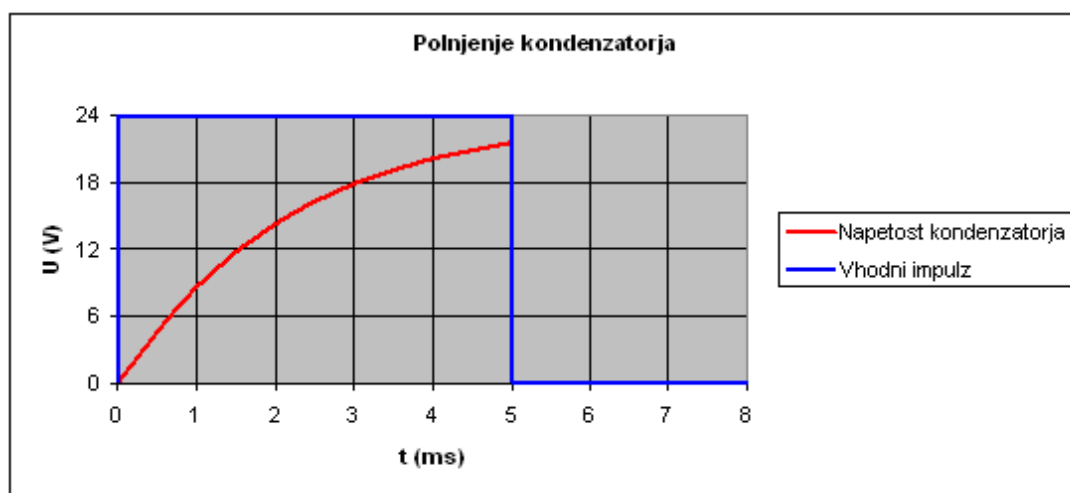
Za rešitev problema prekratkih impulzov smo izdelali vezje prikazano na sliki 7, ki impulze dolžine 5 ms podaljša na dolžino 100 ms. To je dolžina, ki naj bi zagotavljala, da je impulz daljši od seštevka časov dolžine cikla programa, ki že teče na krmilniku, in časa, ki je potreben, da steče komunikacija prek Profibus povezave.



Slika 7: Vezje za podaljšanje dolžine impulza

Bistveni element tega vezja je napetostni komparator LM 311. LM311 ima dva napajalna priključka (4 in 8), s katerima določamo izhodno napetost nasičenja. Komparator deluje tako, da napetost na neinvertirajočem vhodu (2) primerja z napetostjo na invertirajočem vhodu (3), kamor je priključen modul PR7, ki daje impulze dolžine 5 ms. Napetost na neinvertirajočem vhodu določimo preko delilnika napetosti z dvema enakima uporoma ($R1$ in $R2$) tako, da pri napajalni napetosti 24 V

dobimo vhodno napetost 12 V. Ta konstantna napetost se primerja z napetostjo na invertirajočem vhodu, ki jo določa napetost na kondenzatorju C , kateri se ob impulzu iz modula PR7 polni 5 ms (slika 8), nato pa se začne prazniti preko upora $R3$, s katerim je določena hitrost praznjenja kondenzatorja. Na izhodu komparatorja (1) imamo napetost nasičenja (24 V) toliko časa, kolikor je napetost na invertirajočem vhodu (napetost na kondenzatorju) večja od 12 V (slika 9).



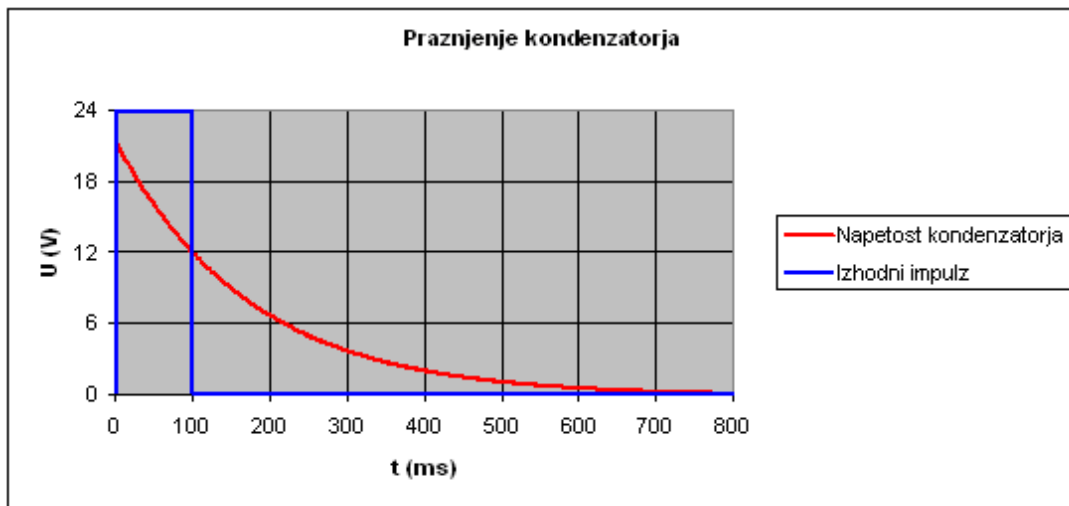
Slika 8: Polnjenje kondenzatorja z vhodnim impulzom dolžine 5 ms

Kondenzator se začne polniti, ko dobi 24 V pulz iz modula PR7. Preko notranje upornosti modula (R_n) se polni toliko časa, kolikor traja impulz (5 ms). Polni se neenakomerno, napetost na njem pa se spreminja s časom po sledeči enačbi:

$$U_C(t) = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{R_n C}} \right)$$

U_0 predstavlja konstantno napetost, na katero je kondenzator priključen (amplitudo impulza) od časa $t = 0$ naprej, $R_n C$ pa predstavlja časovno konstanto, v kateri bi se kondenzator nabil do končne vrednosti pri začetni hitrosti polnjenja.

5 ms je prekratek čas, da bi se kondenzator lahko popolnoma napolnil, zato se napolni le do cca. 21 V. Preko diode 1N4007 se polni izključno zato, da se ne bi izpraznil nazaj, ampak le v smeri preko upora $R3$, ki določa hitrost praznjenja.



Slika 9: Praznjenje kondenzatorja in impulz na izhodu komparatorja

Kondenzator se začne prazniti takoj, ko izgubi impulz iz modula PR7. Prazni se prav tako neenakomerno, in sicer po enačbi:

$$U_c(t) = U_0 e^{-\frac{t}{R_3 C}}$$

Kondenzator se prazni preko upora R_3 . Večja kot je vrednost upora, počasneje se kondenzator prazni in daljši bo impulz na izhodu iz komparatorja. Iz slike 9 je razvidno, da izhodni impulz zavzame vrednost 0, ko ob praznjenju kondenzatorja napetost na njem pade pod 12 V.

Takšno vezje je odporno tudi na motnje, saj preprečuje nezaželeno samodejno proženje impulzov ob morebitnih motnjah. V primeru pojava motnje na napajalnem delu se ista motnja pojavi tudi na invertirajočem vhodu, saj je amplituda pulza na tem vhodu določena z isto napajalno napetostjo. Ker pa napetost na neinvertirajočem vhodu vedno zavzame srednjo vrednost, takšna motnja nima večjega vpliva, poleg tega pa je že sam kondenzator na invertirajočem vhodu dovolj velik filter.

5 INDUSTRIJSKA MREŽA NA OBJEKTU MLINICA SUROVIN

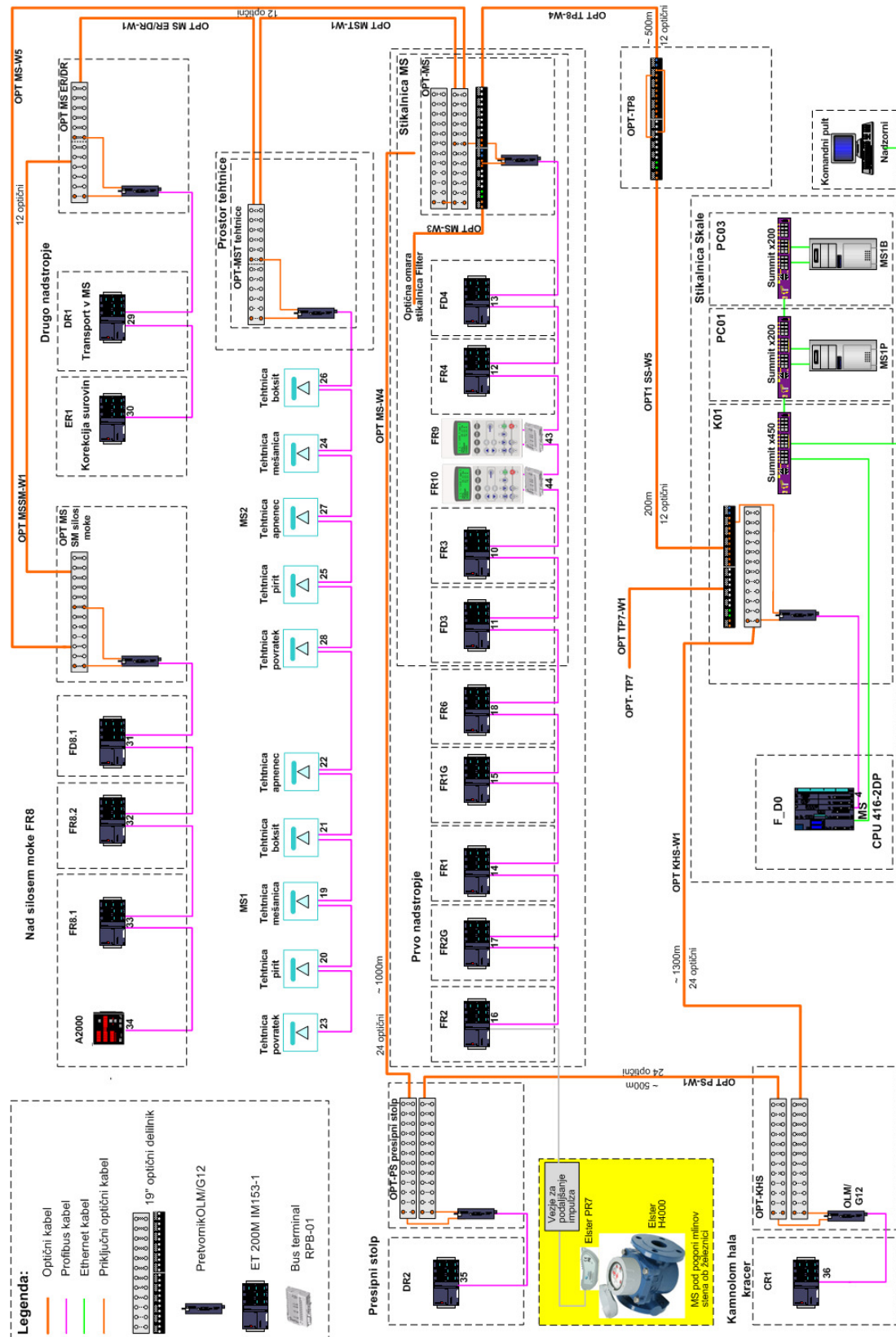
Izmed številnih objektov v Salonitu Anhovo, kjer so nameščeni merilniki porabe industrijske vode, ki jih je potrebno priključiti na industrijsko mrežo, smo si kot poskusnega izbrali objekt mlinice surovin. Razlog za izbiro mlinice surovin je v tem, da so merilniki v tem objektu relativno blizu krmilnih omar, preko katerih smo jih lahko povezali na industrijsko mrežo in zaradi tega tu nismo imeli kakšnih večjih logističnih težav pri kabelski povezavi merilnika v krmilno omaro.

Industrijsko mrežo v mlinici surovin (MS) bi lahko v splošnem razdelili na dva dela. Profibus mrežo, ki povezuje decentralizirane periferne enote krmilnika, in Ethernet mrežo, ki povezuje krmilnik in nadzorni sistem. Na sliki 10, ki prikazuje celotno industrijsko mrežo mlinice surovin, so povezave znotraj Profibus mreže označene z vijolično barvo, povezave znotraj Ethernet mreže pa z zeleno.

V Profibus mreži so periferne enote, ki se nahajajo na isti lokaciji, med seboj povezane s topologijo vodila, z ostalimi bolj oddaljenimi enotami pa skupaj preko optične povezave sestavljajo topologijo kroga. Takšna topologija poveča zanesljivost mreže, saj kljub morebitnemu izpadu ene od povezav lahko vse enote še vedno komunicirajo s krmilnikom, teoretično pa bi v tem primeru takšno povezavo lahko opisali kot povezavo s topologijo vodila.

V mlinici surovin Profibus mreža ne povezuje le decentraliziranih vhodno-izhodnih enot krmilnika, pač pa tudi več tehtnic, frekvenčnih pretvornikov in multimeter, ki omogočajo priklop na Profibus mrežo.

V Ethernet mreži je krmilnik preko stikalnikov in podatkovnih baz povezan na nadzorni računalnik. Za večjo zanesljivost delovanja sta na nadzorni računalnik povezani dve redundančni podatkovni bazi, ki delujeta vzporedno tako, da ob morebitnem izpadu katere od njiju na nadzornem računalniku ne izgubimo komunikacije s krmilnikom.



Slika 10: Shema industrijske mreže v MS in umestitev merilnika vode v njej

Kot je razvidno iz slike 10, smo merilnik porabe vode povezali na decentralizirani digitalni vhodni modul, ki se nahaja v krmilni omari FR2 v prvem nadstropju mlinice surovin. Glavni razlog, da smo ga priključili ravno v omenjeno krmilno omaro, je, da je to najbližja omara, obenem pa imamo v njej tudi nekaj prostih digitalnih vhodov na perifernih enotah. Digitalni vhodni modul je preko Profibus modula ET 200M nato povezan v topologijo vodila Profibus mreže ter naprej preko optičnega kroga do krmilnika.

Podrobnosti o priključitvi merilnika na industrijsko mrežo bodo opisane v poglavju 6, več o Profibusu, Ethernetu in optičnih povezavah pa v naslednjih podpoglavjih.

