

## Aplicația I.2

### STUDIUL UNUI TRADUCTOR DE PRESIUNE CU ELEMENT SENSIBIL PIEZOREZISTIV

#### 2.1. Principiul lucrării

În lucrare se studiază construcția și funcționarea unui traductor de presiune relativă SITRANS P, Serie MS, tip 7MF4013 (fabricație SIEMENS), cu element sensibil de tip piezorezistiv. Trebuie menționat faptul că, pe același principiu constructiv, se realizează și traductoare de presiune absolută, de presiune diferențială, de debit (prin asociere cu dispozitive de strangulare), de nivel de lichid, de densitate.

Traductorul studiat măsoară presiunea relativă (diferența dintre presiunea din proces și presiunea atmosferică), pe care o convertește în semnal electric unificat în gama  $4 \div 20$  mA cc. Lanțul de transformări este următorul: diferență de presiune  $\rightarrow$  forță  $\rightarrow$  modificare de rezistivitate electrică  $\rightarrow$  curent electric.

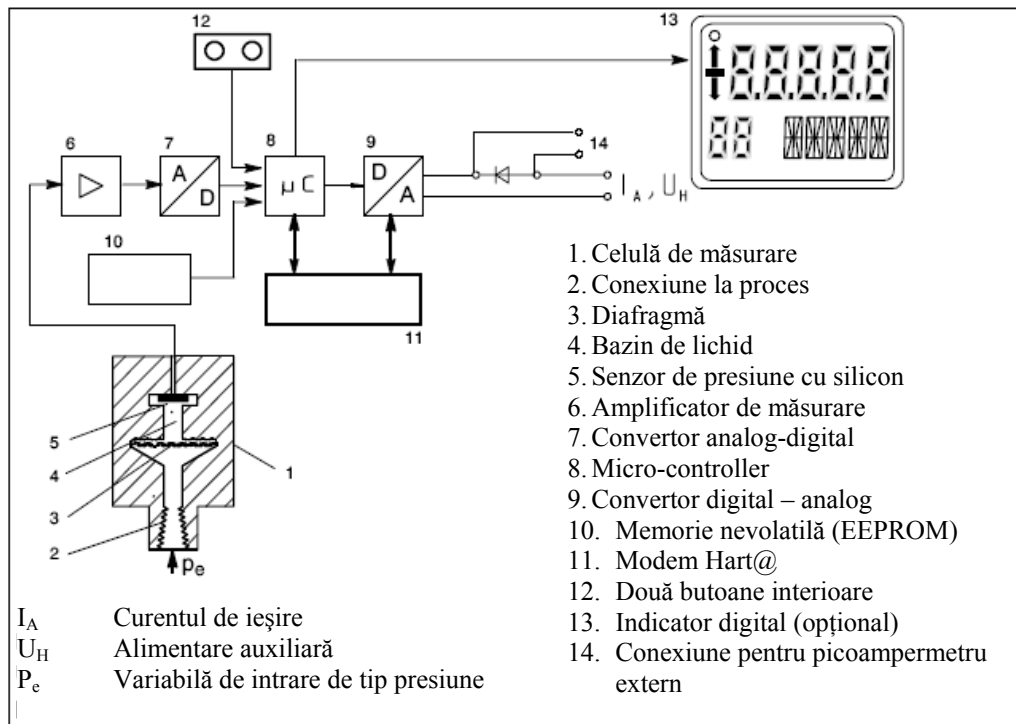


Fig.2.1. Schema bloc a traductorului SITRANS P, seria MS

Funcționarea traductorului de presiune este descrisă cu ajutorul schemei de principiu din fig.2.1. Presiunea  $p_e$  este trecută prin intermediul conectorului de proces 2 la celula de măsurare 1. Presiunea este transmisă către un senzor piezorezistiv din siliciu 5 prin intermediul diafragmei 3 și a lichidului de umplere 4 care preia deformările diafragmei de măsurare. Ca rezultat al variațiilor de presiune se modifică rezistența celor 4 elemente sensibile piezorezistive montate în punte. Această modificare de rezistență generează o tensiune de ieșire din punte proporțională cu presiunea din intrare. În continuare, tensiunea este amplificată de amplificatorul de măsurare 6 și convertită în semnal numeric de convertorul analog-numeric 7. Semnalul numeric este evaluat de microcontrolerul 8, în sensul compensării neliniarităților și a variațiilor cu temperatura, după care este trecut prin convertorul numeric-analogic 9, asigurându-se o ieșire analogică cu variație între 4mA și 20mA la o variație a presiunii de intrare între  $p_{min}$  și  $p_{max}$ .

