

Povezava procesnega elementa v eksplozijsko ogroženem okolju

Janez Kokalj, univ.dipl.inž
ELSING Inženiring d.o.o. Ljubljana
Zasavska c. 95, Ljubljana
janez.kokalj@elsing.si

Communication with field devices in area with explosion risk

Abstract: Users in processing industry have to decide how to connect field devices. Remote I/O systems and Fieldbus bring huge cost savings compared to conventional cabling. On the other hand despite technical superiority of Fieldbus compared to RIO it has not succeeded in achieving the expected market breakthrough. Users are also confused by competition between two fieldbus standards.

1 Uvod

Procesni element, tako senzor (npr. merilnik tlaka, pretoka, itd.) kot aktuator (pozicioner, on/off ventil) je treba na nek način povezati z avtomatizacijskim sistemom, ki je lahko PLC, DCS ali PC (v nadaljevanju bomo uporabljali kar izraz "krmilnik"), s katerim vodimo celoten proces. To povezavo lahko realiziramo na različne načine.

V procesni industriji imamo pogosto opravka z eksplozijsko ogroženimi okolji, kar seveda pomeni dodatne zahteve. Pri procesnih instrumentih je navadno kot oblika zaščite uporabljena tehnika protieksplzijske zaščite "EExi - Lastna varnost". Ta oblika zaščite zahteva poleg posebnega procesnega elementa še dodatni, t.i. pridružen element. Pridružen element vgradimo v varno okolje. Njegova naloga je omejevanje električne moči na procesnem elementu pod tako mejo, ki ne more povzročiti eksplozije.

Vendar nam ne glede na ovire, ki jih postavlja protieksplzijska zaščita, ostajajo na razpolago različne oblike povezave procesnega elementa s krmilnikom:

- povezava procesnega elementa preko varnostnih barier oz. galvanskih ločilnikov na diskretne digitalne in analogne vhode/izhode krmilnika (bariere in krmilnik se nahajajo seveda v varnem okolju);

- povezava procesnega elementa neposredno na digitalne ali analogne vhode/izhode dislocirane enote, ki se nahaja kar v eksplozijsko ogroženem okolju, torej v bližini procesnega elementa; dislocirana enota RIO (remote I/O) je s krmilnikom, ki je v varni coni, povezana preko procesnega vodila;

- povezava procesnega elementa na krmilnik preko enega od procesnih vodil.

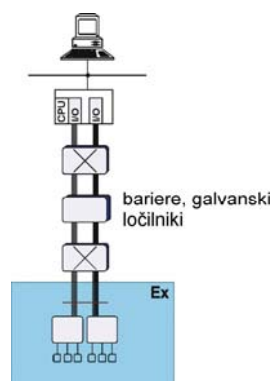
Vsaka od ponujenih možnosti prinaša določene prednosti in pomanjkljivosti. Katere so te? Kakšen je trend na tem področju?

2 Oblike povezav procesnega elementa s krmilnikom

Nekoliko podrobneje si oglejmo posamezne oblike povezav procesnih elementov s krmilnikom.

2.1 Povezava procesnega elementa preko varnostnih barier na I/O krmilnika

To najosnovnejšo izvedbo prikazuje slika 1:



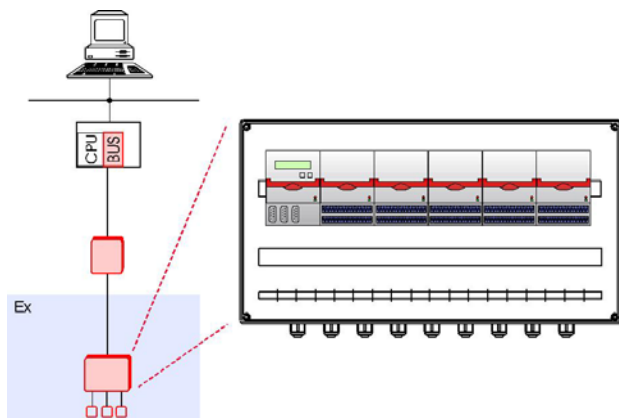
Slika 1: Klasični način povezave procesnih elementov na krmilnik

Značilnost takih povezav je množica kablov, ki potujejo med procesom (Ex okolje) in krmilnikom v varnem okolju, kot seveda tudi množica vrstnih sponk, varnostnih barrier oz. galvanskih ločilnikov. Taka izvedba je zato smiselna in upravičena le pri majhnem številu signalov in kratkih razdaljah med Ex in varnim okoljem.