5.1 Profibus mreža

Industrijske mreže imajo največkrat obliko vodila, ali pa jim vodilo služi kot osnova za način povezovanja. Mreže takšnega tipa pogosto imenujemo procesna področna vodila (ang. Fieldbus). Med taka vodila lahko uvrstimo več mrežnih arhitektur in tehnologiji, ena pomembnejših pa je tudi Profibus (ang. Process Field Bus) področno vodilo.

Področno vodilo Profibus je nastalo konec 80. let v Nemčiji in se v Evropi uveljavilo predvsem po zaslugi podjetja Siemens. Danes je Profibus najbolj razširjen komunikacijski protokol v procesni industriji. Najpogosteje se uporablja na lokalni ravni za komunikacijo v realnem času med krmilnikom ter oddaljenimi perifernimi vhodno-izhodnimi moduli, pretvorniki, lokalnimi paneli itd. Profibus je skladen z mednarodnimi standardi (IEC 61158 in IEC 61784), s čimer zadošča zahtevi po neodvisnosti od kateregakoli proizvajalca in zagotavlja komunikacijo med napravami različnih proizvajalcev, s čimer se zavarujejo obstoječe investicije podjetij.

V odvisnosti od aplikacije za katero se uporablja, obstajajo tri različice Profibus mreže (Siemens, 2008):

- Profibus DP (ang. Decentralized Peripherals) dopušča komunikacijo med krmilnimi sistemi in porazdeljenimi vhodno-izhodnimi enotami, kot tudi lokalnimi procesnimi napravami in lokalnimi operacijskimi paneli, ki imajo vmesnik Profibus DP. Profibus DP definira fizični in podatkovni sloj.

- Profibus PA (ang. Process Automation) predstavlja razširitev Profibus DP za nevarna (eksplozivna) okolja in je idealen za združevanje pnevmatskih izvršilnih elementov, elektromagnetnih ventilov in drugih odjemnikov, neposredno v sistem za vodenje procesov.
- Profibus FMS (ang. Fieldbus Message Specification) predstavlja razširitev Profibus DP za prenos podatkov in je idealen predvsem v procesnih sistemih za prenos merjenih podatkov. Profibus FMS definira fizični, podatkovni ter aplikativni sloj.

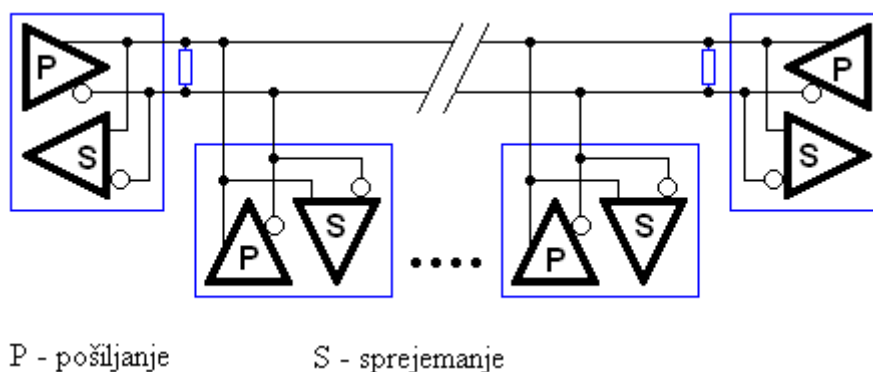
Profibus mrežni sistem ima na nižjem nivoju, med oddaljenimi perifernimi enotami, topologijo vodila in je tipičen master-slave sistem, kjer en gospodar (master) komunicira z več podrejenimi (slave) vhodno-izhodnimi enotami. Na višjem nivoju, med krmilniki in ostalimi inteligentnimi perifernimi enotami, pa lahko preko optičnih povezav izvedemo tudi topologijo obroča.

V osnovi se promet po mreži izvaja ciklično. Centralni krmilnik je nadrejen (master) v mreži, inteligentna periferija pa je podrejena (slave). Master ciklično komunicira s posameznimi slave-i v mreži. Potrebne komunikacijske funkcije so specificirane kot DP bazne funkcije (DPV0). Zaradi hitrega razvoja in naraščajočih potreb so bile bazne funkcije protokola že dvakrat nadgrajene: na DP V1 ter DP V2 (Avtomatika, 2002):

- DP V0: definira osnovno funkcionalnost DP protokola, predvsem pa ciklično izmenjavo podatkov, specifično diagnostiko ter različne tipe prekinitev za izjemna stanja.
- DP V1: uvaja tudi aciklični prenos podatkov (aciklična komunikacija poteka vzporedno s ciklično) ter dodatne prekinitvene tipe. Preko acikličnega prenosa je omogočen direkten dostop do udeležencev na mreži z razvojnimi orodji, nastavitve parametrov ipd.
- DP V2: dodana je možnost direktne slave-to-slave komunikacije (brez posredovanja mastra) ter točna sinhronizacija urinega cikla.

Hitrost prenosa preko Profibus DP vodila je od 9.6 kbit/s do 1.5Mbit/s po oklopljenih dvožilnih kablh oz. do 12Mbit/s po optičnih kablh, standard za fizični potek komunikacije pa je RS-485.

RS-485 je standard za serijsko komunikacijo. Komunikacija poteka preko dveh vodnikov. V primerjavi s serijskimi komunikacijami (RS-232, RS-423) je RS-485 manj podvržena električnim motnjam, saj uporablja diferencialni napetostni signal na obeh vodnikih namesto absolutne vrednosti napetosti. RS-485 omogoča povezovanje več sprejemno-oddajnih enot v mrežo, napake pri komunikaciji na večjih razdaljah, ki pri večjih hitrostih nastanejo zaradi odbojev ob spremembah signala, pa preprečimo z zaključnim uporom (običajno 120 Ω) na obeh koncih. S tem tudi zmanjšamo občutljivost na električne motnje. Topologija RS-485 je prikazana na sliki 11.



Slika 11: Topologija RS-485

Profibus upošteva tudi referenčni arhitekturni model ISO OSI, ki definira sedem slojev mreže, vendar v njem zavzema le prva dva in sedmi sloj.

5.1.1 ISO OSI model

Referenčni model ISO OSI (slika 12) je bil razvit leta 1984 in velja za osnovni arhitekturni komunikacijski model. Model ISO OSI sestavlja sedem slojev. Na vsakem sloju so določene posamezne mrežne funkcije. V nadaljevanju je opis modela pridobljen s spletne strani o ISO/OSI referenčnem modelu (ISO/OSI, 2010).



Slika 12: Referenčni model ISO OSI

1. Fizični sloj

Fizični sloj definira električne in mehanske lastnosti vodnikov in konektorjev. Definirane so prenosne frekvence in napetostni nivoji, načini, kako se zapisujejo podatki v obliko, ki je primerna za prenos po izbranem mediju. Najpogostejši mediji so bakreni vodniki (koaksialni, UTP itd.), najpogosteje uporabljeni konektorji pa BNC, RJ45 itd.

2. Povezavni sloj

Povezavni sloj skrbi za:

- določanje enote sporočil (znake, bloke, pakete),
- način ugotavljanja napak med dvema sosednjima vozliščema,
- odpravo napak,
- mrežno topologijo,
- mehanizme dostopa do prenosnega medija,
- kontrolo pretoka.

Najpogostejši protokoli v tem sloju so: Ethernet, FDDI, PP; MAC, LLC.

3. Mrežni sloj

Mrežni sloj skrbi za pravilno potovanje paketov različnih dolžin in po različnih poteh. Zagotavlja pravilno fragmentacijo in defragmentacijo ter pravilen vrstni red pošiljanja in prejemanja paketov. Zagotavljanje kvalitete servisa je prav tako naloga te plasti.

Najpogostejši protokoli v tem sloju so: IP, IPX, DecNet.

4. Prenosni sloj

Prenosni sloj zagotavlja višje ležečim plastem povezavo med končnima računalnikoma. Na prenosni poti poskrbi za pravilen in zanesljiv prenos podatkov. Med drugim določa:

- Razstavljanje dolgih sporočil na pakete (fragmentacija) ob oddajanju in sestavljanje sporočil iz paketov (defragmentacija) ob sprejemanju. Pri tem je pomembna urejenost zaporedja paketov, saj lahko paketi prispejo v drugačnem vrstnem redu kot so bili poslani.
- Odkrivanje in odpravljanje napak: transportna plast odkriva napake in o tem obvesti plast, na kateri je prišlo do napake.

5. Sloj seje

Sloj seje določa:

- Vzpostavitev, vzdrževanje in prekinitev seje, tj. komunikacije med končnimi računalniki.
- Vrsto komunikacije:
 - enosmerna (simplex): na eni strani je postaja, ki oddaja sporočilo, na drugi strani pa ena ali več postaj, ki sporočilo sprejemajo;
 - izmenično dvosmerno (half duplex): postaja lahko sprejema in oddaja podatke, vendar jih lahko istočasno samo oddaja ali samo sprejema;
 - dvosmerno (full duplex): postaja lahko istočasno sprejema in oddaja podatke.

6. Predstavitveni sloj

Predstavitveni sloj skrbi za uskladitev različnih načinov predstavitve podatkov:

- kompresijo in dekompresijo podatkov (kodiranje ali zamenjava pogostih funkcij ali besed z zelo kratko kodo, z namenom povečanja učinkovitosti prenosa),
- nabor znakov in kod (ASCII, EBCDIC),
- šifriranje podatkov za potrebe zaščite podatkov, ki so v ta namen ob prenosu kodirani, da jih lahko razume le uporabnik, kateremu je sporočilo namenjeno,
- podatkovne formate, ki omogočajo uporabo standardnih predstavitvenih, zvočnih in video formatov za potrebe uporabe aplikacij na različnih računalniških sistemih.

7. Aplikativni sloj

Aplikativni sloj je vmesnik med uporabnikom in komunikacijskim omrežjem. Določa protokole, ki omogočajo elektronsko pošto, izdelavo predstavitvenih strani, prenašanje datotek in podobno.

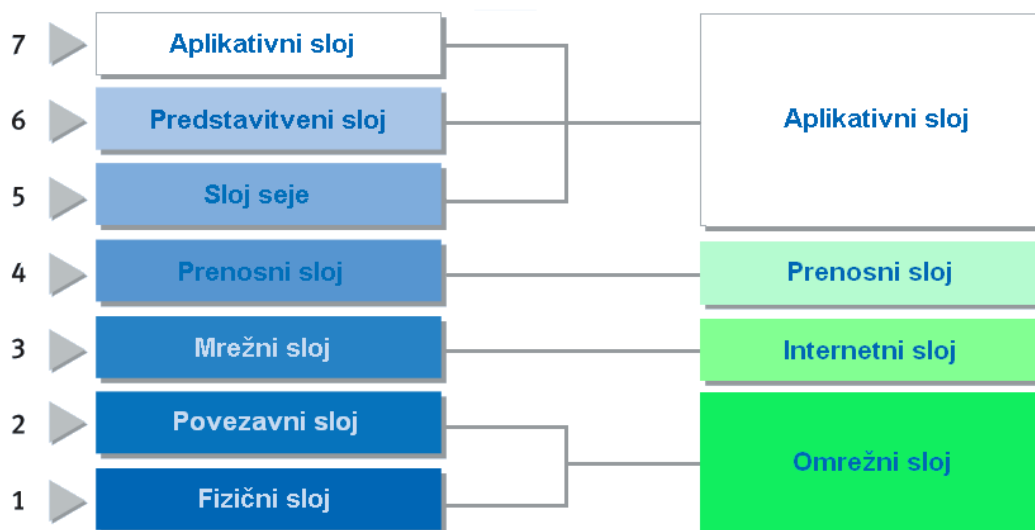
5.2 Ethernet mreža

Ethernet je najpopularnejši protokol za lokalne mreže. Ta industrijski standard so prevzeli mnogi proizvajalci mrežne strojne opreme, osnove zanj pa so leta 1976 definirala podjetja Xerox, DEC in Intel (Žmuc, 2003).

Ethernet standard pokriva samo najnižji nivo komunikacije. Po ISO OSI referenčnem modelu sta to fizični in povezavni sloj. V povezavi z Ethernetom se danes v veliki večini uporablja TCP/IP protokol. V splošnem je IP (ang. Internet Protocol) namenjen usmerjanju sporočil med mrežami. TCP (ang. Transport Control Protocol) pa se navezuje na IP nivo in vsebuje mehanizme, ki zagotavljajo, da se sporočilo v pravi obliki in v pravem zaporedju prenese na zahtevano lokacijo.

Nad TCP/IP nivojem je zgolj aplikativni sloj. Če omenjeno arhitekturo primerjamo z OSI modelom (slika 13), vidimo, da manjkata sloj seje in predstavitveni sloj. Njuna

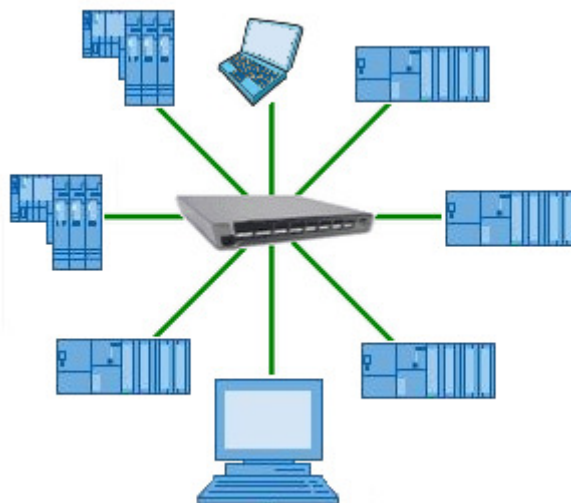
funkcionalnost je vključena v aplikativni nivo. Sistemi, bazirani na TCP/IP, tako vsebujejo le štiri nivoje modela OSI.



Slika 13: Primerjava TCP/IP z ISO OSI referenčnim modelom

TCP/IP sam po sebi ne zagotavlja, da bodo naprave, ki podpirajo TCP/IP protokol, med seboj tudi komunicirale in izmenjevale informacije. To je naloga aplikacijskega nivoja. Trenutno še ni standardnega protokola na aplikativnem nivoju Ethernet, ki bi pokrival vse potrebe v industrijski avtomatizaciji. Na procesnem nivoju namreč obstaja veliko različnih naprav, katerih naloge so različne, prav tako pa so različni tudi podatki, ki jih morajo prenašati (Monitor, 2004). Pri realizaciji sistemov avtomatizacije je zato potrebno uporabiti tiste standardne aplikacijske protokole, ki jih v konkretnem primeru potrebujemo (npr. Profibus).