Datele specifice privind celula de măsurare și parametrii traductorului sunt

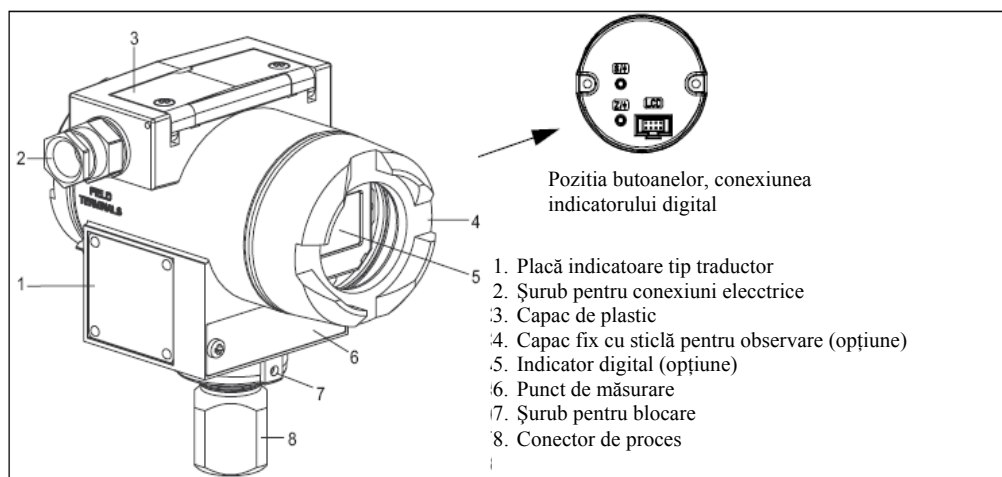


Fig.2.2. Panoul frontal al traductorului SITRANS P, seria MS

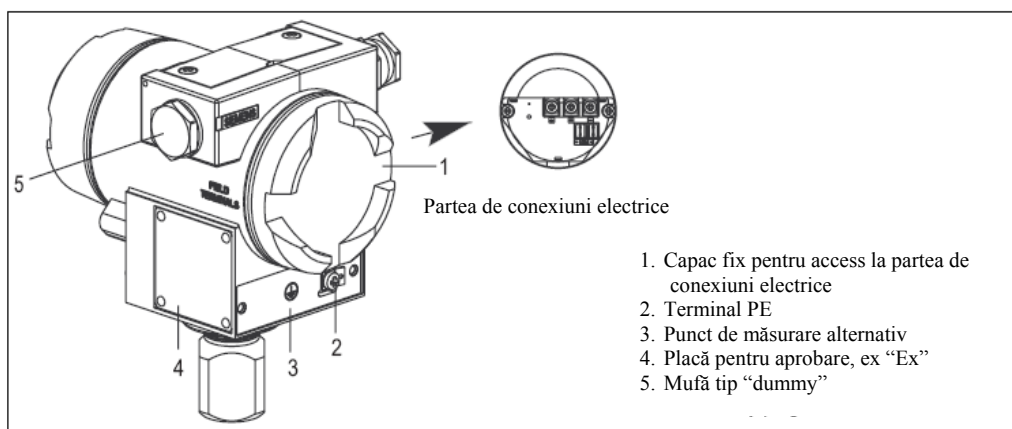


Fig.2.3. Vedere din spate a traductorului SITRANS P, seria MS

memorate în memoria nevolatilă 10.

Traductorul poate fi setat la un anumit punct condițional de funcționare prin intermediul a două butoane active prin apăsare 12 (la varianta folosită în laborator aceste butoane sunt absente), sau printr-un modem HART 11 în concordanță cu specificațiile protocolului HART. Indicatorul digital local 13 poate fi opțional (la varianta din laborator acesta este inclus).

O vedere frontală a traductorului este prezentată în fig.2.2, în timp ce în fig.2.3 este dată o vedere din spate cu detaliul privind conexiunile electrice în circuitul de măsurare.

Fiind un traductor de ultimă generație prevăzut cu protocol de comunicație HART sunt necesare – în continuare – câteva precizări referitoare la protocolul HART și la modul de comunicare între traductor și calculator prin intermediul HART OPC Server.

### **2.1.a. Protocolul de comunicație HART**

*Comunicația* HART se realizează între două dispozitive care dispun de cerințele HART, tipic între un dispozitiv de câmp și un sistem de control sau monitorizare. HART realizează două canale simultane de comunicație: semnal analogic 4-20mA și semnal digital. Semnalul 4-20mA comunică valoarea primară măsurată (în cazul dispozitivelor de câmp) folosind o buclă de curent 4-20mA, care este unul dintre cele mai rapide și fiabile standarde industriale. Informațiile suplimentare despre dispozitiv sunt comunicate folosind un semnal digital suprapus peste cel analogic. Semnalul digital conține informație de la dispozitiv cum ar fi: starea dispozitivului, diagnostice, măsurări suplimentare sau valori calculate etc. Împreună, cele două canale de comunicație asigură o soluție completă de comunicație cu dispozitivele de câmp, care este ușor de utilizat și configurat, de preț redus și foarte robustă.

HART este un *protocol de comunicație master-slave*, care înseamnă că în timpul funcționării normale, fiecare *comunicație slave* (dispozitiv de câmp) este inițiată de un dispozitiv de *comunicație master*. La fiecare buclă HART pot fi conectate două mastere. Masterul primar este – în general – un sistem distribuit de control (DCS), un controller logic programabil (PLC) sau un calculator personal (PC). Masterul secundar poate fi un terminal portabil (de mână) sau un alt PC. Dispozitivele slave pot fi traductoare, elemente de execuție și echipamente de reglare care răspund la comenzi primite de la masterul primar sau secundar.

**NOTĂ:** Unele dispozitive HART suportă – opțional – modul de comunicație în cascadă (burst), care permite o comunicație mai rapidă (3-4 citiri pe secundă). În modul cascadă, masterul obligă dispozitivul slave să transmită continuu un mesaj standard HART (de exemplu valoarea de proces măsurată). Masterul primește mesajul cu o rată înaltă până ce slave-ul este stopat de a lucra în acest mod.

Protocolul de comunicație HART este bazat pe standardul de comunicație telefonic Bell 202 și operează folosind principiul modulării și comutării în frecvență (*frequency shift keying* – FSK). Semnalul digital este activ la două frecvențe – 1200 Hz și 2200 Hz – care reprezintă biții “1” și “0”. Undele sinusoidale

ale acestor două frecvențe sunt suprapuse pe cablurile de legătură ale semnalului analogic de curent continuu (4-20mA), realizându-se astfel simultan comunicațiile analogice și numerice (fig.2.4). Deoarece valoarea medie a semnalului FSK este întotdeauna zero, semnalul analogic 4-20mA nu este afectat. Semnalul de comunicație digitală are un timp de răspuns de aproximativ 2-3 reîmprospătări de date pe secundă, fără să întrerupă semnalul analogic. Pentru a realiza comunicația trebuie ca rezistența minimă de sarcină a buclei de curent să fie de 230  $\Omega$ .