Včasih pa to obliko povezave uporabljamo tudi v mešanih sistemih, ko imamo sicer večino procesnih elementov priključenih na RIO ali na procesna vodila. Kdaj? Predvsem takrat, kadar imamo opravka s takimi zahtevami za varnost, ki jih ti dve obliki (RIO, procesno vodilo) ne moreta ponuditi in kadar gre za posebne signale (npr. tehtalne celice, povezava med senzorjem in kalorimetričnim transmitrom,...). Seveda je treba poudariti, da taki signali običajno predstavljajo manjšino.

2.2 Povezava procesnega elementa na I/O dislociranih enot

Naraven cilj razmišljanja o tem, kako bi se znebili množice kablov za povezavo procesnih elementov s krmilnikom, je seveda ideja, da prestavimo I/O module krmilnika kar v proces. Nato te razpršene I/O module - RIO postaje povežemo s krmilnikom preko enega od procesnih vodil.



Slika 2: Povezava procesnih elementov na RIO

Namesto množice kablov, ki bi bili potrebni za povezavo procesnih elementov, priključenih na eno tako RIO postajo, ostajata samo še dva kablja: komunikacijski in napajalni. Izdelava

takega RIO sistema, ki ga lahko vgradimo v Ex okolje, pa seveda ni tako enostavna. Čeprav prvi poizkusi segajo že skoraj dve desetletji nazaj, pa so komercialno res uspešni sistemi na trgu šele dobrih pet let (npr. STAHL: I.S.1). Poudariti je treba, da je naloga takih RIO postaj le zbiranje in posredovanje podatkov iz procesa, medtem ko se program odvija v krmilniku v varnem okolju.

2.3 Povezava procesnega elementa na procesno vodilo

Glavni problem, t.j. množico kabljskih povezav, so torej že rešile RIO postaje. Želimo še kaj več? Včasih da.

Od merilnika tlaka npr. ne želimo le točnega podatka o trenutni vrednosti tlaka, pač pa želimo tudi vedeti, "kako se merilnik počuti". Želimo, da nam sporoči, če ima težave, da ga bomo lahko servisirali ali zamenjali, še preden bo prišlo do njegove okvare.

Od pozicionerja pričakujemo, da se bo znal sam preveriti, ko mu bomo to ukazali in da nam bo sporočil, če uspe dovolj natančno in dovolj hitro zavzeti vse možne lege.

Za take naloge pa seveda potrebujemo inteligentne merilnike in aktuatorje, ki se bodo znali s krmilnikom tudi ustrezno pogovarjati. Za to pa seveda ni dovolj signal 4-20mA, pač pa se zahteva hitra in zanesljiva komunikacija.



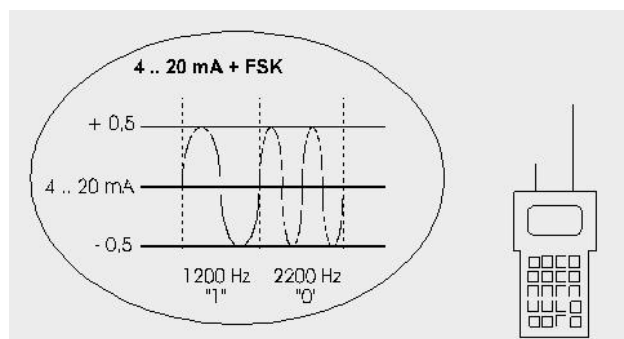
Slika 3: Povezava procesnih elementov na procesno vodilo

Pri tem imamo na razpolago veliko število procesnih vodil. Še preveč! A ne pozabimo, da se nahajamo v Ex okolju. To pa nam nabor vodil zniža na razumnejši nivo. Še vedno pa lahko izbiramo med zelo različnimi procesnimi vodili. Omenimo samo najbolj razširjene, ki so seveda odprti, torej nevezani na enega proizvajalca: HART, Profibus-DP, Profibus-PA, Foundation Fieldbus H1 (skrajšano FF). Najprej na kratko predstavimo ta vodila.