Ethernet omogoča hitrosti 10, 100 in 1000Mbit/s, kar omogoča uporabo od domačih ali malih poslovnih mrež do visokozmogljivih mrežnih hrbtnic. Naprave v Ethernet mreži lahko med seboj povežemo na tri načine: v obliki vodila, obroča ali zvezde, katere topologija je prikazana na sliki 14 in ki je danes najobičajnejši način priklapljanja.



Slika 14: Topologija zvezde v Ethernet mreži

Kot rečeno, je Ethernet uporaben tako na področju običajnih pisarniških mrež kot tudi na področju industrijskih mrež. Bistvena razlika med omenjenimi področji je v časovni kritičnosti informacij, ki se prenašajo. Pri običajnih mrežah nekaj sekundna zakasnitev ponavadi ne predstavlja večjega problema, v industriji, pri raznih krmiljenjih ipd., pa to lahko povzroči nepredstavljive težave.

Informacije, ki se prenašajo v industrijskem okolju, lahko razdelimo na:

- časovno nekritična sporočila ("explicit messaging"), ki predstavljajo zajemanje podatkov s strojnega nivoja v informacijski sistem, administriranje krmilja in podrejenih naprav (upload, download), diagnostične in pomožne funkcije.
- časovno kritične vhodno/izhodne povezave med nadrejenimi napravami (npr. krmilniki) in izvršnimi enotami (digitalnimi in analognimi vhodno-izhodnimi enotami, HMI vmesniki, frekvenčnimi in servo pogoni, ventili itd.). Ta del informacije je glede na obseg majhen, ima pa veliko pogostost izmenjave in mora priti do ciljne naprave v najkrajšem času.

Ethernet uporablja CSMA/CD (ang. Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect) metodo za dostop mreže. To pomeni, da vsaka naprava pred dostopom do mreže preveri, ali to lahko stori. To naredi tako, da preverja, kaj se dogaja na mreži. V kolikor naprava ugotovi, da trenutno na mreži ni prometa, pošlje na mrežo svoje

sporočilo. Vse ostale naprave, ki so fizično na isti mreži, sprejmejo oddano sporočilo in se po potrebi nanj odzovejo. Takšen mehanizem ne preprečuje situacije istočasnega oddajanja dveh ali več postaj. V tem primeru pride do tako imenovane kolizije in popačenih podatkov na mreži. Postaje morajo v tem primeru ponoviti oddajo svojega sporočila. To storijo po določenem času, ki se izračuna po predpisanem algoritmu, zato čas za izmenjavo paketa ni predvidljiv, kar pomeni, da Ethernet ni determinističen (Žmuc, 2003).

Kot je že bilo omenjeno, Ethernet uporablja CSMA/CD metodo za dostop do mreže, zato v osnovi ni determinističen. Zaradi zasedenosti mreže in kolizij lahko prihaja do zakasnitev pri prenosu podatkov, kar je v avtomatizaciji zelo nezaželeno. To lahko odpravimo na več načinov.

Ena od možnosti je uporaba "master/slave" protokolov. Če takšen protokol uporabimo na mreži, ki jo namensko uporabljamo samo za procesni nivo, do kolizij ne more priti. Slave naprave namreč vedno samo odgovarjajo na navodila iz edine master naprave na mreži.

Druga možnost pa je povezana z materialno opremo. Uporaba 100 Mb hitrosti skupaj s full/duplex tehnologijo in uporabo stikal omogoča praktično determinističen način delovanja. Stikala so naprave, ki na osnovi adrese usmerjajo sporočila na postajo, ki ji je sporočilo namenjeno. Vse ostale postaje tega prometa ne zaznajo, zato ni možnosti kolozij. Pomanjkljivost stikal je, da so nekoliko dražja ter v prenos vnašajo nekaj časovne zakasnitve. Princip delovanja je namreč tak, da stikalo sporočilo sprejme, preveri naslov in ga potem odda na pravi izhod. Industrijska stikala imajo vgrajene še nekatere dodatne funkcije, ki omogočajo bolj učinkovito delovanje industrijske mreže, kot so (Industrijski ethernet, 2010):

- IGMP (ang. Internet Group Management Protocol) Snooping, ki omejuje pošiljanje t. i. multicasting paketov (en paket je hkrati poslan vsem napravam) na tiste naprave, ki jih informacija zadeva (subscribers), in tako zmanjšuje promet na mreži. Multicasting tehnologijo uporabljajo protokoli EtherNet/IP, Profinet (Siemens), Foundation Fieldbus HSE, VoIP (Video over IP) itd.

- QoS (ang. Quality of Service) tehnologijo, ki stikalu omogoča razpošiljanje prispelih paketov po prioriteti. Prednost imajo paketi z večjo prioriteto, v našem primeru krmilne vhodno/izhodne informacije.
- VLAN (ang. Virtual Local Area Network) je možnost razdelitve fizične mreže LAN v skupine. Namen VLAN je nadzor prometa med skupinami oz. omejitev dostopa do naprav glede na pravice, ki jih dodeli administrator mreže. VLAN skupine so lahko realizirane z enim ali več stikali.
- Redundanca, kar pomeni podvojitve fizične povezave med stikali. V primeru prekinitve glavne kabelske linije se povezava preusmeri na alternativno linijo.
- Web Management funkcija, ki omogoča preprosto administriranje (konfiguracija, diagnostika) stikala z Internet Explorerjem oz. brskalnikom.

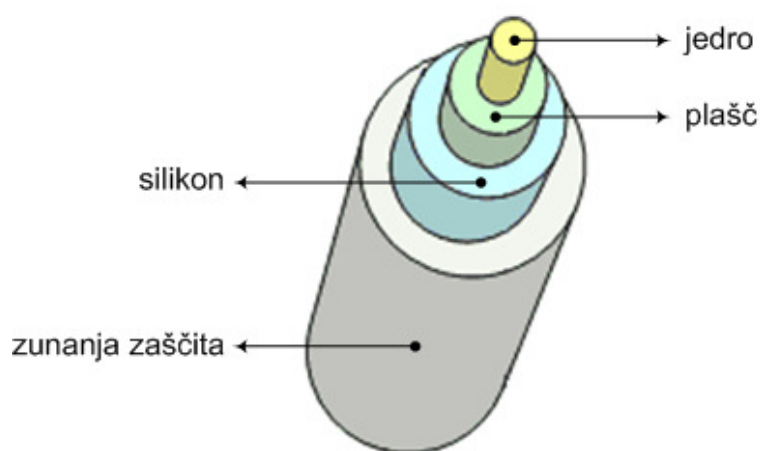
5.3 Optične povezave

Ko imamo opravka z daljšimi razdaljami, si danes skoraj ne moremo zamisliti povezav brez optičnih kablov. Po optičnih kabljih se signal prenaša s svetlobo. Frekvenca prenosa je veliko večja, s tem pa tudi količina prenosa podatkov v primerjavi z navadnimi (bakrenimi) vodniki. Z optičnimi kabli je možno prenašati večjo količino informacij, hitreje in na daljše razdalje. Optična vlakna so tudi odporna na elektromagnetne motnje, zato ne prihaja do popačenj prenašanega signala. Ker je edini prenašalec signala po optičnem kablu svetloba, ni nobene možnosti iskrenja iz pretrganega vlakna. V primerjavi z bakrenimi kabli so optični tudi precej lažji in imajo manjši premer ob podobni prenosni kapaciteti (Velikonja, 2006).

5.3.1 Zgradba optičnega vlakna

Vsa optična vlakna za vodenje svetlobe izkoriščajo pojav popolnega notranjega odboja, zato so konstruirana tako, da imajo valjasto obliko. Osrednji del optičnega vlakna je jedro ali stržen, ki je izdelano iz optično gostejšega sredstva in ima zato večji lomni količnik. Jedro obdaja optično redkejši plašč z nižjim lomnim količnikom. Jedro in optični plašč sta najpogosteje izdelana iz zelo čistega stekla, možna pa je tudi kombinacija steklenega jedra in plastičnega plašča (PCF vlakna).

Obstajajo tudi plastična optična vlakna, kjer so vsi elementi izdelani iz polimernih snovi (Svet elektronike, 2008). Bistvena razlika med omenjenimi optičnimi vlakni je v maksimalni dolžini kabla, ki jo takšna vlakna omogočajo. Plastična optična vlakna tako omogočajo maksimalno dolžino kabla le do 50 m, PCF (ang. photonic crystal fiber) vlakna do 300 m, steklena vlakna pa omogočajo več kilometrske dolžine kablov. Ker vsako vlakno prenaša signal samo v eno smer, vsebuje kabel vsaj dve vlakni. Eno vlakno se uporablja za sprejem, drugo za oddajo. Zgradba optičnega vlakna je prikazana na sliki 15.



Slika 15: Zgradba optičnega vlakna

5.3.2 Vrste optičnih vlaken

Poznamo dve vrsti optičnih vlaken. Enorodovna (ang. single-mode) in mnogorodovna (ang. multi-mode). Enorodovna vlakna so vlakna, po katerih se v vsakem trenutku razširja le en žarek. Takšne okoliščine razširjanja svetlobe dosežemo pri jedru s premerom $9\ \mu\text{m}$ ter majhni razliki lomnih količnikov jedra in plašča. Ta vlakna odlikujeta zelo velika pasovna širina in majhno slabljenje, zato so namenjena prenosu velike gostote podatkov na daljše razdalje (nekaj sto kilometrov). Mnogorodovna vlakna so vlakna s premerom jedra $50\ \mu\text{m}$ in v vsakem trenutku se po njih lahko razširja večje število žarkov. Zanje je značilna velika razlika med lomnim količnikom jedra in plašča, kar omogoča uporabo poceni svetlobnih izvorov in detektorjev, ki jih lahko proizvajajo tudi svetleče diode (LED). Ker prenašajo več svetlobnih signalov, je disperzija večja in se lahko signale prenaša na krajše razdalje (nekaj kilometrov).

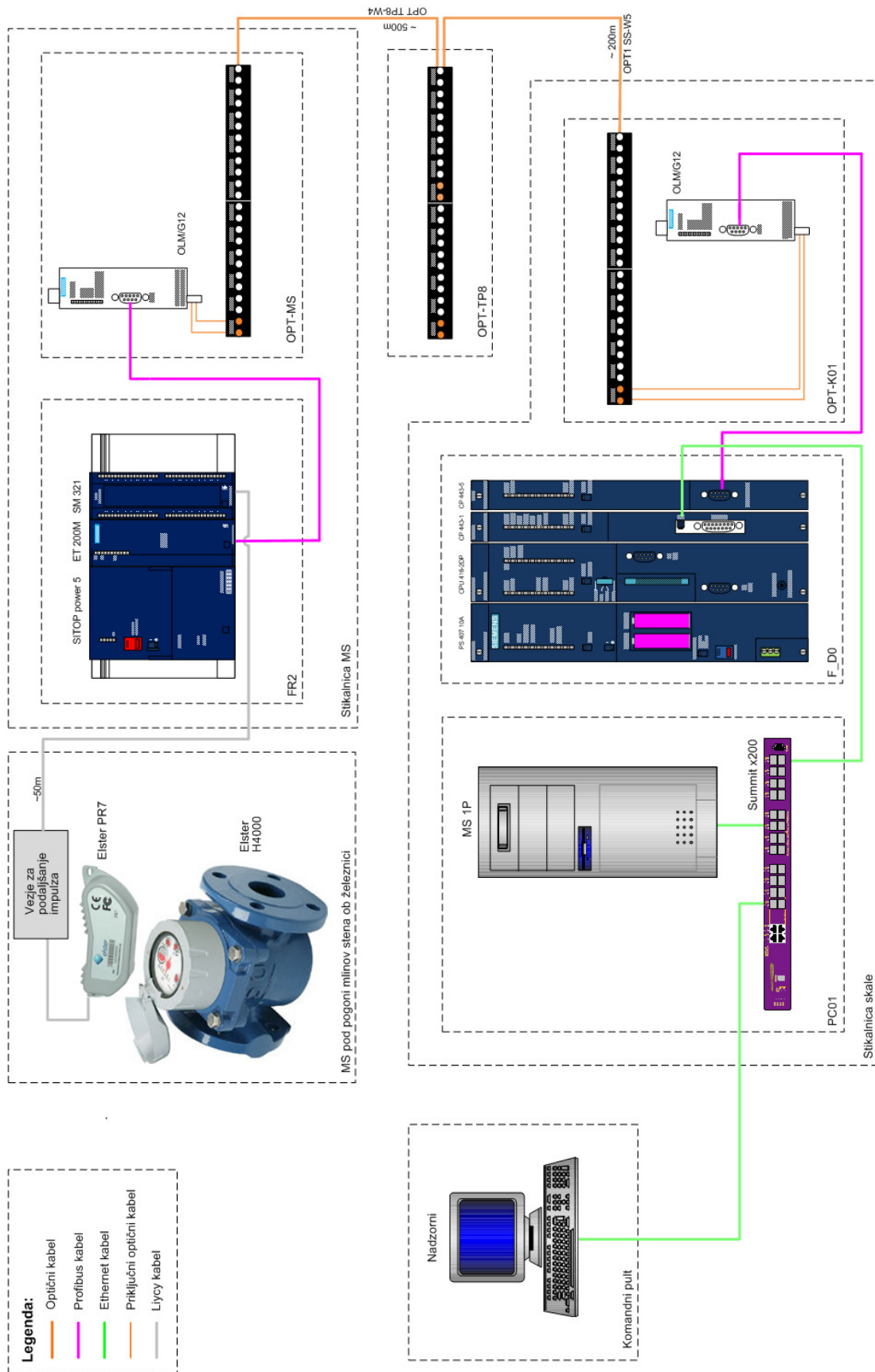
6 PRIKLJUČITEV MERILNIKA NA INDUSTRIJSKO MREŽO IN UPORABLJENA KRMILNIŠKA OPREMA

Celoten proizvodni proces v mlinici surovin krmili krmilnik, ki ni postavljen na istem objektu, pač pa v objektu stikalnica Skale. Ker imamo tako od krmilnika do vseh decentraliziranih enot po kabelskih kanalih kar velike razdalje (več kot 700 m), Profibus povezava med njimi poteka po optičnem kablu. Optična Profibus povezava je izvedena preko optičnih pretvornikov, ki pretvarjajo električni Profibus signal v optičnega in obratno ter optičnih delilnikov, preko katerih so realizirane povezave med različnimi objekti. Iz slike 16, ki prikazuje celoten potek povezave od merilnika porabe industrijske vode do nadzornega računalnika, lahko vidimo tudi, da ni neposredne povezave med objektoma mlinice surovin ter stikalnice Skale, pač pa ta poteka preko objekta TP8, kjer je izvedena preko optičnega delilnika.