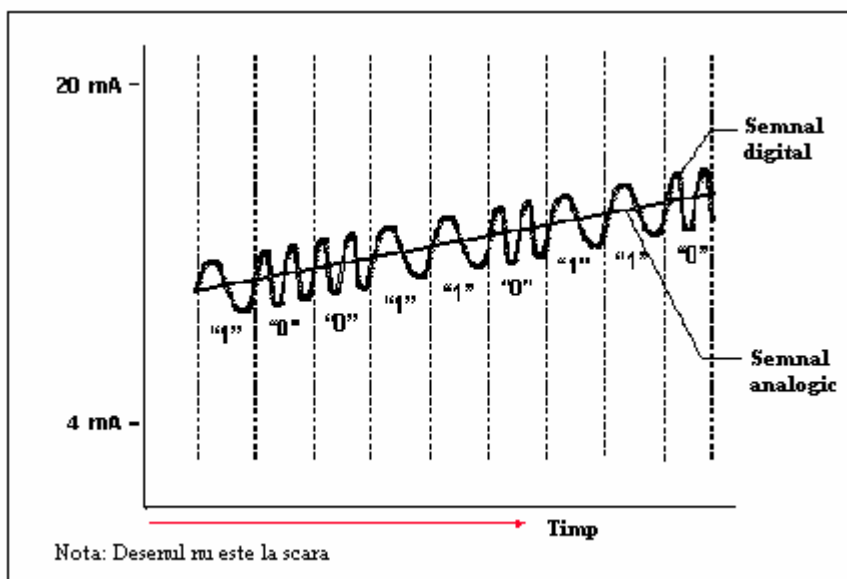


Fig.2.4. Principiul de funcționare al protocolului HART

Dispozitivele prevăzute cu protocol HART pot opera în două configurații de rețea: punct la punct și multipunct.

În modul punct la punct, semnalul analogic 4-20mA este folosit pentru a

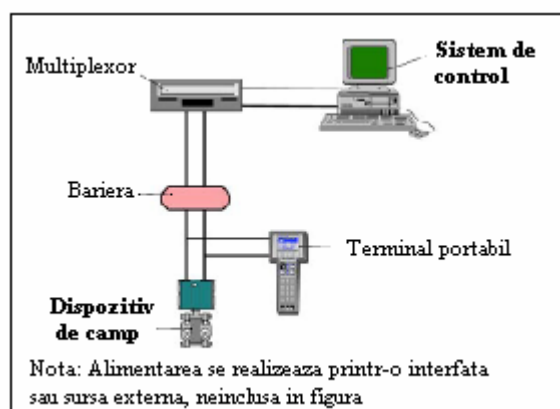


Fig.2.5. Modul de operare punct la punct

comunica cu un proces variabil, în timp ce variabilele suplimentare de proces, parametrii de configurare și alte date ale dispozitivului sunt transferate digital folosind protocolul HART (fig.2.5). Semnalul analogic 4-20mA nu este afectat de semnalul HART și poate fi folosit pentru comandă într-o modalitate obișnuită. Semnalul digital de comunicație HART permite accesul la variabilele secundare și la alte date care pot fi folosite pentru scopuri de operare, dare în exploatare, mentenanță și diagnosticare.

Modul de operare multipunct necesită doar o singură pereche de fire și, dacă este aplicabil, bariere de siguranță și o sursă de alimentare pentru maximum 15 dispozitive de câmp (fig.2.6), iar toate valorile de proces sunt transmise numeric. În modul multipunct toate dispozitivele de câmp au adresele de configurare  $> 0$ , iar curentul prin fiecare dispozitiv este fixat la o valoare minimă (tipic 4mA).

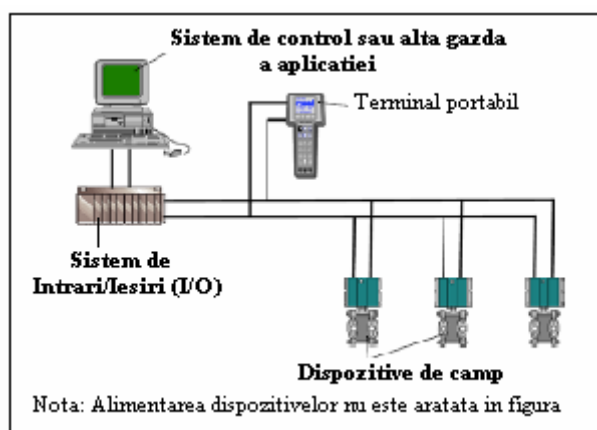


Fig.2.6. Modul de operare multipunct

*Setul de comenzi HART* realizează o comunicație consistentă și uniformă pentru toate dispozitivele configurate HART. Acesta include trei clase de comenzi: universale, comune conform practicii de utilizare și specifice unui anumit dispozitiv. În tabelul 2.1 sunt prezentate cele mai semnificative tipuri de comenzi aferente celor trei clase.

