

SISTEM NUMERIC PENTRU MONITORIZAREA NIVELULUI

Conf.dr.ing. Grofu Florin,
*Universitatea „Constantin Brâncuși”
din Târgu-Jiu*

Asist.ing. Cercel Constantin,
*Universitatea „Constantin Brâncuși”
din Târgu-Jiu*

NUMERIC SYSTEM FOR LEVEL MONITORING

Assoc.Prof. PhD eng. Grofu Florin,
*„Constantin Brâncuși” University of
Târgu-Jiu*

Asist.eng. Cercel Constantin,
*„Constantin Brâncuși” University of
Târgu-Jiu*

Rezumat – În lucrarea de față este prezentată o modalitate de studiere a senzorilor de nivel cu ultrasunete. Având în vedere modul de lucru al acestor senzori precum și faptul că realizarea unui bazin în care să fie controlat nivelul este foarte greu de realizat s-a ales soluția simulării suprafeței lichidului cu o suprafață de separație aer – material. Datorită faptului că mișcarea suprafeței care simulează nivelul este controlată de PC se poate trasa caracteristica de funcționare a senzorului de nivel, dar se poate testa și timpul de răspuns al acestuia.

Cuvinte cheie: nivel, sistem numeric, monitorizare

1.Introducere

Măsurarea nivelului unui lichid într-un bazin se poate face prin:

- Metoda conductivității electrice – prin măsurarea conductanței electrice între doi electrozi introduși în bazinul ce trebuie monitorizat. Metoda este simplă și ieftină, dar necesită un lichid conductor și neinflamabil.
- Metoda capacității electrice – folosește modificarea capacității electrice între 2 electrozi introduși în bazin sau între un electrod și peretele bazinului dacă acesta este conductor. Este o metodă folosită pentru măsurarea nivelului la lichide, paste și granule izolate electric.
- Metoda presiunii hidrostatice – folosește măsurarea presiunii hidrostatice exercitate de o coloană de lichid asupra bazinului și implicit a senzorului utilizat. Deoarece $p = \rho g H$, iar densitatea lichidului se poate modifica cu temperatura este necesară o compensare a densității cu temperatura.
- Măsurarea nivelului folosind ultrasunete –

Abstract – This paper present a possibility to study ultrasonic level sensors. Taking into account the working method of this sensors and the fact that a liquid tank for controlling level is very difficult to do in laboratory, was adopted the solution of simulation of the air – material separation surface. Due to control of movement of the surface which simulate the level by PC, can be drawn the working characteristic of sensors, and also can be tested the response time of it.

Keywords: level, numeric system, monitoring

1. Introduction

Measuring level into a tank can be made by:

- Electrical conductivity method - by measuring electrical conductance between two electrodes placed in the tank to be monitored. The method is simple and inexpensive, but requires a conductive liquid and incombustible.
- Capacitance method - using change of capacitance between two electrodes placed in the tank or between an electrode and the wall of the tank if it is conductive. It is a method used for measuring liquids, pastes and granules electrically isolated.
- Hydrostatic pressure method - used to measure hydrostatic pressure exerted by a liquid column on the tank and hence to the used sensor. Because $p = \rho g H$, and fluid density can change with temperature compensation of density with temperature is required.
- Level measurement using ultrasound - involves issuing a short acoustic pulse to the

presupune emiterea unui impuls acustic scurt spre suprafața lichidului și măsurarea timpului după care acest impuls revine ca și ecou la senzorul de nivel. În acest caz distanța D dintre sursa de semnal și suprafața lichidului din bazin va fi dată de relația:

$$D = \frac{\tau v}{2}$$

unde: τ – este timpul măsurat

v – este viteza sunetului în aer

Această metodă este preferată atunci când este greu de montat un electrod în lichid, distanțele la care se face măsurarea putând fi de ordinul metrilor. Totuși, deși metoda este una simplă și neinvazivă trebuie știut că:

- Viteza sunetului în aer se modifică în funcție de temperatură, deci trebuie făcută o compensare a acestei variații ce influențează măsurarea nivelului;
- Spuma de la suprafața materialului acționează ca un absorbant de sunet perturbând măsurarea nivelului;
- Turbulența lichidului poate cauza fluctuații ale valorii măsurate. În acest caz se poate utiliza medierea semnalului sau utilizarea ghidurilor de undă.