Dajalnik impulzov PR7 je preko vezja za podaljševanje dolžine impulza povezan na digitalni vhodni modul SM 321, ki se nahaja v krmilni omari FR2, od koder se dajalnik impulzov tudi napaja. Napaja se s 24 V enosmerne napetosti, kar omogoča, da dobimo impulze istega reda, saj je digitalni vhodni modul zasnovan za obdelavo signalov takšne amplitude.

Digitalni vhodni modul SM 321 je del decentraliziranega sistema ET 200. Iz slike 17, ki prikazuje konfiguracijo decentraliziranega sistema v krmilni omari FR2, v programskem orodju Simatic Manager vidimo, da poleg omenjenega modula sistem sestavljata še dva digitalna vhodna modula, digitalni izhodni modul, dva analogna vhodna modula, analogni izhodni modul ter modul za decentralizacijo IM 153-1, ki omogoča povezavo na Profibus mrežo.

Digitalni vhodni modul SM 321 omogoča priklop do 32 digitalnih signalov z vhodno napetostjo 24 V. Impulzni dajalnik je priključen na zadnje, 32. mesto, kar pomeni, da je njegov naslov v krmilniku I63.7, saj so s strani krmilnika uporabljenemu vhodnemu modulu dodeljeni naslovi od 60.0 do 63.7, kar je razvidno tudi iz slike 17.



Slika 16: Celoten potek povezave merilnika porabe vode na nadzorni računalnik

(16) FR2 → Profibus naslov decentraliziranega sistema

Slot	Module	Order Number	I Address	Q Address	Comment
1					
2	IM 153-1	6ES7 153-1AA03-0AB0	6011*		Dodeljeni naslovi digitalnega vhodnega modula
3					
4	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0	52...55		
5	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0	56...59		
6	DI32xDC24V	6ES7 321-1BL00-0AA0	60...63		
7	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0		24...27	
8	A18x12Bit	6ES7 331-7KF01-0AB0	320...335		
9	A18x12Bit	6ES7 331-7KF02-0AB0	336...351		
10	A08x12Bit	6ES7 332-7KF01-0AB0		352...367	
11					

Slika 17: Konfiguracija decentraliziranega sistema v krmilni omari FR2

Modul za decentralizacijo IM 153-1 mora biti pravilno parametriran, da lahko po Profibus mreži komunicira s krmilnikom. To storimo z nastavitvenimi stikali, s katerimi mu določimo lasten Profibus naslov. Iz slik 10 in 17 lahko razberemo, da je v tem primeru to naslov 16.

Omenjen decentraliziran sistem je v vodilo povezan z drugimi podobnimi sistemi, ki se nahajajo v njegovi bližini, z bolj oddaljenimi pa je preko optičnih povezav povezan v obroč, ki je povezan s krmilnikom. S topologijo obroča dosežemo večjo zanesljivost mreže, saj tako v primeru izpada enega od decentraliziranih sistemov ne izpadejo vsi, ampak le tisti, ki se v istem vodilu nahajajo za njim. Kot rečeno, več vodil povežemo v obroč preko optičnih povezav, za kar potrebujemo pretvornike OLM/G12, ki električni Profibus signal pretvorijo v optičnega.

Več o ET 200 sistemu za decentralizacijo, vhodno-izhodnih modulih in Profibus pretvorniku OLM/G12 je opisano v naslednjih podpoglavjih.

6.1 Sistem za decentralizacijo ET 200

V krmilnih sistemih, kjer imamo med vhodno-izhodnimi moduli in krmilnikom večje razdalje, lahko postanejo žične povezave zelo obsežne in nepregledne, velikokrat pa so takšne povezave izpostavljene tudi močnim motnjam. V takšnih primerih je zato priporočljivo uporabiti decentralni (tudi distribuirani) sistem ET 200. Pri takšnem sistemu se krmilnik nahaja na centralnem mestu, periferija pa je nameščena decentralno. Obenem omogoča tudi hiter prenos podatkov prek Profibus mreže. Na

sliki 18 je prikazan decentralizirani sistem, ki smo ga uporabili za priključitev dajalnika impulzov PR7. V tem primeru sistem sestavljajo napajalnik, ET 200 modul za decentralizacijo IM 153-1, trije digitalni vhodni moduli, digitalni izhodni modul, dva analogna vhodna modula ter analogni izhodni modul.



Slika 18: Decentralizirani sistem na katerega je priključen dajalnik impulzov

Komunikacija v sistemu ET 200 poteka po principu master-slave. V našem primeru je master krmilnik S7 416-2 z mrežno kartico CP 443-5, slave pa decentralizirani ET 200 modul IM 153-1 z ostalimi decentraliziranimi vhodno-izhodnimi moduli.

Komunikacija med krmilnikom in decentralizirano periferijo poteka preko Profibus mreže. Decentralizirane module na različni lokacijah lahko med seboj povežemo v topologijo vodila in naprej prek optičnih povezav v obroč. Medsebojno povezavo v vodilo se lahko izvede prek RS-485 priklonika na vodilo ali RS-485 bus terminala. V zadnjem času se veliko več uporabljajo RS-485 prikloniki, saj ti poleg enostavnejšega priklopa omogočajo tudi komunikacijo do hitrosti 12 Mbit/s, medtem ko bus terminal omogoča hitrosti od 9,6 kbit/s do 1,5 Mbit/s. Vsak od modulov IM 153-1 mora imeti tudi svoj lasten Profibus naslov, ki mu ga ročno nastavimo z nastavitvenimi stikali.

Na posamezen modul IM 153-1 lahko priključimo do 8 vhodno-izhodnih modulov.

6.2 Vhodno-izhodni moduli

Vhodno-izhodni moduli služijo kot vmesnik pri fizični povezavi zunanjih naprav in krmilnika. Glede na vrsto signala, ki se prenaša, razdelimo vhodno-izhodne module na:

- digitalne,
- analogne.

Digitalni vhodno-izhodni moduli so moduli, preko katerih se prenašajo digitalni oz. nezvezni signali. To so signali, ki imajo le dve stanji – 1 (vklopljeno, deluje, odprto) in 0 (izklopljeno, ne deluje, zaprto). Preko analognih vhodno-izhodnih modulov pa se prenaša analogni oz. zvezni signal. To so signali, ki imajo neskončno število stanj.

Posebna vrsta modulov so signalno predobdelovalni moduli, ki se uporabljajo za štetje hitrosti pulzov, zajemanje in obdelavo inkrementov hitrosti in časovnih merjenj. Reguliranje in pozicioniranje so časovno kritične naloge, ki od procesorja krmilnika zahtevajo veliko njegovih rezerv ali pa sploh ne dobimo zadostno hitre obdelave. Za rešitev teh problemov se uporabljajo signalno predobdelovalni moduli, ki že sami vsebujejo procesor in tako prevzamejo celotno nalogo reguliranja.

6.2.1 Digitalni vhodni moduli

Preko digitalnih vhodnih modulov s krmilnikom povezujemo digitalne signale iz zunanjih naprav. Takšne naprave so npr. končna stikala, induktivna stikala, nivojska stikala, tipkala, selektorji, fotocelice ipd. Signali, ki prihajajo iz takšnih naprav, so lahko različnih vrst, zato so temu prilagojeni tudi izvedbe digitalnih vhodnih modulov, ki lahko registrirajo enosmerne in izmenične signale standardnih napetosti 24 V, 48 V, 120 V in 230 V.

Vhodni modul takšne signale pretvori v 5 V signal, ki v krmilniku predstavlja en bit in lahko zavzame le dve stanji, 0 ali 1. Odvisno od izvedbe lahko na digitalni vhodni modul priključimo od 8 do 32 signalov iz zunanjih naprav, ki odvisno od mesta, kamor so na modulu priključeni, zavzamejo točno določen naslov.

6.2.2 Digitalni izhodni moduli

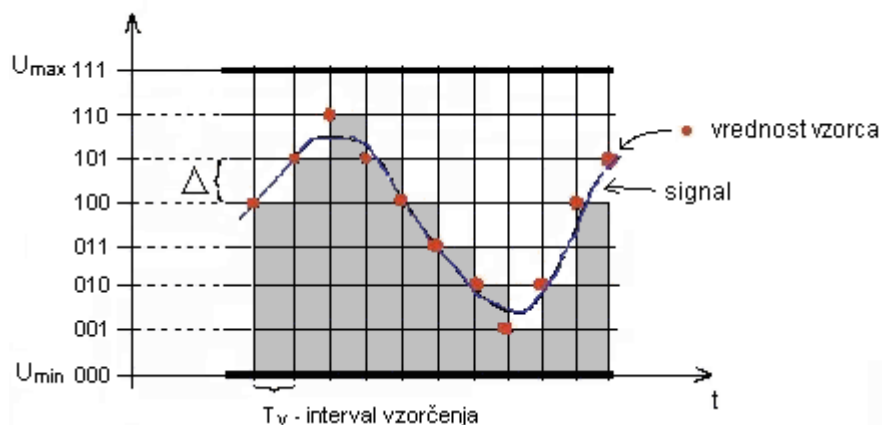
Digitalni izhodni moduli glede na logično stanje izhodnega bita, ki ga na podlagi programske kode dobijo iz krmilnika, vklaplajo ali izklaplajo napetostni vir na ustreznem mestu oz. naslovu. Odvisno od vira napetosti ločimo več vrst izhodov:

- Tranzistorski izhodi se napajajo z napetostjo krmilnika. Njihova krmilna napetost znaša 24 V, tok pa do 1 A.
- Relejski izhodi se napajajo z zunanjo napetostjo preko releja, ki ga krmili signal iz krmilnika. Takšni izhodi služijo za galvansko ločitev krmilne napetosti od višjih delovnih napetosti. Odzivni čas relejnih izhodov je daljši kot pri tranzistorskih, zato se navadno uporabljajo v sistemih, kjer odzivni čas ni bistvenega pomena.
- Triak izhodi se napajajo z izmenično napetostjo krmilnika. V primerjavi z relejskimi se uporabljajo v sistemih z izmeničnimi napetostmi manjših moči.

6.2.3 Analogni vhodni moduli

Analogni vhodni moduli se uporabljajo v primerih, kjer je signal zunanje naprave zvezne oblike, kar pomeni, da ima takšen signal neskončno število stanj. Takšne vrste signali so na primer signali tlaka, temperature, hitrosti ipd., ki se stalno spreminjajo za neskončno majhne vrednosti. Ker pa krmilnik, tako kot vsi digitalni sistemi, pozna le stanji 0 in 1, mora analogni vhodni modul zvezni signal pretvoriti v takšno obliko, da ga krmilnik lahko obdela. Takšen postopek imenujemo kvantizacija.

Pri kvantizaciji se najprej pretvorijo realne vrednosti analognega signala v diskretne vrednosti, ki se nato pretvorijo v njihov dvojiški ekvivalent kot prikazuje slika 19.



Slika 19: Postopek kvantizacije

Analogni signal se tudi časovno vzorči. Signal je po vzorčenju sestavljen iz končnega števila vzorcev in predstavlja približek originalnega analognega signala. Manjši kot je interval vzorčenja (T_v), boljši je približek.

Število diskretnih nivojev je odvisno od tega, koliko bitni je A/D pretvornik. Na sliki 19 je primer pretvorbe s 3-bitnim A/D pretvornikom. Če bi imeli na primer 4-bitni A/D pretvornik, bi namesto 8 imeli 16 diskretnih nivojev, pri 5-bitnem bi imeli 32 diskretnih nivojev itd., kar posledično prinese večjo ločljivost (večje število in manjšo velikost kvantov - Δ) kvantizacije in s tem manjši pogrešek pri A/D pretvorbi.

Pri analognih vhodnih modulih je potrebno še poudariti, da lahko analogne vhode z nastavitvenimi mostički (slika 20) ustrezno nastavimo glede na to, ali je zunanja naprava pasivna ali aktivna ter ali deluje na osnovi tokovnega ali napetostnega signala. Če je zunanja naprava pasivna, pomeni, da nima lastnega napajanja in jo napaja kar vhodni modul, ki nato na podlagi tokovne ali napetostne razlike na vhodu izračunava dejansko vrednost na vhodu. Če pa je zunanja naprava aktivna, pomeni, da že ima svoje ločeno napajanje, in na vhod že daje tokovni ali napetostni signal (npr. 4–20 mA ali 0–10 V), ki ga modul nato pretvori v ustrezno obliko.