Tabelul 2.1. Tipuri de comenzi care pot fi folosite în protocolul HART

Comenzi Universale	Comenzi practice curente	Comenzi specifice dispozitivului
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificare dispozitiv</li> <li>• Citire ID producător, tip dispozitiv, ID dispozitiv, stare extinsă dispozitiv, numărător schimbare configurație</li> <li>• Citire variabilă primară (PV) și unități de măsură</li> <li>• Citire curent din buclă și</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Citire variabile de dispozitiv</li> <li>• Scriere valoare de amortizare PV</li> <li>• Scriere valori domeniu pentru PV</li> <li>• Setare limite inferioară / superioară pentru PV</li> <li>• Intrare/Ieșire din modul curent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Citire sau scriere flux redus la frecvența de tăiere</li> <li>• Start, stop, sau ștergere totalizator</li> <li>• Citire sau scriere factor calibrare densitate</li> <li>• Alegere PV (masă, debit sau densitate)</li> </ul>

procent din domeniu • Citire variabile dinamice și curent din bucelele corespunzătoare • Citire clasificare variabile dinamice • Citire sau scriere date pentru tag-uri cu până la 32 de caractere, cu descriptor pe 16 caractere • Citire sau scriere mesaje de 32 caractere • Citire informație despre PV a traductorului • Citire sau scriere versiune finală de asamblare • Citire sau scriere adrese de votare și moduri pentru curentul din buclă	fixat • Realizare autotest • Realizare reset dispozitiv • Citire stări suplimentare ale dispozitivului • Setare PV la zero • Scriere unități pentru PV • Calibrare buclă de curent la zero și gamă • Scriere funcție de transfer pentru PV • Scriere număr serial pentru traductorul variabilei primare • Citire sau scriere variabile dinamice alocate • Comandă mod burst, scriere număr comandă mod burst • Blocare dispozitiv, citire stare blocare • Detectare dispozitiv la alarmă sonoră • Transfer servicii, transfer comandă • Prindere variabilă de dispozitiv	• Citire sau scriere informații constructive sau despre materiale • Calibrare traductor • Activare PID • Scriere puncte de setare PID • Caracterizare valvă • Puncte de setare valvă • Limite de deplasare • Unități de utilizator • Informații pe display-ul local
--	--	---

Foarte importante sunt *specificațiile dispozitivului de câmp* (Field Device Specification - FDS), care reprezintă un document de referință, incluzând o listă de comenzi specifice dispozitivului scrisă de fabricant. Aceste precizări ale fabricantului permit proiectanților de aplicații să identifice toate comenzile disponibile care sunt incluse într-un anumit dispozitiv. FDS sunt clasificate după numele fabricantului, numele produsului sau modelului și revizia dispozitivului (ele pot fi găsite pe website-ul HART Communication Foundation).

Unul din marile beneficii ale tehnologiei HART constă în abilitatea de a diagnostica probleme potențiale ale unor dispozitive incluse în sistemul de control, indiferent de locul plasării lor fizice. Aplicațiile software actuale realizează o comunicație în timp real cu dispozitivele de câmp, permițând o monitorizare a stării și diagnosticului. Tabelul 2.2 prezintă semnificația celor 8 biți d.p.d.v. al stării dispozitivului de câmp.

Tabelul 2.2. Semnificația codurilor de stare ale dispozitivului de câmp

Bit Nr.	Semnificație
Bit 7	<b>Defectare dispozitiv</b> — Dispozitivul a detectat o eroare gravă sau un defect care îi compromise buna funcționare.
Bit 6	<b>Configurație schimbată</b> — S-a realizat o operație care a condus la schimbarea configurației dispozitivului.
Bit 5	<b>Start „la rece”</b> — A apărut o cădere de tensiune, sau s-a realizat un reset al dispozitivului.

Bit 4	<b>Mai multe informații ale stării disponibile</b> — Mai multe informații ale stării sunt disponibile prin intermediul Comenzii 48, Citirea informațiilor suplimentare de stare.
Bit 3	<b>Curent de buclă fixat</b> — Curentul de buclă este ținut la o valoare fixă și nu răspunde la variațiile de proces.
Bit 2	<b>Curent de buclă saturat</b> — Curentul de buclă a ajuns la limita superioară (sau inferioară) și nu mai poate fi incrementat (sau decrementat).
Bit 1	<b>Variabilă Non-Primară în afara limitelor</b> — O variabilă de dispozitiv nemăpată ca PV este în afara limitelor de operare.
Bit 0	<b>Variabila Primară în afara limitelor</b> — PV-ul este în afara limitelor de operare.

### 2.1.b. Software-ul HART OPC Server

Anumite firme producătoare de dispozitive de câmp configurabile HART au dezvoltat software pentru monitorizarea și conducerea – în timp real – a proceselor tehnologice în care sunt folosite astfel de dispozitive. Pentru compatibilizare s-au dezvoltat produse software de tip *program manager* (de exemplu SIMATIK PDM – Siemens) sau de tip HART Server (care permite configurații ierarhice extinse). În continuare prezentăm - pe scurt – acest ultim produs.

HART Server este anume făcut pentru a maximiza accesul la datele din dispozitivele configurabile HART și la procese asociate, într-un format care poate fi utilizat în diverse aplicații de management.