2.3.1 HART

Zaradi svoje enostavnosti je to najbolj razširjeno vodilo, ki se uporablja za povezavo procesnega elementa na krmilnik [3]. Komunikacija med "master" in "slave" poteka s pomočjo digitalnega signala, superponiranega na osnovni tokovni signal 4-20mA. Amplituda signala $I_{pp} = 1\text{mA}$. HART sicer omogoča različne topologije. Ker pa je relativno počasen (1,2kBit/s), je praktično vedno uporabljena "point to point" topologija, pri čemer se podatek glavne fizikalne veličine (npr. vrednost tlaka) prenaša z osnovnim signalom 4-20mA, digitalni signal pa se uporablja za parametriranje procesnega elementa in za njegovo diagnosticiranje.

Varnostne bariere oz. galvanski ločilniki (=pridruženi elementi), ki omogočajo komunikacijo z napravami v Ex okolju, so pri uporabi HART protokola le nekoliko modificirani pridruženi elementi za običajen analogni signal 4-20mA.



Slika 4: Procesno vodilo HART

2.3.2 Profibus-DP

To je standardizirano hitro komunikacijsko vodilo, namenjeno predvsem za komunikacijo med krmilniki oz. med krmilniki in RIO postajami [4]. Fizični medij, ki ga uporablja to vodilo, je lahko RS-485 ali pa optika.

RS-485 lahko v tehniki "lastna varnost - EExi" vodimo v Ex okolje, le omejiti mu moramo napetost, tok,..., kar storimo z vgradnjo pridruženega elementa. Poudariti pa moramo, da s tem nismo generirali nekega novega procesnega vodila, le moč tega vodila smo omejili.

Tudi optiko lahko vodimo v Ex okolje, a moramo tudi zanjo vgraditi pridružen element, ki jakost svetlobnega toka omeji na sprejemljiv nivo.

2.3.3 Profibus-PA

Profibus-PA je ena od aplikacij Profibus procesnega vodila, ki je s svojimi specifičnimi rešitvami (npr. s funkcijskimi programskimi bloki) namenjena za komunikacijo s procesnimi merilno-regulacijskimi (M&R) elementi [4].

Medij oz. fizično podlago za komunikacijo definira standard IEC1158-2, ki omogoča tudi lastnovarno (EExi) izvedbo. Predvsem pa je za ta standard pomembno, da komunikacija in napajanje potekata po isti parici, na katero se lahko priključi seveda tudi več elementov.

IEC1158-2 temelji na naslednjih osnovnih principih:

1. vsak segment ima samo en vir napajanja,
2. postaja, ki oddaja, ne vnaša na vodilo dodatne električne moči,
3. vsak procesni element porablja konstanten bazičen tok v stanju pripravljenosti,
4. vsak procesni element je pasivni element,
5. linija mora biti na obeh koncih zaključena s pasivnima terminatorjema,
6. dovoljena je linearna, drevesna ali zvezdasta topologija.

V stanju pripravljenosti črpa vsaka naprava v procesu bazični tok, ki znaša vsaj 10mA in iz

katerega se tudi napaja. Naprava, ki je v stanju oddajanja, oddaja komunikacijski signal z moduliranjem bazičnega toka s +/- 9mA. Hitrost prenosa pri standardu IEC1158-2 znaša 31,25 kBit/s. Ta hitrost prenosa pa za razliko od HART-a že omogoča tudi prenos podatka o glavni fizikalni veličini.

Kot smo omenili, standard IEC1158-2 omogoča navadno (ne Ex) in lastnovarno (EExi) izvedbo. Na en segment je lahko priključenih do 32 naprav (1 master + 31 slave). Pri EExi izvedbi pa predstavlja dodatno omejitev razpoložljiva moč na segmentu. Ker imamo pri EExi na razpolago do 100mA, poraba vsakega procesnega elementa pa je vsaj 10mA in ker mora napajalnik zagotavljati tudi tok 9mA za kompenziranje eventualnega okvarjenega elementa na segmentu, je dejansko možno priključiti na en EExi segment le 4 do 6 procesnih elementov.