Slika 20: Nastavitveni mostički analognega vhodnega modula

6.2.4 Analogni izhodni moduli

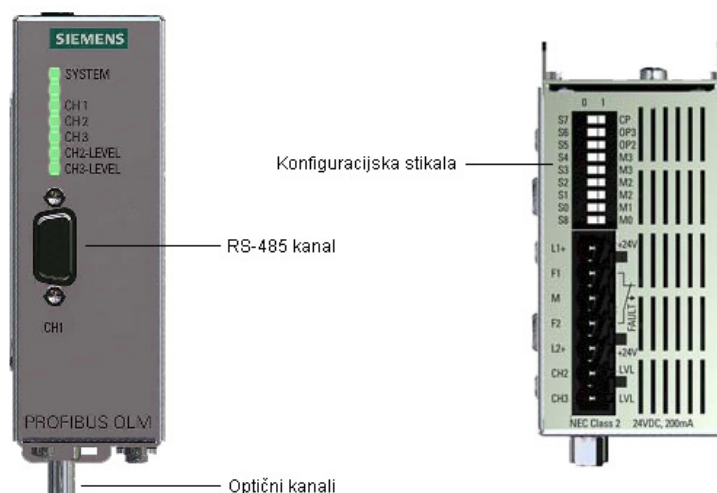
Analogni izhodni moduli se uporabljajo v primerih, kjer je potrebno krmiljenje zunanjih naprav, ki se odzivajo zvezno na spremembe električne napetosti ali toka. Takšen tip naprav so na primer motorni pogoni, razni ventili itd.. Za razliko od analognih vhodnih modulov morajo izhodni moduli digitalne podatke, ki jih dobijo iz krmilnika, pretvoriti v analogne. To se izvede z D/A pretvorbo, pri kateri se vsako binarno število pretvori v analogni signal napetosti ali toka, kar je obratni postopek od A/D pretvorbe.

6.3 Optični pretvornik OLM/G12

Optični pretvornik OLM (slika 21) je namenjen pretvorbi električne Profibus povezave v optično in obratno. Pretvornik ima dva ali tri neodvisne kanale, ki so sestavljeni iz sprejemnih in oddajnih parov. Prvi je RS-485 kanal in služi za povezavo električnega Profibus signala, drugi in morebitni tretji, pa sta optična kanala in služita povezavi optičnega Profibus signala. Obratovalna napetost pretvornika je 24V, omogoča pa tudi priklop redundančnega napajanja za doseganje večje zanesljivosti delovanja.

Pretvornike med seboj povežemo z multi-mode optičnimi vlakni, povežemo pa jih lahko z različnimi topologijami. Glede na to, katero topologijo izberemo, je treba

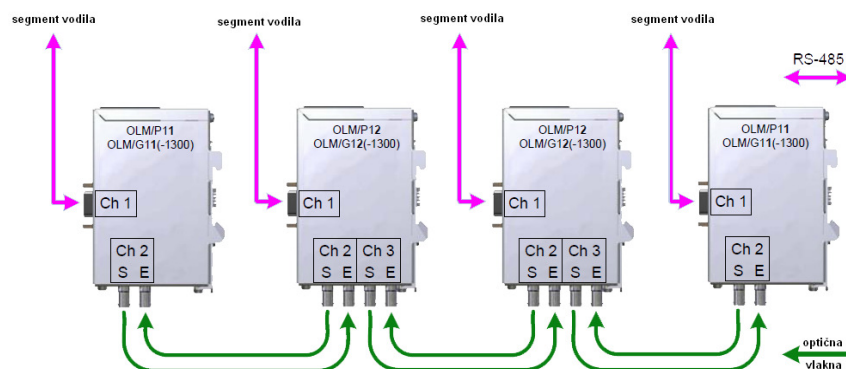
pretvornik z nastavitvenimi stikali ustrezno konfigurirati (slika 21), s čimer mu povemo, v kakšno topologijo je umeščen. Pretvornike lahko povežemo v topologijo vodila (slika 22), topologijo zvezde (slika 23), topologijo obroča (slika 24) ali katerokoli od kombinaciji omenjenih topologiji. Na podlagi svetlobnih diod na prednji strani pretvornika lahko tudi diagnosticiramo delovanje oz. morebitne napake v povezavah.



Slika 21: Pretvornik OLM/G12

1. Topologija vodila

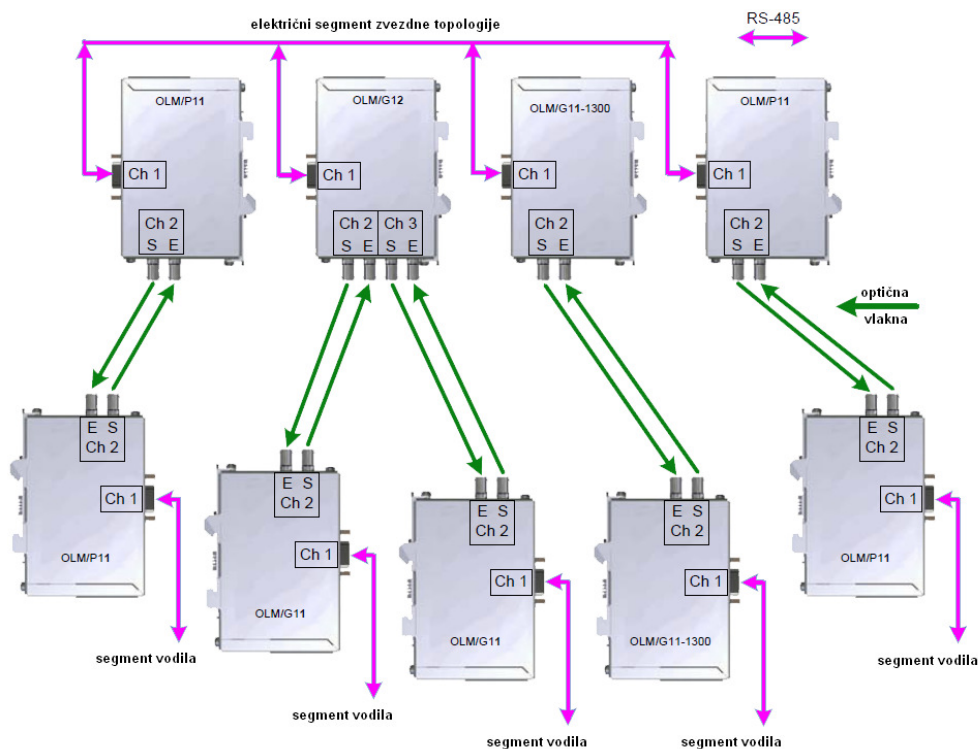
Pri topologiji vodila so posamezni moduli med seboj povezani z dvema optičnima vlaknoma. Začetni in končni modul imata lahko le en optični kanal, vsi vmesni moduli pa morajo imeti obvezno dva optična kanala, razen v primeru, če med seboj povežemo le dva modula.



Slika 22: Topologija vodila

2. Topologija zvezda

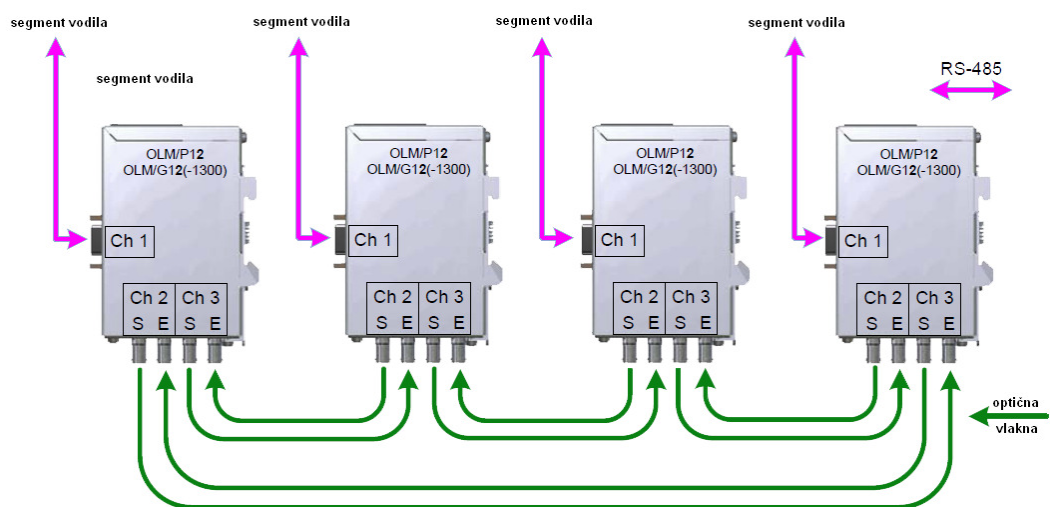
Pri topologiji zvezda je več modulov med seboj povezanih preko RS-485 kanalov in skupaj tvorijo električni segment zvezdne topologije. Vsi ostali moduli pa so na ta segment priključeni preko optičnih kanalov z dvema optičnima vlaknoma. Pri takšni vezavi lahko v električnem segmentu med seboj povežemo tudi različne vrste OLM modulov, ki so namenjeni povezavi z različnimi optičnimi vlakni (steklenimi, PCF, plastičnimi), pomembno je le, da je modul iz optičnega segmenta enak kot modul v električnem segmentu, na katerega je povezan.



Slika 23: Topologija zvezda

3. Topologija obroč

Topologija obroča je nekakšna posebna oblika topologije vodila, le da je končni modul neposredno povezan z začetnim. S tem dosežemo večjo zanesljivost omrežja, saj ob morebitni prekinitvi ene od optičnih povezav moduli lahko nemoteno komunicirajo prek druge linije. V takšnem primeru iz topologije obroča nastane klasična linearna povezava (topologija vodila). Za izvedbo topologije obroča potrebujemo obvezno vse module z dvema optičnima kanaloma.



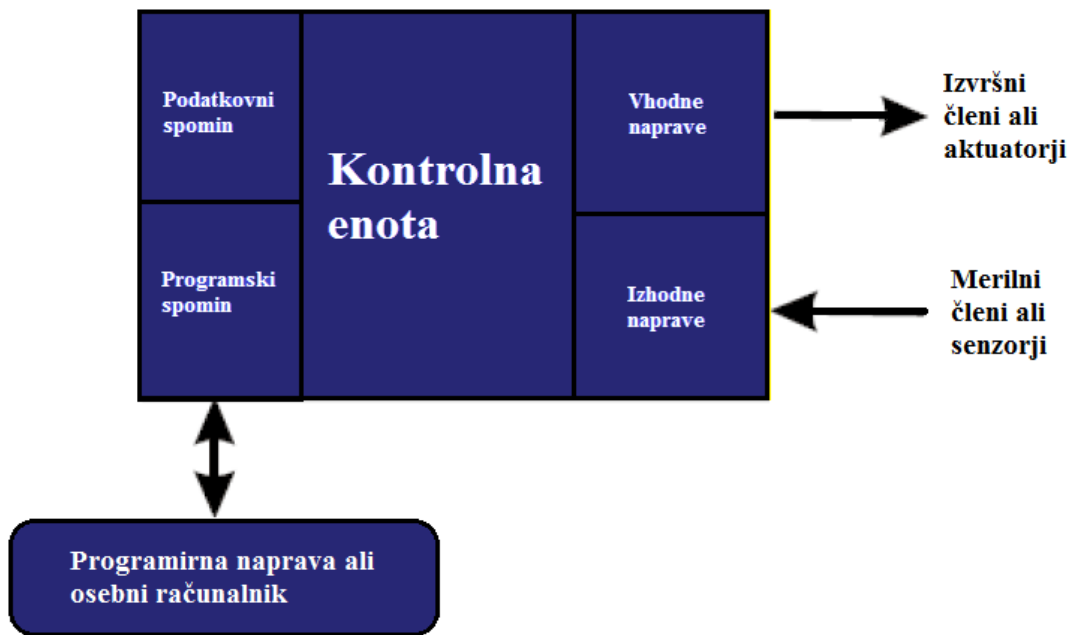
Slika 24: Topologija obroč

7 PROGRAMABILNI LOGIČNI KRMILNIK

Prvi programabilni logični krmilniki so se pojavili konec šestdesetih let in tako začeli izpodrivati klasična relejna ožičena krmilja. Danes si avtomatizirane industrije brez krmilnikov praktično ne moremo več zamisliti. Razširili so se na vsa področja avtomatizacije, prilagojeni so industrijskemu okolju in predvsem uporabniško orientirani. Poleg tega, da jih lahko uporabljamo kot decentralizirane naprave, jih odlikuje še njihova robustnost, enostavna vgradnja, modularna zgradba in možnost programiranja z različnimi jeziki.

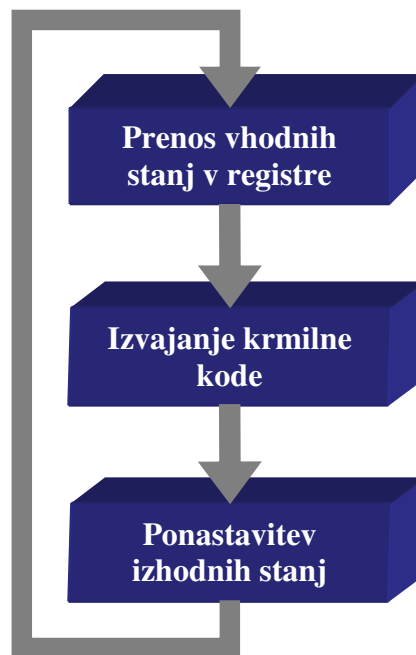
Danes se je na področju programabilnih logičnih krmilnikov uveljavilo veliko število proizvajalcev, ne glede na to, da vsak proizvajalec izdeluje več tipov krmilnikov glede na potrebe, pa se v podjetjih ponavadi oblikuje nek interni standard glede uporabe krmilnikov. Podjetja se navadno odločajo za krmilno opremo le enega proizvajalca, saj to poleg večje medsebojne kompatibilnosti krmilniških sistemov omogoča tudi lažje vzdrževanje. V podjetju Salanit Anhovo se je oblikoval standard na osnovi Siemensovih krmilnih sistemov, zato se bom v nadaljevanju diplomskega dela osredotočil na opremo tega proizvajalca. Siemens je eden vodilnih proizvajalcev krmilniške opreme v svetu, celotna paleta izdelkov namenjena avtomatizaciji procesov pa je označena pod imenom SIMATIC. V to skupino spadajo krmilniki, programabilne naprave, krmilniška programska oprema, operacijski paneli itd.

Programabilni logični krmilnik je neke vrste industrijski računalnik brez tipkovnice in zaslona, prilagojen za realizacijo številnih funkcij s področja avtomatizacije v proizvodnih procesih, kot so krmiljenje, regulacija ali pa samo zajemanje podatkov, kot je to v našem primeru. Osnovne enote, ki sestavljajo krmilniški sistem (slika 25), so centralna enota, programski spomin, podatkovni spomin ter vhodne in izhodne enote. Poleg tega lahko sistem sestavljajo še programirna naprava ali osebni računalnik, ki ga uporabljamo za pisanje, popravljanje, nalaganje in testiranje programa ter ostale periferne, komunikacijske in druge enote.