HART Server este o aplicație Windows pe 32 de biți care implementează specificațiile OPC Foundation (a se vedea OPC website). Interfața a fost construită în

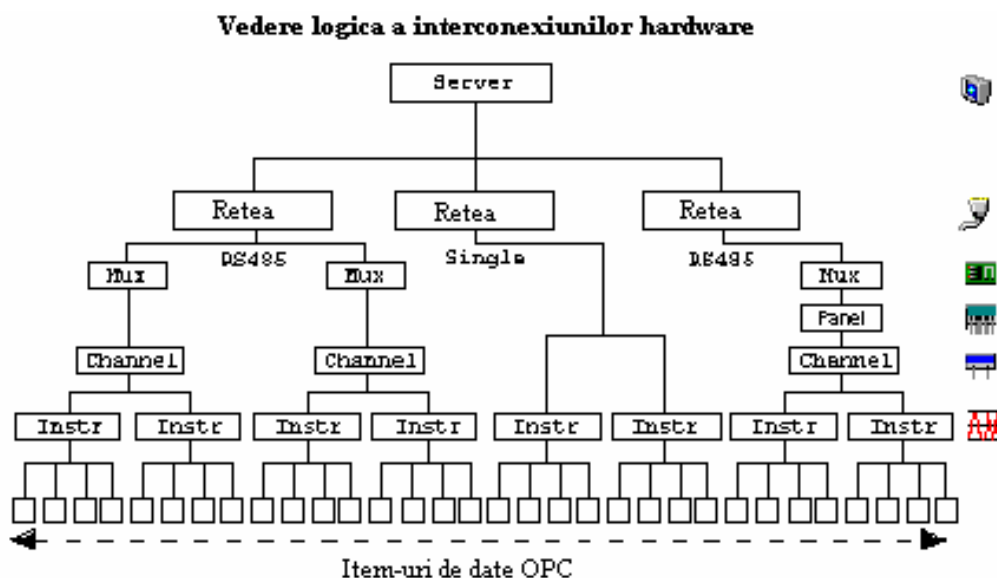


Fig.2.7. O arhitectură ierarhică a HART OPC Server

așa fel încât să fie cât mai intuitivă, reflectând operarea din Microsoft Windows Explorer.

**OPC (OLE for Process Control)** realizează o interfață de comunicație consistentă între numeroase surse de date (dispozitive de câmp sau baze de date într-o cameră de control) și aplicații care furnizează informația de la acele surse. Principalul scop al OPC Server este de a transfera date prin căi de comunicație nepartajabile către dispozitivele fizice.

HART Server este capabil să obțină informații de la dispozitivele configurate HART (cum ar fi starea, parametrii de configurare și toleranțele acestora), care sunt necesare utilizatorilor. Server-ul poate obține aceste informații într-un format standardizat, unanim acceptat de toți utilizatorii. Interfața de utilizator HART Server este folosită doar ca o sculă de configurare și manevrare a componentelor fizice care cuprind o ierarhie HART server, incluzând acces la rețea, multiplexoare, panouri de conexiuni și instrumente (fig.2.7). Dacă este necesară configurarea unui instrument HART, un utilizator (client) poate interacționa cu server-ul pentru a configura toate cerințele. Se prezintă – în continuare – ecranele care apar pentru cazul unui dispozitiv generic (astfel de ecrane se regăsesc în lucrare pentru cazul traductorului de presiune SITRANS P DM).

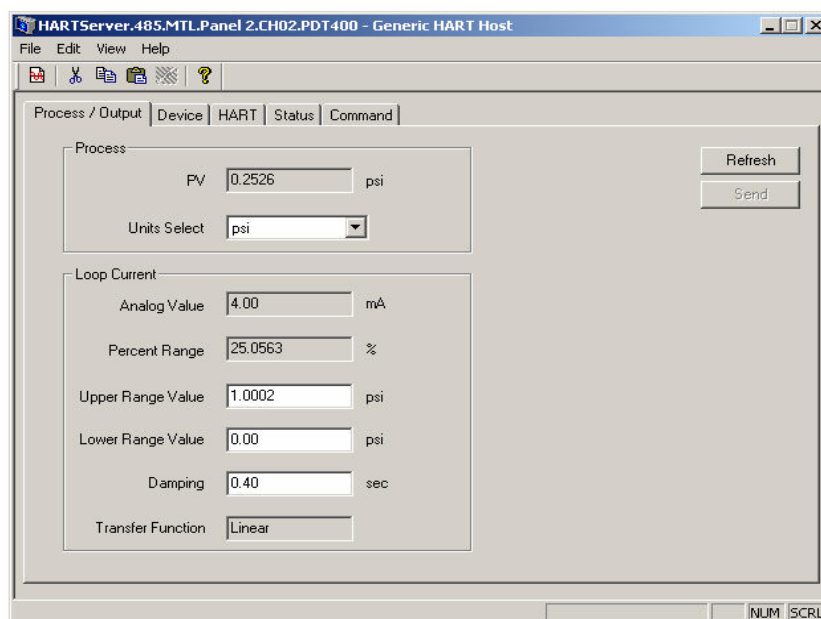


Fig.2.8. Fereastra **Process/Output**

Pentru monitorizarea variabilei primare PV (Primary Variable) și a buclei de curent, fereastra “Process/Output” - fig.2.8 - poate citi PV folosind o unitate inginerescă nouă. De asemenea, limitele superioară/inferioară pot fi citite și înscrise pentru a modifica domeniul dispozitivului de câmp.



HARTServer.485.MTL.Panel 2.CH02.PDT400 - Generic HART Host

File Edit View Help

Process / Output Device HART Status Command

Device Info

Message: ASYNCMESS

Descriptor: DIFFPRESS

Tag: PDT400

Date: 1900 dd.mm.yyyy

Final Assembly Number: 0

Write Protect: No

Private Label Distributor: 26 (Hex)