2.3.4 FOUNDATION FIELDBUS H1

To procesno vodilo, ki ga skrajšano označujemo s FF, ni standardizirano kot celota, pač pa so standardizirani posamezni njegovi deli [5]. Tako je standardiziran medij prenosa in sicer z istim standardom, kot pri Profibus-PA: t.j. IEC1158-2. To pomeni, da za ožičenje procesnih elementov veljajo popolnoma enaka pravila pri obeh vodilih.

To vodilo pa se od Profibus-PA razlikuje po načinu delovanja. Če gre pri Profibus-PA za komunikacijo med "master" in "slave", gre pri FF za komunikacijo, ki poteka med "ponudnikom" in "naročnikom" in sicer po nekem urniku dovoljenja za pošiljanje. V praksi to pomeni, da bo npr. neka regulacija temperature, v katero sta vključena merilnik in regulacijski ventil, potekala znotraj teh dveh elementov, ne da bi bil s tem obremenjen krmilnik. Pri tem morata biti ta dva elementa priključena na isti segment.

2.3.5 Primerjava med procesnimi vodili

Iz te predstavitve vodil lahko zaključimo, da sta za povezavo procesnih elementov na procesno vodilo v Ex okolju primerni le dve

procesni vodili: Profibus-PA in FF. Samo ti dve vodili omogočata napajanje in komunikacijo po isti parici in obenem dovolj visoko hitrost komunikacije.

Ostaja pa torej dilema: Profibus-PA ali FF.

Najprej nas pritegne naprednejši način dela vodila FF, kjer se, kot že rečeno, izvaja velik del programa kar v samih procesnih elementih, kar seveda pomeni razbremenitev CPU. A moramo žal za to plačati ceno. Pri FF je količina prenesenih podatkov višja v primerjavi s Profibus-PA. To pa ima za posledico počasnejše delovanje. Pri času cikla pod 1s imamo pri FF lahko do 12 procesnih elementov na enem segmentu, pri Profibus-PA pa do 24 [2].

Profibus-PA je leto starejši od FF in tudi razpolaga z nekoliko večjim naborom elementov. Velja tudi prepričanje, da je Profibus-PA bolj dovršen kot FF.

Sicer pa se ne obremenjujmo z možnostjo izbire! Izbiri Profibus-PA ali FF bo dejansko pogojevala že izbira krmilnika: ameriški proizvajalci imajo bolj dodelan sistem s FF, evropski pa s Profibus-PA komunikacijo.

3 Izbira načina povezave procesnega elementa z avtomatizacijskim sistemom

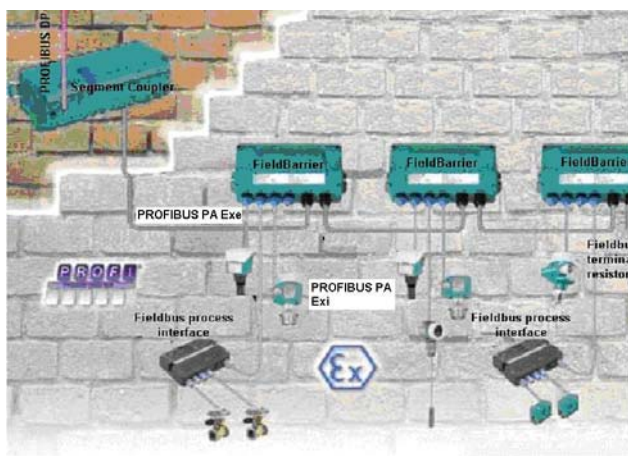
Od ponujenih treh možnosti je še najlažja odločitev, kdaj izbrati klasičen način povezave. Kot smo že povedali, je to smiselno le pri nizkem številu signalov (npr. pod cca 30) in kratkih razdaljah, ko je strošek kabliranja nizek.