2. Sistemul propus

În condiții de laborator este foarte dificil de realizat un sistem de control al nivelului unui lichid într-un bazin fiind nevoie sau de o sursă de lichid și o modalitate de evacuare a acestuia, caz în care se consumă lichid, sau de un bazin secundar cu rol de rezervor care să permită reglarea nivelului în bazinul principal.

Cum metoda de determinare a nivelului pentru senzorii cu ultrasunete este aceea a reflexiei unde sonore la suprafața de separare aer-lichid, s-a ales simularea suprafeței lichidului printr-o suprafață plană. Astfel, sistemul numeric prezentat în această lucrare va permite studierea caracteristicilor senzorilor de nivel cu ultrasunete. Pentru aceasta, sistemul trebuie să aibă în componență cel puțin următoarele componente:

- un sistem de control al deplasării suprafeței de reflexie, deplasarea acesteia putându-se face controlat;
- doi senzori de poziție, corespunzători poziției minime și maxime atât cu rol de calibrare a deplasării dar și cu rol de protecție în cazul

liquid surface and measuring the time after which this impulse is like an echo from the level sensor. In this case the distance D between the signal source and the surface of the liquid in the tank is given by:

$$D = \frac{\tau v}{2}$$

where: τ – is measured time

v – is sound speed on air

This method is preferred when it is difficult to mount an electrode in liquid, measuring distances covered may be of meters. However, although the method is simple and noninvasive must know that:

- Speed of sound in air changes with temperature, so there must be a compensating measure this variation influencing levels;

Foam to the material acts as an absorbent disturbing sound level measurement;

Fluid turbulence can cause fluctuations in the measured value. In this case you can use mediation or use signal waveguides.

2. The proposed system

In laboratory conditions is very difficult to achieve a liquid level control system of a tank is needed or a fluid source and a way to escape it or a secondary tank with role of reserve tank enabling level control in the main tank.

How the method of determining the level using ultrasonic sensors is the reflection of a sound wave at separation surface air-liquid, liquid surface simulation was chosen by a flat surface. Thus, the numeric system presented in this paper allows the study of the characteristics of ultrasonic level sensors.

To do this, the system must have at least the following components:

- Movement control system of reflecting surface, displacement may be controlled;
- Two position sensors, position corresponding minimum and maximum, both role calibration of movement and protection for ordering too large movement of reflecting surface;
- A data acquisition system for measuring the output signal from the ultrasonic level sensor and its transmission to PC;
- A control and monitoring software and the

comandării unor deplasări prea mari a suprafeței de reflexie;

- un sistem de achiziția datelor pentru măsurarea semnalului de la ieșirea senzorului de nivel cu ultrasunete și transmiterea acestuia către PC;
- o aplicație software de comandă și monitorizare, dar și posibilitatea de comandă manuală a sistemului.

Schema bloc a sistemului propus este prezentată în figura 1.

ability to manually control the system.

Block diagram of the proposed system is shown in Figure 1.