Slika 25: Struktura krmilnika

Krmilniki delujejo v realnem času, kar pomeni, da se odziv na izhodu pojavi takoj po spremembi stanja na vhodu. Deluje na osnovi programa (krmilne kode), ki ga navadno preko programirne naprave prenesemo v EPROM pomnilnik, iz katerega ga krmilnik ob zagonu naloži v RAM pomnilnik, kjer ga nato obdeluje. Program se v krmilniku izvaja ciklično (slika 26). V vsakem ciklu krmilnik najprej prebere stanja na vhodih in jih prenese v ustrezne vhodne registre. Nato program na podlagi vrednosti v vhodnih registrih določi vrednosti izhodnih registrov, zatem pa jih krmilnik prepíše na izhode. Krmilnik to izvaja neprekinjeno, dokler ne pride do napake ali izgube napajanja. V takšnem načinu izvajanja pa se lahko pojavijo tudi določene težave. V primeru, da se na vhodu pojavijo spremembe v času, ki je manjši od odzivnega časa krmilnika, se lahko zgodi tudi, da krmilnik teh sprememb ne bo zaznal (Furlan, 2010).



Slika 26: Potek krmilnega cikla

Program v krmilniku je krmilna koda v obliki funkcije, ki jo krmilnik kliče na točno določenem mestu znotraj izvajalnega cikla. Programska koda je lahko napisana z različnimi metodami. Metode so standardizirane, najpogosteje uporabljene pa so:

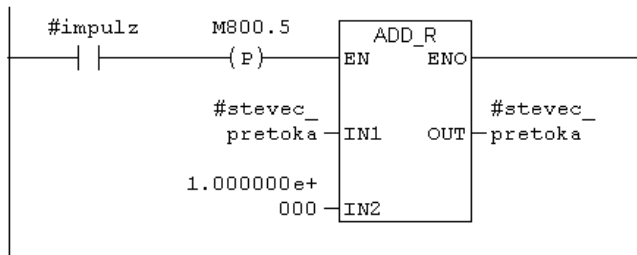
- lestvični diagram LAD (ang.: Ladder Diagram),
- funkcijski blokovni diagram FBD (ang.: Function Block Diagram),
- strukturiran tekst STL (ang.: Statement List).

1. Lestvični diagram – LAD

Lestvični diagram je grafični programski jezik, pri katerem so ukazi predstavljeni s simboli, ki izhajajo iz stikalne (relejske) tehnike. Osnovna elementa stikalnega diagrama sta delovno in mirovno stikalo. Programiranje po tej metodi je lahko predstavljivo in se ga da dokaj hitro priučiti. Primer programske kode v lestvičnim diagramom je prikazan na sliki 27.

Network 5 : Title:

Števec pretoka.



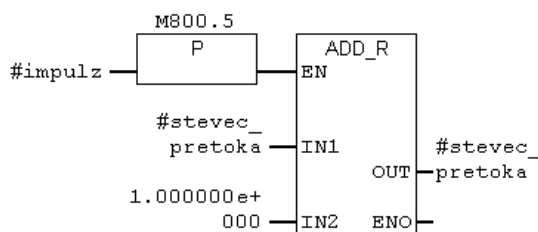
Slika 27: Lestvični diagram

2. Funkcijski blokovni diagram – FBD

Funkcijski diagram je programski jezik, pri katerem so ukazi predstavljeni s standardnimi grafičnimi simboli. Tudi ta metoda je enostavna in hitro razumljiva, sam program pa je zelo pregleden, kar nam olajša odkrivanje napak v procesu. Pri tem programskem jeziku lahko z osnovnimi gradniki zgradimo tudi kompleksnejše funkcije, ni pa najbolj primeren za izvajanje kompleksnejših računskih operacij. Primer programske kode v funkcijskem blokovnem diagramu je prikazan na sliki 28.

Network 5 : Title:

Števec pretoka.



Slika 28: Funkcijski diagram

3. Strukturiran tekst – STL

Strukturiran tekst je programski jezik, pri katerem ukaze vnašamo v tekstovni obliki. Prednost te metode je v hitrem izvajanju programa, saj sta optimizirana tako čas kot raba pomnilnika. Struktura jezika je zelo podobna strojnemu jeziku, vsak ukaz pa je

sestavljeno iz operacijske kode in operanda. Ob vsakem ukazu lahko vpišemo še dodatno označbo, ki jo lahko uporabljamo za sklicevanja, na primer ob pogojnih skokih. Kljub temu, da ta metoda omogoča tudi vpis komentarjev ob vsakem ukazu, pa je nepreglednost in težavno odkrivanje napak v procesu njena največja slabost. Primer programske kode v strukturiranem tekstu je prikazan na sliki 29.

```
Network 5 : Title:
Števec pretoka.
A      #impulz
FP     M      800.5
JNB    _009
L      #stevec_pretoka
L      1.000000e+000
+R
T      #stevec_pretoka
_009: NOP  0
```

Slika 29: Strukturiran tekst

Primeri prikazani na slikah 27, 28 in 29 prikazujejo isto funkcijo, ki je del programa namenjenega merjenju porabe industrijske vode le, da so funkcije napisane po različnih metodah.

7.1 Krmilniški sistem Siemens SIMATIC

Siemens je s krmilniško opremo SIMATIC želel zadostiti predvsem trem osnovnim ciljem (Siemens, 2008):

- vnos podatkov se vrši le enkrat, takoj zatem pa so podatki dostopni vsem komponentam sistema,
- za programiranje in projektiranje zadošča en programski paket (Step7),
- omrežje za komunikacijo med posameznimi komponentami sistema je enotno in preprosto.

Siemensovo paleto krmilniških sistemov sestavljajo tri osnovne skupine, vsako od skupin pa več različnih krmilnikov (Siemens, 2005):

SIMATIC S7-200 predstavlja spodnjo cenovno skupino krmilnikov in dodatnih modulov za avtomatizacijo enostavnih in krmilnih in regulacijskih nalog različnih

procesov. To skupino odlikuje predvsem nezahtevnost za njihovo programiranje. Krmilniki S7-200 so v kompaktni izvedbi.

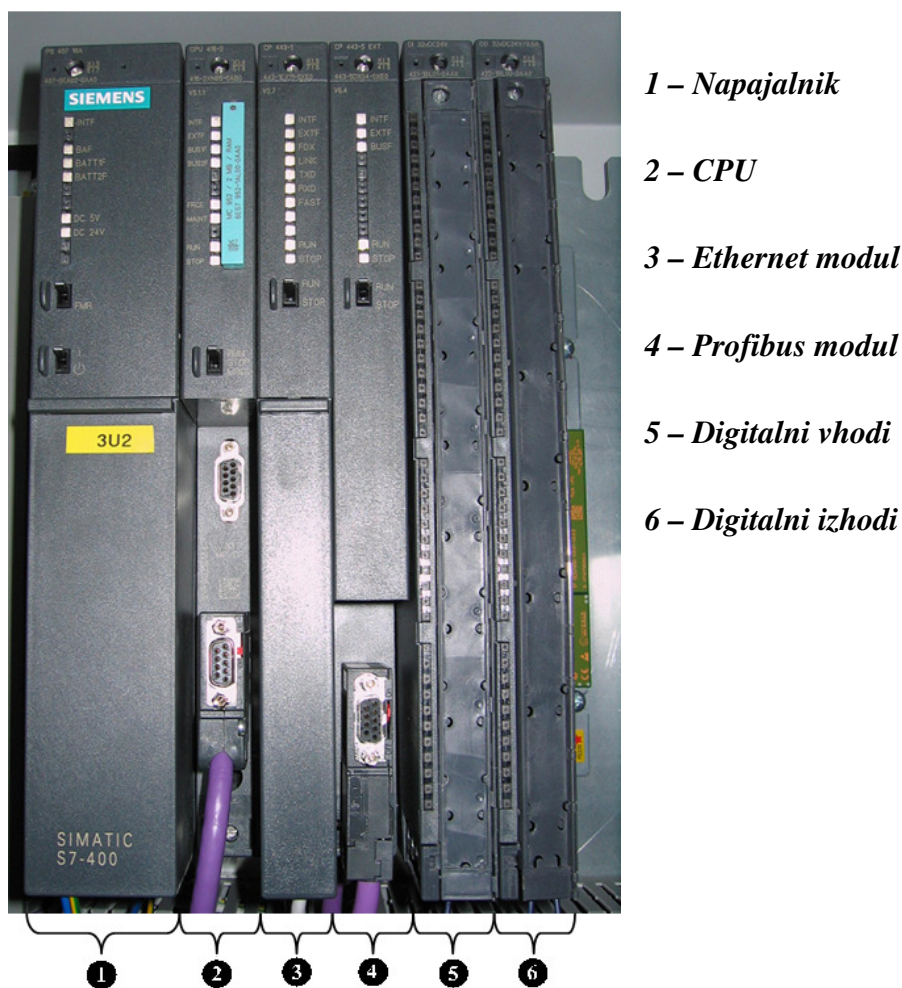
SIMATIC S7-300 predstavlja srednjo cenovno in zmogljivostno skupino izdelkov za avtomatizacijo srednje zahtevnih krmilnih in regulacijskih nalog različnih procesov. Krmilniki S7-300 so v modularni izvedbi.

SIMATIC S7-400 predstavlja zgornjo cenovno in zmogljivostno skupino izdelkov za avtomatizacijo najzahtevnejših krmilnih in regulacijskih nalog različnih procesov. Krmilniki S7-400 so v modularni izvedbi.

Pri modularnih krmilniških sistemih potrebne komponente izberemo glede na potrebe, ki jih projekt zahteva. Običajno krmilniški sistem sestavljajo naslednje komponente:

- napajalna enota,
- centralno procesna enota,
- periferne enote,
- povezovalni moduli,
- funkcijski moduli,
- komunikacijski moduli.

Glede na to, da bo v Salonitu Anhovo spremljanje porabe industrijske vode na objektu mlinica surovin potekalo preko obstoječega krmilniškega sistema SIMATIC S7-400 (slika 30), bom v nadaljevanju opisal komponente iz tega sistema, ki so uporabljene pri izvedbi omenjenega projekta.



Slika 30: Obstoječi krmilniški sistem SIMATIC S7-400

7.1.1 Centralno procesna enota CPU 416-2

Centralno procesna enota predstavlja jedro vsakega krmilniškega sistema. Ustrezno centralno procesno enoto izberemo glede na potrebe in zahtevnost procesa, ki naj bi ga krmilnik vodil. Čim močnejši je procesor, tem krajši so obdelovalni cikli in tem večji je njegov pomnilnik. Tako se tudi število drugih naprav in razširitvenih modulov ustrezno poveča. V nadaljevanju so opisane nekatere lastnosti in karakteristike centralno procesne enote CPU 416-2, ki je uporabljena v projektu, ki je tema tega diplomskega dela.

CPU 416-2 je centralno procesna enota, ki sama že omogoča dvojno Profibus DP komunikacijo. Ima en standardni DP priključek, drugi MPI/DP pa lahko po želji nastavimo ali MPI (ang. Multi Point Interface), ki služi za priključitev več različnih

naprav, kot so programirne naprave, operacijski paneli, krmilni sistemi ipd. ali DP. Ima 5,6 MB integriranega spomina (2,8 MB podatkovnega in 2,8 MB programskega spomina), za delovanje pa potrebuje še razširitveni spomin, katerega maksimalna velikost je lahko 64 MB. CPU 416-2 omogoča še (Siemens, 2005):

- najhitrejšo izvedbo bitne operacije v 30 ns,
- najhitrejšo izvedbo besedne operacije v 30 ns,
- najhitrejšo izvedbo standardne aritmetične operacije v 30 ns,
- najhitrejšo izvedbo aritmetične operacije s plavajočo vejico v 90 ns,
- uporabo do 131071 spominskih bitov,
- uporabo do 2048 števecv (štetje od 0 do 999),
- uporabo do 2048 časovnikov (časi nastavljivi od 10ms do 9990s),
- uporabo do 53 organizacijskih blokov (OB),
- uporabo do 5000 funkcijskih blokov (FB),
- uporabo do 5000 funkcij (FC),
- uporabo do 10000 podatkovnih blokov (DB).

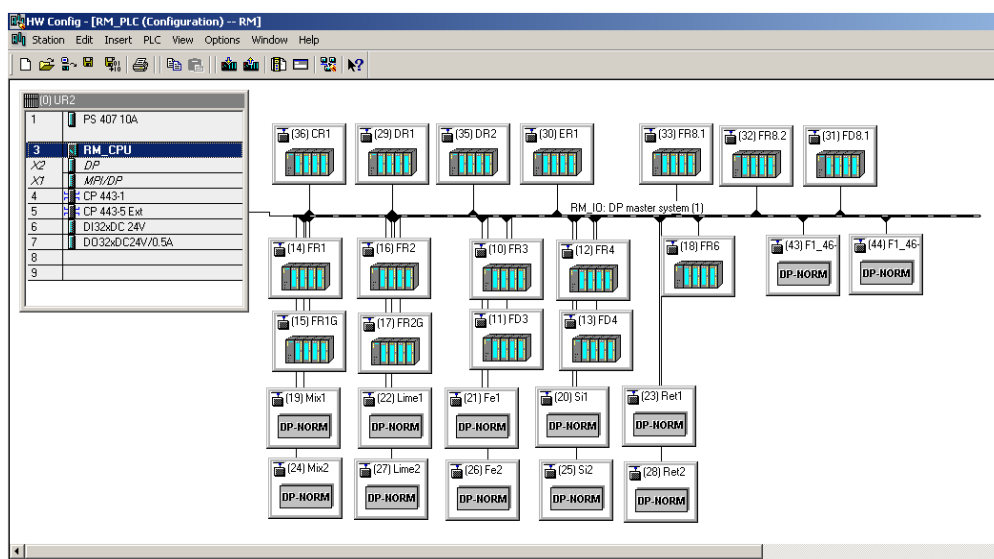
7.1.2 Profibus komunikacijski modul CP 443-5

CP 443-5 je komunikacijski procesor, ki omogoča priključitev krmilnikov serije S7-400 na Profibus mrežo, obenem pa predstavlja razbremenitev krmilnika komunikacijskih nalog s Profibus mrežo. Poleg komunikacije z decentraliziranimi sistemi omogoča tudi komunikacijo s programirnimi napravami, operacijskimi paneli ter medkrmilniške komunikacije. Ker Profibus mreža predstavlja tipičen master-slave sistem, je v takšni mreži komunikacijski procesor CP 443-5 master, ostala periferija pa slave. Hitrost izmenjave podatkov je od 9,6 kbit/s do 12 Mbit/s in zavisi od strukture Profibus mreže. CP 443-5 podpira tudi zagon pod procesov korak za korakom, kar pomeni, da lahko vklopimo ali izklopimo slave Profibus enote med samim obratovanjem, ne da bi zaustavili krmilnik. Komunikacijski procesor tudi posreduje dnevni čas iz krmilnika na Profibus mrežo, kar zagotavlja časovno sinhronizacijo med vsemi sistemi v Profibus mreži (Siemens 2007).