Dilema RIO ali procesno vodilo pa je zahtevnejša. S prihodom RIO na trg je bil odpravljen glavni problem: množica kablov. Kot da je to vzelo vetra v jadra napovedim o rasti tehnično superiornjšega načina komunikacije preko procesnih vodil, saj so se te napovedi izkazale za preveč optimistične. V zvezi z odločitvijo: RIO ali procesno vodilo, je bilo napravljeno več primerjalnih študij, od kateri je najbolj poznana FuRIOS [1].

3.1 FuRIOS: Procesno vodilo ali RIO

FuRIOS (Fieldbus und Remote I/O Systemvergleich) študija je bila izdelana na konkretnem referenčnem objektu (kemična sinteza v farmaciji, Aventis, Frankfurt, 2002: 369 merilnikov in aktuatorjev s 821 I/O točkami). Ta objekt je bil realiziran sicer z RIO, nato pa je bila napravljena analiza, kako bi bilo, če bi bil realiziran s Profibus-PA. (Profibus-PA je bil izbran zaradi večjega števila naprav na trgu, ki izpolnjujejo evropske zahteve, a bi tudi s FF po prepričanju avtorjev dosegli precej podobne rezultate).

Posebej moramo takoj poudariti, da je bil Profibus-PA uporabljen v kombinaciji dveh tehnik protieksplzijske zaščite: "povečana varnost - EExe" in "lastna varnost-EExi".



Slika 5: Kombiniran segment za Profibus-PA: zaščiti EExe in EExi

To realiziramo tako, da na EExe segmente nanizamo bariere z več kanalnimi EExi izhodi - nekakšne T-člene, na katere nato priključujemo EExi procesne elemente. Taka arhitektura nam omogoča, da je faktor omejitve števila procesnih elementov na segment sam Profibus-PA in ne razpoložljiva moč. To dejstvo je tako pomembno, da bi sicer ob drugačni arhitekturi vsaka primerjava z RIO postala nekonkurenčna!

3.1.1 Rezultati študije

Študija je pokazala, da bi bil ta konkretni referenčni objekt uspešnejši, če bi bil realiziran s procesnimi vodili. Prihranek, sicer

malenkosten, bi bil celo že v fazi gradnje. A glavna prednost bi bila boljša funkcionalnost takega objekta (samotestiranje in diagnostika). Poglejmo, na katerih postavkah bi že pri gradnji največ privarčevali.

I/O sistem: Z uporabo vodil odpadejo vsi diskretni vhodi/izhodi v RIO oz. krmilnik, razen za procesne elemente, ki nimajo takega priključka, oz. nam to veleva zagotavljanje ustrezne varnosti. Res pa je, da potrebujemo več (dragih) komunikacijskih modulov in da so tudi sami procesni elementi, ki imajo možnost priključitve na procesno vodilo, dražji.

Projektiranje: Z uporabo vodil se napram RIO ni treba ukvarjati s tem, kam RIO postaje postaviti, kako jih oblikovati, kako procesne elemente razporediti med posamezne RIO postaje.

Programiranje: Z uporabo vodil je programiranje enostavnejše, ker vsak procesni element ne le vidimo "v notranjost", pač pa tudi zato, ker je ta slika pri vsakem procesnem elementu enaka, saj je standardizirana. Ne smemo pa pričakovati "plug and play", saj je potrebno uskladiti medsebojno delovanje posameznih procesnih elementov na vodilu, zelo veliko časa pa nam seveda lahko pobere, če hočemo izrabiti vse dodatne funkcionalnosti napram klasičnim 4-20mA instrumentom.

Kalibracija, kvalifikacija: Merilniki s procesnim vodilom pošiljajo rezultate meritev v absolutnih vrednostih, zato ni potrebna kontrola merilnih območij (npr. 4-20mA je 1-5 bar).

3.1.2 Odločitev

Seveda je vsaka taka študija tudi subjektivna. Nenazadnje tudi zato, ker so v njej sodelovali proizvajalce tovrstne opreme. Tudi avtorji študije priznavajo večjo naklonjenost procesnim vodilom. Priznavajo tudi, da nimajo posebnih praktičnih izkušenj z vodili. Izkušnje iz drugih primerov lahko kažejo v nekateri postavkah tudi drugačno sliko [2].