Sensor Serial No.: 190680

Sensor Info

Upper Sensor Limit: 149.999 psi

Lower Sensor Limit: 0.00 psi

Minimum Span: 5.0008 psi

Standard Procedures

Self Test Master Reset

Loop Test DAC Trim

Refresh

Send

NUM SCRL

Fig.2.9. Fereastra **Device**

HARTServer.485.MTL.Panel 2.CH02.PDT400 - Generic HART Host

File Edit View Help

Process / Output Device HART Status Command

HART Info

Manufacturer ID: Rosemount

Device Type: 2088s

Device ID: 190680

Request Preambles: 5

Revisions

Universal Revision: 5

Device Revision: 3

Software Revision: 161

Hardware Revision: 1

Refresh

Send

NUM SCRL

Fig.2.10. Fereastra **HART**

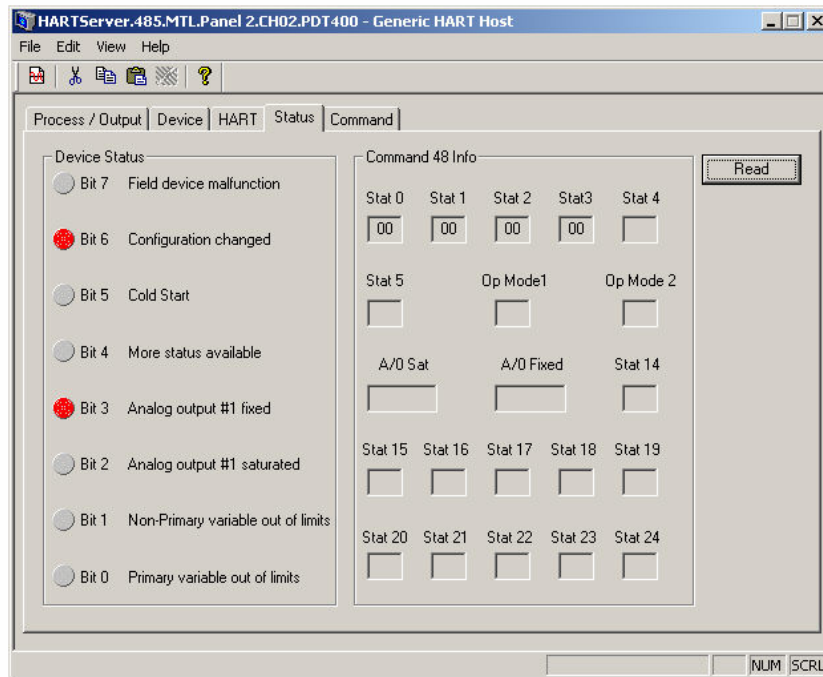


Fig.2.11. Fereastra **Status**

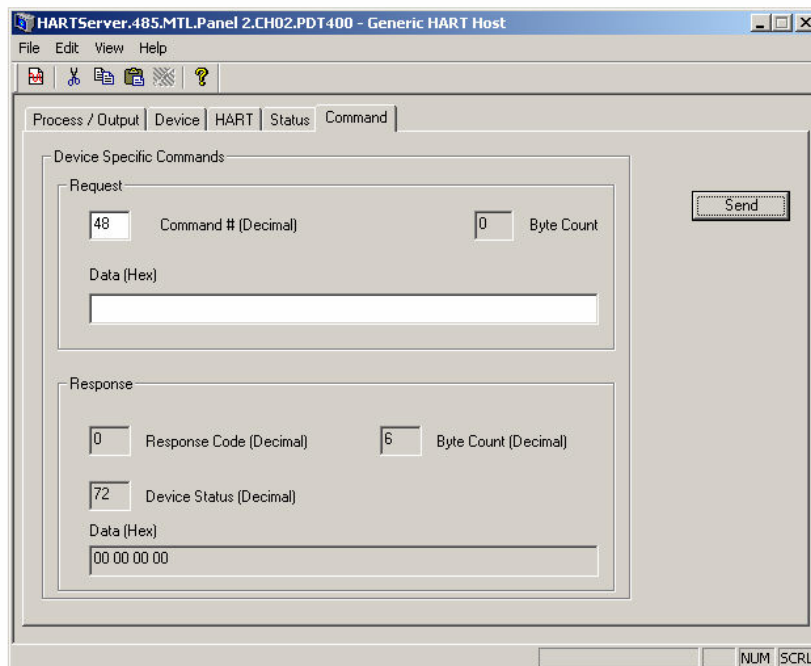


Fig.2.12. Fereastra **Command**

Fereastra “Device” – fig.2.9 - afișează informația despre dispozitiv și traductor. Folosind această fereastră, câmpurile Message, Tag și Descriptor pot fi citite sau scrise, pot fi determinate limitele traductorului, iar data și numărul serial al dispozitivului pot fi modificate. De asemenea, este posibil service-ul și testarea buclei de curent, realizarea unui test de autodiagnoză și de reset al dispozitivului.

Fereastra “HART” – fig.2.10 - arată modul de aplicare a protocolului HART precum și informații despre revizia dispozitivului de câmp.

Deoarece starea dispozitivului și codurile de răspuns sunt citite la fiecare tranzație, aplicația gazdă permite vizualizarea permanentă a condițiilor de operare pentru dispozitivul de câmp arătând informația diagnostic în fereastra “Status” – fig.2.11 – și afișând mesajele de răspuns ale dispozitivului.

Mecanismul de trecere prin interfață poate fi direct accesat folosind fereastra “Command” – fig.2.12.

## 2.2. Chestiuni de studiat

2.1. Cunoașterea principiului de funcționare al traductorului cu element sensibil piezorezistiv SIPTRANS P DM.

2.2. Înțelegerea protocolului de comunicație HART și a modului de lucru cu software-ul HART OPC Server.

2.3. Identificarea elementelor componente și a conexiunilor dintre acestea după schemele date.

2.4. Ridicarea caracteristicii statice  $I = f(p_e)$  a traductorului în domeniul 0-3 bari.

2.5. Determinarea erorilor de neliniaritate și histerezis.

2.6. Studiarea comportării traductorului și a comunicației prin HART modem cu diferite rezistențe de sarcină la o alimentare tipică de 24 V c.c.