Komunikacijski procesor kakšnih večjih konfiguracij znotraj krmilnega sistema ne zahteva, treba mu je le določiti Profibus naslov ter izbrati pravilen model. To storimo

v programskem orodju Simatic Manager. Nastavitev Profibus naslova se skupaj z ostalimi lastnostmi komunikacijskega procesorja shrani v centralno procesno enoto krmilnika in se tam ohrani tudi ob izpadu krmilnika, kar omogoča zamenjavo komunikacijskega procesorja, ne da bi bilo potrebno ponovno naložiti konfiguracijske podatke s programirno napravo.

Preko Profibus komunikacijskega procesorja lahko z nadzornega računalnika, v kombinaciji z ethernet komunikacijskim procesorjem CP 443-1, dostopamo do vseh naprav v Profibus mreži, kar omogoča konfiguriranje in diagnosticiranje omenjenih naprav z enega mesta. Primer dostopanja do Profibus naprav z nadzornega računalnika je prikazan na sliki 31. Slika prikazuje naprave, ki so preko komunikacijskega procesorja CP 443-5 priključene na Profibus mrežo krmilnika mlinice surovin, v programskem orodju Simatic Manager.



Slika 31: Konfiguriranje in dostop do naprav priključenih na Profibus mrežo

7.1.3 Ethernet komunikacijski modul CP 443-1

CP 443-1 je komunikacijski procesor zasnovan za priključitev krmilnikov serije S7-400 na industrijsko Ethernet mrežo preko protokolov TCP/IP, ISO ali UDP. Prva dva se uporablja tudi v Salonitu Anhovo za povezavo krmilnikov z nadzornim sistemom. Poleg uporabe za povezavo z nadzornim sistemom se CP 443-1 lahko uporablja tudi za medkrmilniške povezave ter povezave z operacijskimi paneli in programirnimi napravami.

S priključitvijo krmilnikov na industrijsko mrežo poleg povezave z nadzornim sistemom zagotovimo tudi oddaljeni dostop z enega mesta do vseh krmilnikov ter v kombinaciji s komunikacijskim procesorjem CP 443-5, preko Profibus mreže, tudi do vseh ostalih naprav povezanih v Profibus mrežo. S tem si bistveno olajšamo delo ob spreminjanju programskih kod krmilnika ali ob iskanju napak, saj nam s programirno napravo oz. PC-jem ni treba oditi na objekt, kjer se krmilnik nahaja, pač pa to lahko vedno storimo z enega mesta.

CP 443-1 ima svoj lasten procesor in razbremeni centralno procesno enoto krmilnika komunikacijskih nalog z Ethernet mrežo. Konfiguracija ethernet komunikacijskega procesorja ni zahtevna. V Simatic Managerju mu je treba le določiti IP naslov ter izbrati pravilen model. Podobno kot pri Profibus komunikacijskem procesorju se tudi pri Ethernet komunikacijskem procesorju nastavitve shranijo v centralno procesni enoti krmilnika tako, da nam ga ob morebitni zamenjavi ni potrebno ponovno konfigurirati.

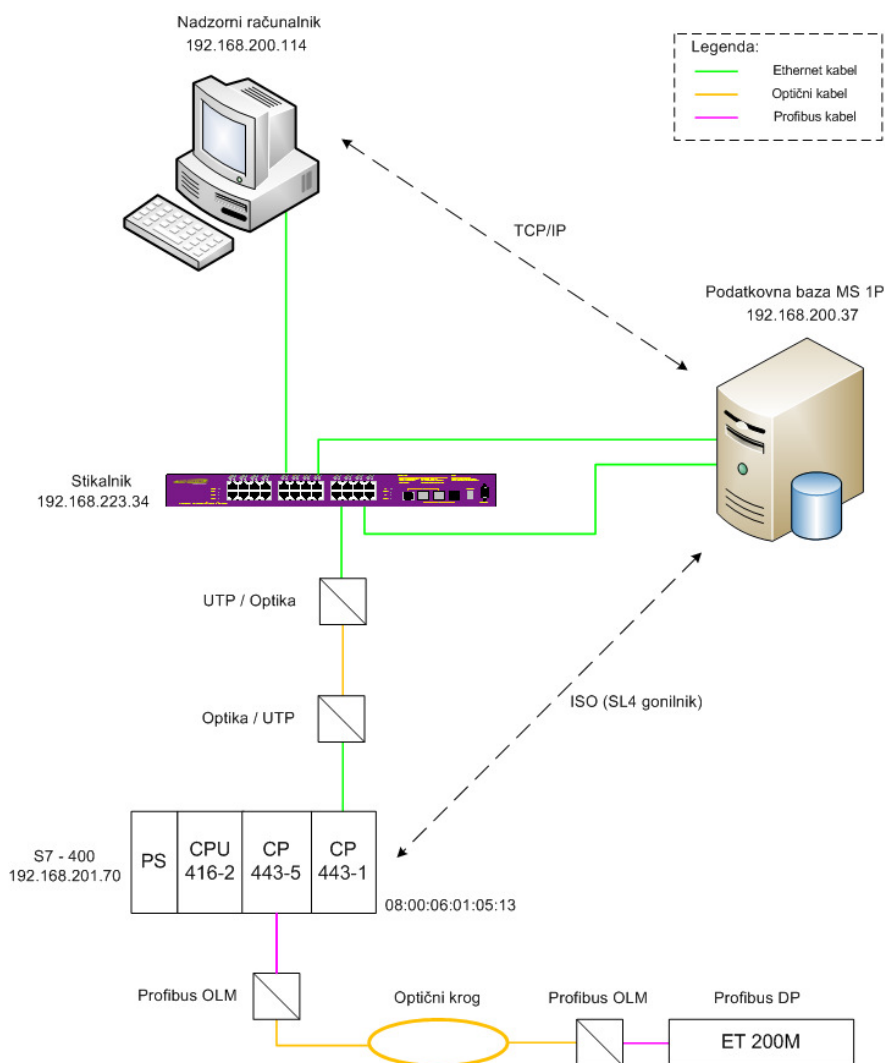
S programskim orodjem Simatic Manager ali spletnim brskalnikom lahko preko Ethernet komunikacijskega procesorja dostopamo do različnih informacij, kot so:

- operacijski statusi komunikacijskega procesorja,
- diagnostika krmilnika,
- diagnostika priključenih naprav,
- diagnostika povezav,
- informacije o vsakem posameznem portu stikalnikov,
- splošne diagnostike in statistike.

7.1.4 Prenos podatkov iz krmilnika na nadzorni računalnik

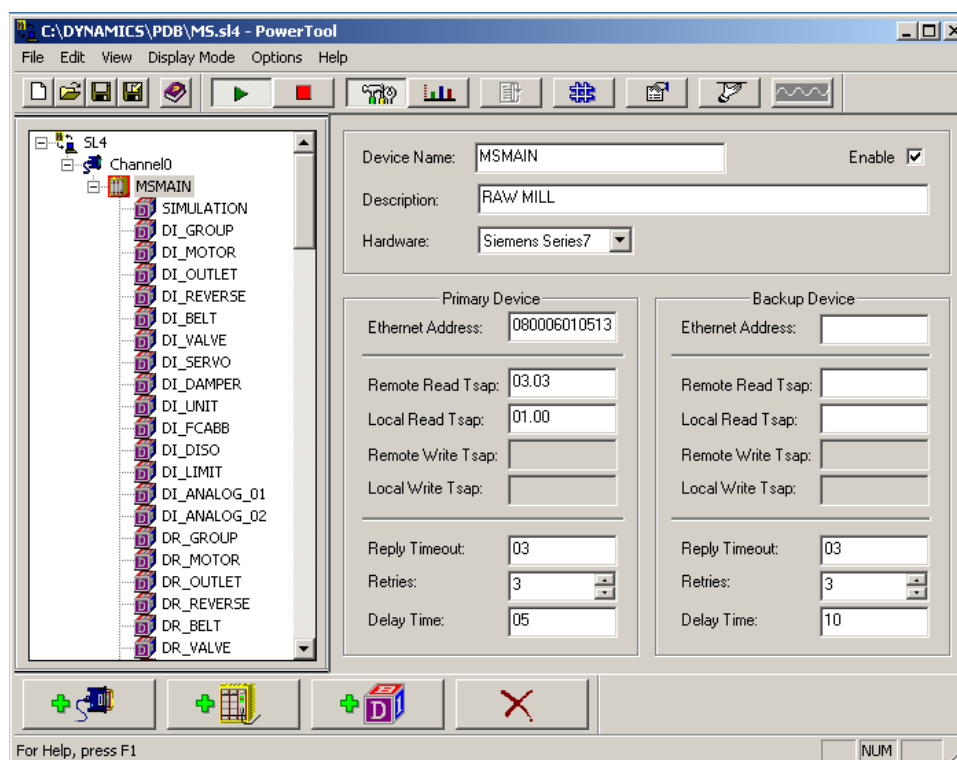
Prenos podatkov iz krmilnika na nadzorni računalnik poteka po Ethernet mreži, o kateri je bilo več opisano v poglavju 4.3. Glavni vmesni člen pri prenosu podatkov s krmilnika na nadzorni računalnik je podatkovna baza. Podatkovna baza je računalnik, ki komunicira z nadzornim računalnikom in krmilnikom. Nadzorni računalnik in krmilnik sta zaradi varnosti in boljše pretočnosti podatkov povezana v dve različni mreži. To nam zagotavlja, da v primeru izpada nadzorne mreže (mreža 200), krmilniška (mreža 201) še vedno deluje in tako ne pride do izpada celotnega

procesa. Istočasno pa se tudi optimizira pretočnost podatkov, saj komunikacija med krmilnikom in podatkovno bazo zahteva pogostejšo izmenjavo podatkov kot komunikacija med podatkovno bazo in nadzornim računalnikom. Ker se nadzorni računalnik in krmilnik nahajata v različnih mrežah, podatkovna baza potrebuje dve mrežni kartici, preko katerih lahko komunicira z obema. Celotna komunikacija poteka preko pametnega stikalnika, ki ga je mogoče programirati za več navideznih mrež. V našem primeru to pomeni, da so znotraj posameznega stikalnika programirane navidezna mreža 192.168.200.xxx, v katero so povezani nadzorni računalniki in podatkovne baze, navidezna mreža 192.168.201.xxx, v katero so povezani krmilniki, in mreža 192.168.223.xxx, v kateri so med seboj povezani stikalniki. Podrobnejši potek povezave med krmilnikom in nadzornim računalnikom je prikazan na sliki 32.



Slika 32: Prenos podatkov iz krmilnika na nadzorni računalnik

Prenos podatkov med nadzornim računalnikom in podatkovno bazo poteka po TCP/IP protokolu, o katerem je več opisano v poglavju 4.3. Prenos podatkov med podatkovno bazo in krmilnikom pa poteka po ISO protokolu na podlagi SL4 (ang. Siemens Layer 4) gonilnika. ISO protokol je protokol nižjega nivoja kot TCP/IP, saj nima mrežnega sloja (tretjega sloja) po ISO OSI referenčnem modelu. Prenos podatkov med napravami tako ne poteka na osnovi IP naslovov, pač pa le na osnovi MAC naslovov. Za takšen prenos podatkov med podatkovno bazo in krmilnikom skrbi SL4 gonilnik, ki ga pravilno konfiguriramo s programom SL4 PowerTool, kar je prikazano tudi na sliki 33. Gonilniku je potrebno določiti Ethernet naslov (MAC), tip krmilnika ter podatkovne bloke, iz katerih bo zajemal podatke. Vsakemu podatkovnemu bloku je nato potrebno določiti še ime, opis ter začetni in končni naslov v bloku.



Slika 33: Konfiguracija gonilnika SL4 s programom SL4 PowerTool

Količina podatkov, ki jih podatkovna baza lahko zajame, je odvisna od licence, ki jo imamo zakupljeno od proizvajalca podatkovne baze. V našem primeru licenca podatkovne baze omogoča zajem neomejenega števila podatkov.

8 PREIZKUŠANJE

Po zaključku in konfiguraciji vseh povezav od merilnika do krmilnika je sledil preizkus izvedenega projekta. Izdelali smo preprosto programsko kodo (priloga diplomskega dela), ki stalno šteje impulze iz modula PR7, ki se pojavijo ob vsakem pretečenem litru vode. Poleg stalnega števca porabe, programska koda omogoča še merjenje in prikaz trenutnega pretoka vode ter današnje in včerajšnje porabe.

Ob prvem priklopu so se pojavile manjše težave z branjem ure iz krmilnika, ki se uporablja za samodejno ponastavitev in prepis dnevnega števca ob nastavljeni uri. Z manjšim popravkom programske kode smo težave hitro odpravili tako, da se je preizkus lahko začel. Preizkus smo izvedli tako, da smo v podatkovnem bloku na naslov stalnega števca porabe vpisali točno takšno stanje, kot jo bilo v tistem trenutku na analognem merilniku porabe H4000. Preizkus smo izvajali deset dni in po desetih dneh stanje števca v krmilniku primerjali s stanjem na analognem merilniku.