Poskusimo torej odgovoriti na paradoks, ki se zastavlja v študiji FuRIOS: zakaj RIO na trgu tako močno dominira, če pa je v tehničnem

smislu procesno vodilo naprednejša rešitev? Razlogi so nedvomno tako subjektivne kot objektivne narave.

Med subjektivne lahko štejemo nezaupanje do nove tehnologije, ki zahteva tudi spremembo načina razmišljanja tako pri zasnovi projekta, kot pri njegovi izvedbi in vzdrževanju.

Objektivni razlogi pa so predvsem naslednji:

Razmerje med analognimi in binarni I/O signali: Binarne signale, kot je npr. krmiljenje on/off ventilov in signaliziranje njihovega položaja, sicer lahko izvajamo preko procesnega vodila. Vendar moramo v tem primeru vgrajevati dodatne vmesnike. To seveda viša ceno in večja verjetnost napake. Tudi prednosti procesnih vodil, kot so diagnostika procesnih elementov itd., so v tem primeru brez koristi, saj prenašamo samo osnovni podatek.

Izbira avtomatizacijskega sistema: Prav je, da se odločimo za procesno vodilo, če bo za avtomatizacijski sistem izbran DCS, ki napram PLC nudi dodatna orodja za obdelavo podatkov, oz. če bomo razpoložljive podatke iz procesnih elementov tudi dejansko obdelovali. To seveda pomeni tudi dražjo programsko opremo. V praksi se namreč pogosto dogaja, da se navdušen investitor sicer odloči za procesna vodila, pri tem pa izdelovalcu programske opreme ne definira zahtev, ker jih niti ne zna. Iz procesnega elementa pa se nato "po liniji najmanjšega napora" prebira le podatek o merjeni veličini.

Digitalna komunikacija: Na RIO lahko priključujemo tudi analogne procesne elemente s HART komunikacijo. Danes je že skoraj vsak element 4-20mA avtomatično opremljen s to komunikacijo. Parametriranje in diagnostiko teh elementov lahko izvajamo tako tudi preko RIO in to ni nekaj, kar bi bilo rezervirano izključno za Profibus-PA in FF. Hitrosti so pri HART-u res nižje, a nas to pri teh funkcijah nič ne moti.

Razpoložljivost procesnih elementov: Za marsikatero meritev (še) ne obstaja ustrezen

merilnik, ki bi ga lahko priključili na procesno vodilo.

Nivo zahtevane varnosti sistema (SIL-Safety Integrity Level po IEC 61508): na trgu so RIO z moduli, ki dosegajo SIL2 in celo SIL3, s procesnim vodilom pa trenutno še ne dosegamo niti SIL1 [2].

Zanimati nas morajo torej razlogi v prid eni ali drugi rešitvi. Na osnovi teh argumentov moramo iskati rešitev za naš konkreten primer.

Seveda pa se nam ni treba odločiti ali samo za eno ali samo za drugo varianto. V praksi so večji projekti kombinirani: določene tipe procesnih elementov npr. pozicionerje ali merilnike pretoka priključimo na procesno vodilo, ostale signale pa na RIO.

4 Povzetek

Conventional cabling of field devices is reasonable only in applications with small number of devices.

In order to help in decision Remote I/O systems or Fieldbus some companies in Germany performed a system comparison. This project - called FuRIOS - based on a real reference plant. The authors concluded that Fieldbus would be in this plant a better solution.

But every project is unique. Advantages and disadvantages must be discussed for each one separately.

5 Literatura

- [1] W. Schmieder in T. Tauchnitz, *FuRIOS: Feldbus und Remote I/O - ein Systemvergleich*, Automatisierungstechnische Praxis 44 (2002)
- [2] Susane Zinckgraf, *Namur-Hauptsitzung 2004: Profibus PA and Foundation Fieldbus im Praxistest*, Chemie Technik Nr.12 2004
- [3] www.hartcomm.org
- [4] www.profibus.com
- [5] www.fieldbus.org