## 2.3. Schema de montaj și modul de lucru

Pentru studiul funcționării traductorului se efectuează montajul din fig.2.13, în care semnificația notațiilor este următoarea:

Compresor – sursă de alimentare cu aer comprimat capabilă să asigure o presiune de 8 bari; la caderea presiunii sub valoarea de 6 bari se pornește automat compresorul prin intrarea în funcțiune a presostatului din dotarea acestuia;

RP – reductor de presiune, acționat manual;

Manometru – indicator analogic de presiune de mare precizie, fabricație HEISE, clasă 0,1 cu domeniul 0-4 bari (o diviziune elementară = 0,01 bari);

Rezervor – incintă rezistentă la presiune prin care se simulează o instalație tehnologică lucrând la presiuni până la 10 bari;

SITRANS P DM – traductor de presiune lucrând în gama 0-4 bari, prevăzut cu indicator local al presiunii măsurate, configurabil prin protocol HART;

RE – robinet de evacuare și simulare perturbație;

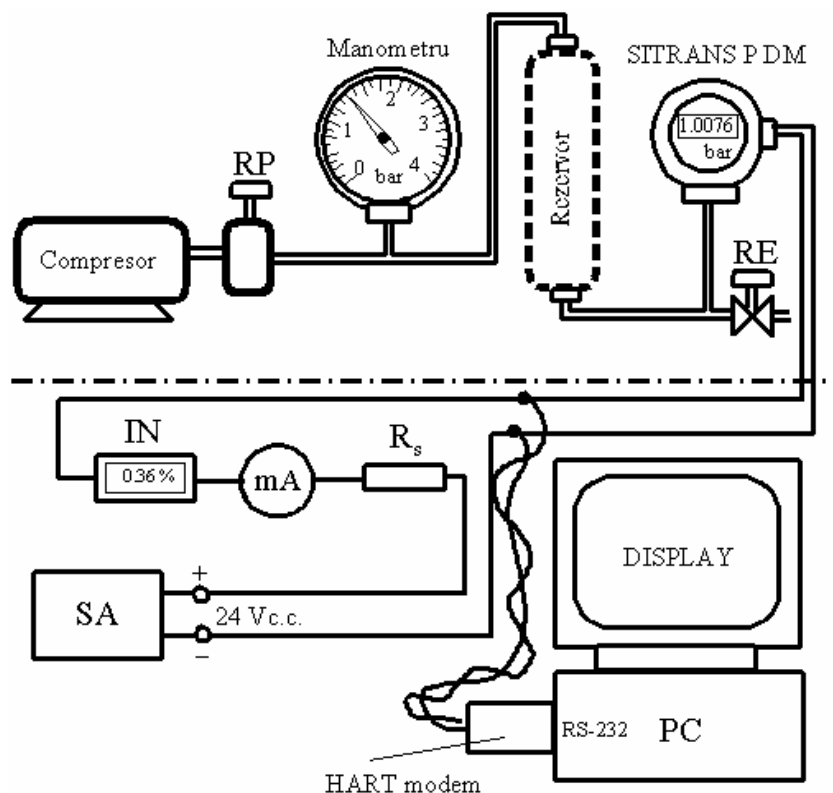


Fig.2.13. Schema de montaj pentru studiul traductorului de presiune SITRANS P DM

SA – sursă de alimentare de 24 Vc.c.;

IN – indicator numeric cu intrare în gama 4-20mA și afișare în procente a valorii de curent între 0 % și 100%;

mA – miliampermetru numeric, cu 3÷5 cifre semnificative, folosit pe domeniul 0 ÷ 20 mA;

$R_s$  – cutie de rezistențe decadice, care simulează rezistența de sarcină;

PC + DISPLAY – calculator PC cu sistem de operare Windows 2000 Profesional sau o variantă ulterioară, pe care este instalat software-ul HART OPC Server;

HART modem – dispozitiv cuplat pe interfața serială RS-232C, prevăzut cu două anse de cuplare la bornele traductorului de presiune.

Întreg ansamblu de dispozitive expus în fig.2.13, inclusiv o servovalvă care va fi utilizată într-o aplicație ulterioară, cu excepția compresorului, este carcasat într-o configurație sugestivă – grație firmei ASTI Control - prezentată în fig.2.14.

Ordinea operațiilor este următoarea:

3.1. Se realizează montajul din fig.2.13, cu  $U = 24V$  (prin închiderea comutatorului de alimentare generală și a celui aferent alimentării traductorului) și  $R_s$



Fig.2.14. Configurația asamblată a traductorului de presiune SITRANS P DM

= 250  $\Omega$  și se verifică dacă, în absența oricărei presiuni aplicate la intrare, curentul este de 4 mA. Deoarece traductorul este reglat de fabricant cu instrumentație mai performantă decât cea din laborator, valoarea de 4 mA trebuie să fie indicată atât de mA, cât și de fereastra „Process/Output” conform fig.2.8. Pentru a ajunge la această fereastră se procedează în următoarea succesiune:

- se pornește calculatorul PC cu parola VSgarcui;
- se lansează My Documents, după care simbolul de rețea (prin dublu click cu mouse-ul);
- se accesează în fereastra din stânga COM1, după care – pe icon-ul din dreapta – se alege – cu click dreapta pe mouse – opțiunea Proprieties; în acest moment pe ecran va apărea fereastra din fig.2.8. Accesarea celorlalte ferestre – conform fig.2.9÷fig.2.12 – se realizează simplu, ca în orice aplicație Windows.