Ugotovili smo, da se stanje števca v krmilniku po pretečenih 342.558 litrih, sodeč po stanju na analognem merilniku, razlikuje le za 57 litrov, kar predstavlja le 0,017 % odstopanje. Na podlagi dobljenega odstopanja med digitalno in analogno meritvijo smo prišli do zaključka, da je rezultat več kot zadovoljiv, saj ima po tovarniških specifikacijah analogni merilnik že sam po sebi ± 2 % odstopanje.

9 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu smo prikazali eno od možnosti daljinskega spremljanja porabe industrijske vode. Odločili smo se za možnost nadgradnje obstoječih analognih merilnikov, saj nam ti to omogočajo. S tem smo bistveno zmanjšali stroške v primerjavi z zamenjavo obstoječih merilnikov z novimi, ki že omogočajo daljinsko spremljanje porabe. Nadgrajeni merilnik je bilo treba preko že obstoječega Siemensovega krmilnega sistema povezati na industrijsko mrežo, zatem pa omogočiti še prikaz meritve na nadzornem sistemu.

Za bistvene naloge, ki sem jih pri tem moral izpeljati, bi lahko označil priklop oz. umestitev merilnika znotraj industrijske mreže, izdelavo programske kode, ter prenos podatkov iz krmilnika na nadzorni sistem. Zelo pomembna za uspešno izpeljavo projekta pa je bila ob nastanku problema zaradi prekratke dolžine impulzov tudi izdelava elektronskega vezja za podaljšanje dolžine impulza, ki sem ga izdelal ob pomoči sodelavcev iz oddelka elektronike.

Preizkus delovanja izvedenega projekta je pokazal zelo zadovoljive rezultate, saj smo glede na naše potrebe dobili skoraj zanemarljivo odstopanje v primerjavi z meritvijo na samem analognem merilniku porabe. Na podlagi dobljenih rezultatov bi lahko sklenili, da sta bila cilj in s tem tudi namen diplomskega dela izpolnjena.

Z izvedbo daljinskega spremljanja porabe industrijske vode smo bistveno poenostavili spremljanje, saj imamo sedaj na nadzornem sistemu podatek na voljo ob vsakem trenutku in tako ni potrebno več odčitavanje stanja na sami lokaciji. Kot zelo zanesljivo se je izkazalo tudi izdelano elektronsko vezje, ki je bilo zasnovano tudi z namenom filtriranja morebitnih motenj, saj smo že na začetku predvideli, da obstaja možnost pojavljanja nezaželenih impulzov zaradi motenj.

Glede na uspešnost projekta oz. zadovoljivost rezultatov je v Salonitu Anhovo predvidena povezava na nadzorni sistem tudi za vse ostale merilnike porabe industrijske vode, ki to omogočajo. To bo v končni fazi prineslo sprotno spremljanje porabe na vseh objektih v podjetju, kjer se uporablja industrijsko vodo.

10 LITERATURA

Čretnik, S. (2008). Pregled možnosti optičnih povezav. Svet elektronike, julij 2008, str. 22.

Elster (2008). H4000 Woltmann cold water meters. Pridobljeno 28.9.2010 s svetovnega spleta:

http://www.thaimeters.co.th/Datasheet_files/water%20meter/%206961%20H4000%20Brochure%20AW.pdf

Furlan, T. (2010). Programabilni logični krmilnik. Diplomsko delo. Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerze v Ljubljani. Ljubljana: [T. Furlan].

Industrijski ethernet. Pridobljeno 11.10.2010 s svetovnega spleta. http://www.tehna.si/default.asp?mID=sl&pID=Ethernet_IP

ISO/OSI referenčni model. Pridobljeno 10.10.2010 s svetovnega spleta: http://colos1.fri.uni-lj.si/ERI/RAC_SISTEMI_OMREZJA/html/racunalniska_omrezaja/isoosi_referenni_model.html

Quantization (signal processing). Pridobljeno 29.10.2010 s svetovnega spleta: http://en.wikipedia.org/wiki/Quantization_%28signal_processing%29

Senica, S. (2002). Komunikacije z elektromotorskimi pogoni. Avtomatika, 2002 (28), str. 43.

Siemens (2005). Simatic - Products for Totally integrated Automation and Micro Automation. Catalog ST70, str. 1/9–1.12, 5/24–5/28.

Siemens (2007). Industrial Communication for Automation and Drives. Catalog IK PI, str. 2/198–205, 4/47–49, 4/109–114, 5/216–221.

Siemens (2008). Industrial Communication. Brochure, str. 8–23.

Siemens (2008). Simatic PCS7 - Sistemi za vodenje. Tehnična brošura, str. 33–57.

Šepetavec, P. (2004). Ko se računalniki pogovarjajo med seboj. Monitor, januar 2004, str. 50–63.

Velikonja, A. (2006). Optična vlakna. Pridobljeno 12.10.2010 s svetovnega spleta: <http://dat.si/publikacije/Article/Opti--269-na-vlakna/39>

Vuk, T., Pešič, T., Reščič, L., Šuput, J. S. (1999). Cementi: vrste, lastnosti, uporabnost ter prilagajanje evropskim standardom. Gornja Radgona: MEGRA '99, zbornik referatov, str. 5–18.

Žmuc, J. (2003). Ethernet v sistemih avtomatizacije. Maribor: AIG '03, Zbornik 3. konference Avtomatizacija v industriji in gospodarstvu, str. 38–41.

PRILOGA 1: PROGRAMSKA KODA PRIKAZA PORABE

SIMATIC

RMRM_PLC\RM_CPU...FC800 - <offline>

12/06/2010 02:09:21 PM

FC800 - <offline>

"Impulzni števec"

Name: Family:
 Author: Erik Version: 0.1
 Time stamp Code: Block version: 2
 12/06/2010 02:08:53 PM

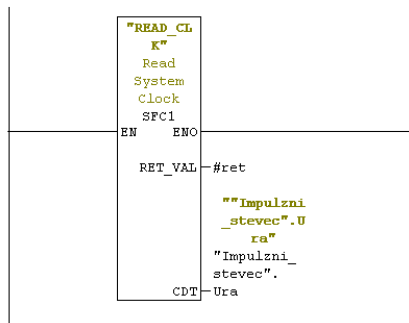
Lengths (block/logic/data): 00666 00498 00010

FC800 : IMPULZNI ŠTEVEC

Comment:

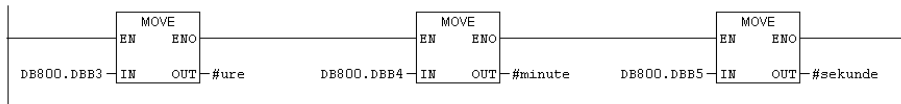
Network 1: Ura

Branje ure iz krmilnika.



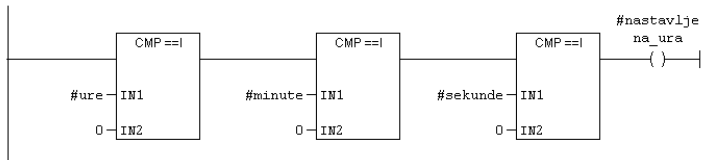
Network 2: Title:

Pretvorba Time_and_date formata v word.



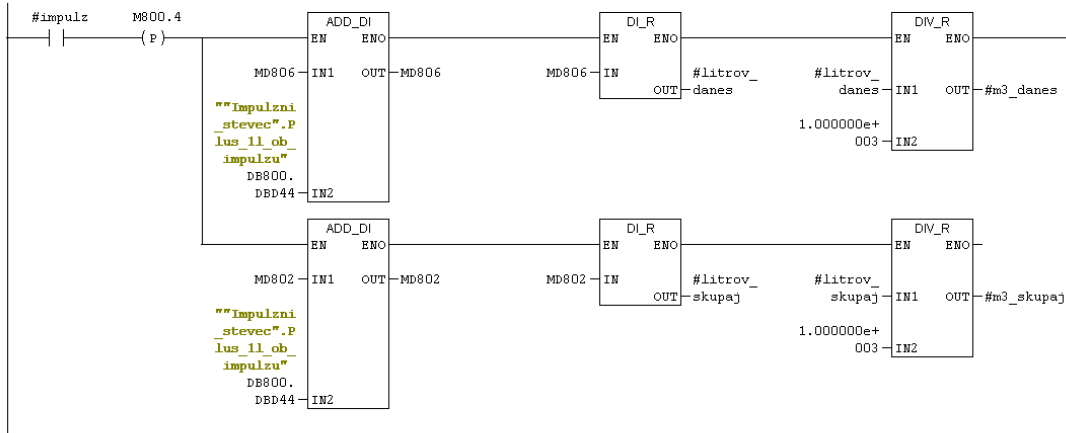
Network 3: Nastavitev ure

Nastavitev ure, ob kateri se prepíše današnja poraba v včerašnjo in opravi reset dnevnega števca.



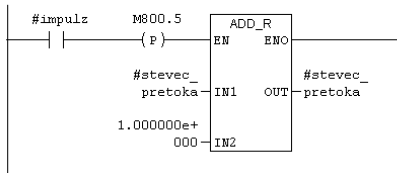
Network 4 : Števec porabe

Stalni in dnevni števec porabe v litrih oz. kubičnih metrih.



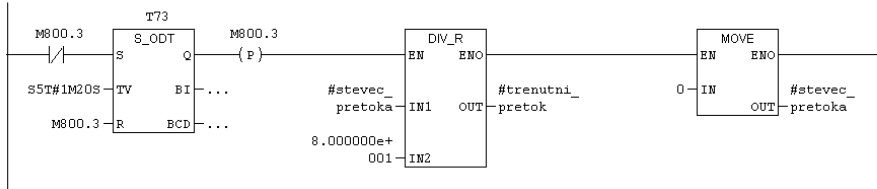
Network 5 : Števec za merjenje pretoka

Štetje impulzov.



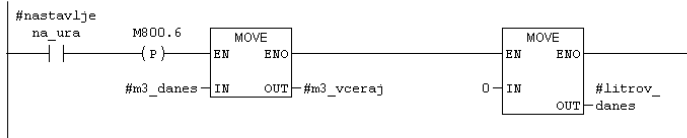
Network 6 : Title:

Trenutni pretok (povprečje v zadnjih 80 sekundah).



Network 7 : Prepis in reset dnevnega števca

Ob nastavljeni uri prepíše današnje porabo v včerajšnjo in resetira števec današnje porabe.



FC802 - <offline>

"Test_MS_Impulzni"

Name: Family:
 Author: Erik Version: 0.1
 Block version: 2
 Time stamp Code: 12/06/2010 02:14:03 PM

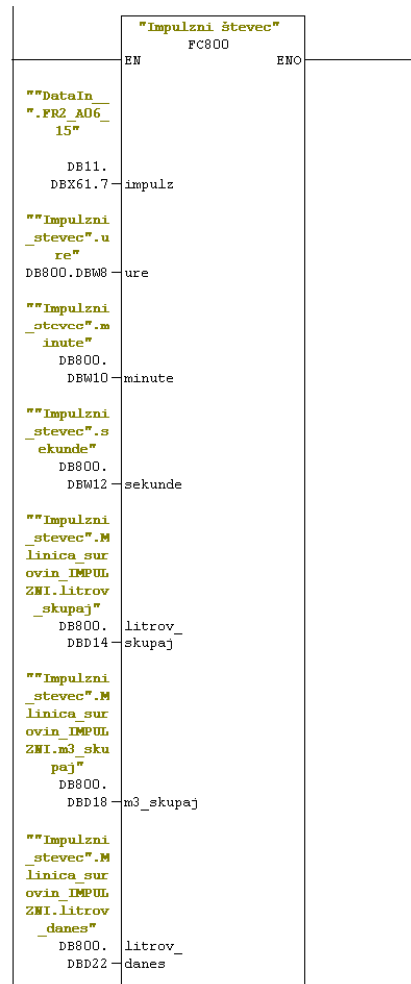
Lengths (block/logic/data): 00410 00316 00036

FC802 : IMPULZNI ŠTEVEC

Comment:

Network 1: Števec - mlinica surovin

Comment:



```
""Impulzni
  _stevec".M
linica_sur
ovnin_IMPUL
ZWI.m3_dan
  es"
DB800.
DBD26 |m3_danes

""Impulzni
  _stevec".M
linica_sur
ovnin_IMPUL
ZWI.stevec
  _pretoka"
DB800. |stevec_
DBD34 |pretoka

""Impulzni
  _stevec".M
linica_sur
ovnin_IMPUL
ZWI.trenut
  ni_pretok"
DB800. |trenutni_
DBD38 |pretok

""Impulzni
  _stevec".M
linica_sur
ovnin_IMPUL
ZWI.m3_vce
  raj"
DB800.
DBD30 |m3_vceraj
```

DB 800 - <offline> - Data view

"Impulzni števec"

Global data block DB 800

Name:
Author: Erik
Time stamp Code:

Family:
Version: 0.1
Block version: 2
Time stamp Code: 12/06/2010 02:12:18 PM

Lengths (block/logic/data): 00170 00048 00000

Block: DB800

Address	Name	Type	Initial v	Actual value	Comment
0.0	Ura	DATE_AND_TIME	DT#90-1-1	DT#90-1-1-0:0:0.000	
8.0	ure	INT	0	0	
10.0	minute	INT	0	0	
12.0	sekunde	INT	0	0	
14.0	Mlinica_surovin_IMPULZNI.litrov_skupaj	REAL	0.000000e	0.000000e+000	
18.0	Mlinica_surovin_IMPULZNI.m3_skupaj	REAL	0.000000e	0.000000e+000	
22.0	Mlinica_surovin_IMPULZNI.litrov_danes	REAL	0.000000e	0.000000e+000	
26.0	Mlinica_surovin_IMPULZNI.m3_danes	REAL	0.000000e	0.000000e+000	
30.0	Mlinica_surovin_IMPULZNI.m3_vceraj	REAL	0.000000e	0.000000e+000	
34.0	Mlinica_surovin_IMPULZNI.stevec_pretoka	REAL	0.000000e	0.000000e+000	
38.0	Mlinica_surovin_IMPULZNI.trenutni_pretok	REAL	0.000000e	0.000000e+000	
42.0	Vhodni_impulz	BYTE	B#16#0	B#16#0	
44.0	Plus_11_ob_impulzu	DINT	L#1	L#1	