**IMPORTANT:** Pentru ca traductorul să comunice prin protocolul HART este necesar ca ansele cu care este prevăzut HART modem-ul să fie conectate la bornele de acces ale traductorului, existente pe panoul prezentat în fig.2.14; nu contează polaritatea! (a se vedea și fig.2.13)

3.2. Pentru a vedea modul de lucru al traductorului prin protocol HART se procedează la fixarea – cu ajutorul reductorului de presiune RP – a unei valori din domeniu (între 0 bari și 3 bari), după care se va proceda la:

- schimbarea unității de măsură (se va alege – de exemplu - mbar sau kPa);
- schimbarea limitei inferioare de funcționare (de exemplu se va fixa aceasta la 1 bar);
- schimbarea limitei superioare a domeniului (de exemplu se va fixa la 2.5 bari);

Toate schimbările sunt luate în considerație doar prin activarea comenzii „Send” de pe fereastra „Process/Output”, fiind efectuate într-un timp de ordinul secundelor; după efectuarea uneia din modificările anterioare se va observa valoarea PV, respectiv curentul de ieșire din fereastra „Process/Output”. Se face precizarea că traductorul este prevăzut cu limitare internă – observabilă prin comunicația HART – la 3,95mA pentru limita inferioară, respectiv la 20,50mA pentru limita superioară. La depășirea limitelor se va verifica concordanța biților de stare în conformitate cu tabelul 2.2.

3.3. Dacă montajul nu este în concordanță cu fig.2.13 atunci:

- fie curentul din ieșirea analogică a traductorului nu este în gama 4-20mA;
  - fie nu se asigură comunicația prin HART modem dintre PC și traductor;
- faptul că este garantată comunicația este simbolizată în partea inferioară a ferestrelor din fig.2.8 ÷ fig.2.12 sub forma unor pătrate care se deplasează din stânga în dreapta.

3.4. Se fixează limita superioară a domeniului la 4 bari, cea inferioară la 0 bari, adică valorile inițiale de fabrică. Se variază lent presiunea aerului comprimat prin reductor de la 0 până la 3 bari, în trepte de 0,1 bari (valorile presiunii se citesc pe manometru), iar pentru fiecare valoare fixată se citesc aparatele din circuitul analogic al traductorului, respectiv cele din fereastra „Process/Output” de pe PC. O atenție deosebită – pentru a realiza determinări de calitate – trebuie acordată fixării presiunii

de intrare prin citirea fără eroare de paralaxă pe manometrul de precizie. Rezultatele se trec în tabelul 2.3 și se trasează caracteristica statică  $I_C = f_C(p_e)$ .

3.5. Se repetă măsurările în sensul descreșterii presiunii de alimentare și se determină abaterea de la liniaritate și eroarea de histerezis. Rezultatele se trec în tabelul 2.3 și se trasează caracteristica statică  $I_D = f_D(p_e)$  pe același sistem de coordonate ca mai sus.

Se calculează eroarea de histerezis după formula:

$$\varepsilon = \frac{|I_D - I_C|}{16} 100[\%] \quad (2.1)$$

Valorile obținute se trec în tabelul 3, iar graficul se trasează separat.

Tabelul 2.3

$p_e$ [bari]	0	0,1	0,2	0,3	.....	2,8	2,9	3,0
$I_C$ [mA]	4,00							
$INL_C$ [bar]								
$IN_C$ [%]								
$PV_C$ [bari]								
$PR_C$ [%]								
$I_D$ [mA]								
$INL_D$ [bar]								
$IN_D$ [%]								
$PV_D$ [bari]								
$PR_D$ [%]								
$\varepsilon$ [%]								

Pentru completarea corectă a tabelului 2.3 se fac următoarele precizări privind semnificația notațiilor:

- indicele "C" pentru mărimile din tabel semnifică sensul crescător al presiunii de intrare, iar indicele "D" este atașat pentru sensul descrescător;
- INL este indicatorul numeric local, prezent pe panoul frontal al traductorului de presiune SITRANS P, seria MS;
- IN – este indicatorul numeric plasat lângă traductor, care afișează procentual domeniul de măsurare;
- PV este variabila primară (presiunea) citită pe PC prin intermediul protocolului HART;
- PR este valoarea procentuală, citită pe PC, care reprezintă procentual domeniul de măsurare.

3.6. Pentru tensiunea de alimentare de 24V cc, se modifică rezistența de sarcină pornind din 250Ω, în trepte de 100Ω, observându-se valoarea curentului de ieșire, pentru presiunea fixată la 0 bari. Se notează ultima valoare a sarcinii pentru care valoarea curentului nu se modifică. Se modifică presiunea din 0,5 bari în 0,5 bari până

la 3 bari, pentru fiecare valoare de presiune determinându-se rezistanța maximă de sarcină admisă. În mod similar se procedează la aflarea rezistenței de sarcină maxime pentru care se întrerupe comunicația prin protocolul HART. Rezultatele se trec în tabelul 2.4 și, pe baza lor, se compară cu datele de catalog ale traductorului, respectiv specificațiile de protocol HART.

Tabelul 2.4

p [bar]	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
R <sub>Smax</sub> [Ω] traductor							
R <sub>Smax</sub> [Ω] protocol HART							

#### 2.4. Observații, concluzii, chestionar

Pe baza caracteristicilor experimentale și a semnalelor vizualizate, se vor face observații cu privire la domeniul de utilizare, precizia de indicare și erorile de histerezis, răspunzându-se la următoarele întrebări:

4.1. Este posibilă schimbarea domeniului de variație a semnalului de ieșire? În ce limite? Se crește precizia prin micșorarea ecartului de presiune?

4.2. Cum se poate realiza un programme manager folosind specificațiile din HART OPC Server?

4.3. Cum se poate conecta traductorul de presiune studiat într-o buclă de reglare?