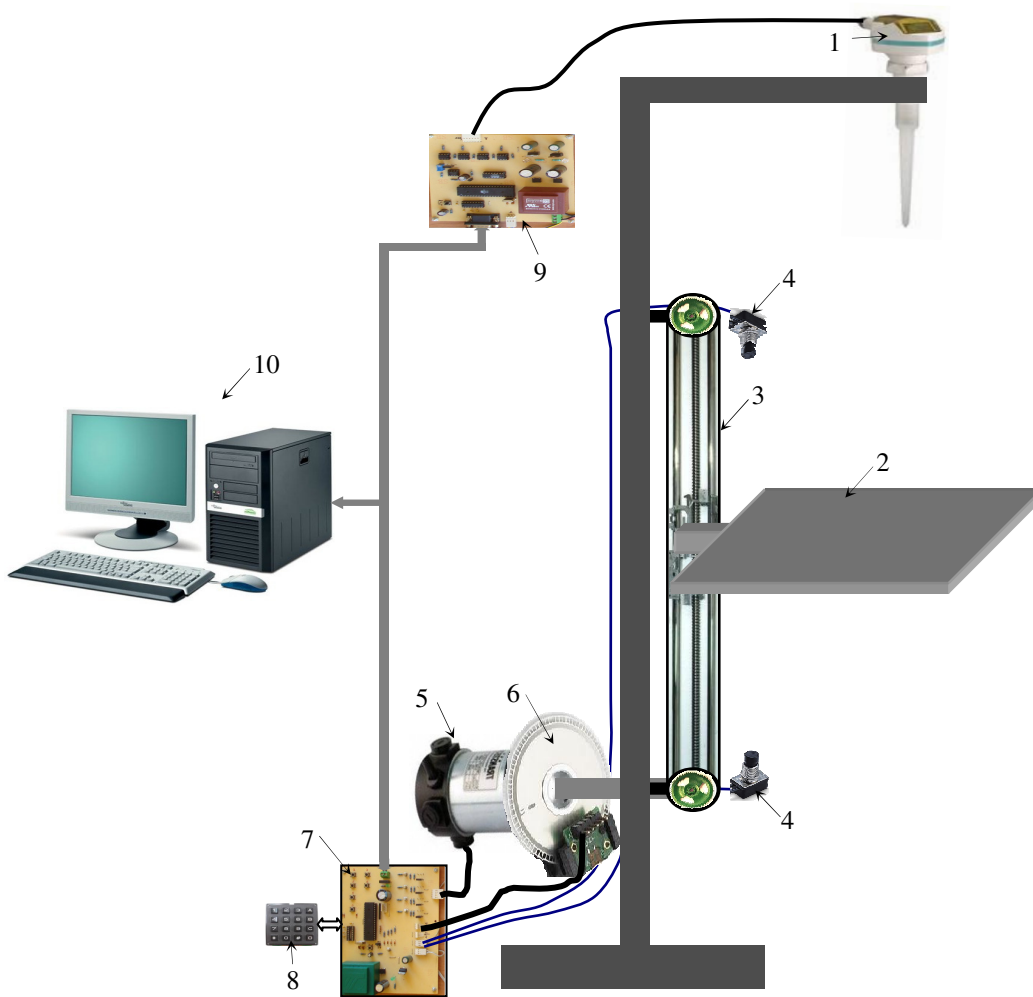


Fig.1. Schema bloc a sistemului
Fig.1. System block diagram

Componența sistemului este următoarea:

1. senzor de nivel cu ultrasunete
2. suprafață de reflexie
3. sistem de realizare a deplasării
4. senzori de limitare deplasare

System component is the follow:

1. ultrasonic level sensor
2. reflection
3. movement system
4. limits sensors

- | | |
|--|---|
| 5. element de acționare | 5. execution element |
| 6. codor optic | 6. optic coder |
| 7. sistem numeric pentru comanda deplasării | 7. numeric system for control movement |
| 8. tastatură pentru comenzi manuale | 8. manual control keyboard |
| 9. sistem de achiziția datelor | 9. data acquisition system |
| 10. sistem automat de măsurare și comandă (PC) | 10. automatic measurement and control system (PC) |

Senzorul de nivel

Senzorul de nivel utilizat este de tipul Sitrans Probe LR. Acesta este un dispozitiv conectat pe 2 fire și alimentat în buclă, care pentru măsurarea continuă a nivelului utilizează tehnologia radar în impuls cu frecvența de 5,86GHz.

Acest senzor este foarte ușor de instalat și configurat folosind fie un programator local în infraroșu, fie un programator HART2.

Senzorul permite o alimentare la o tensiune nominală de 24V la o rezistență maximă de 550Ω pentru un semnal unificat de curent 4÷20mA. Senzorul poate funcționa la presiuni cuprinse între 860 și 1060 mbar, cu o neliniaritate de maxim 10mm, o frecvență de lucru de 5,8GHz, o distanță maximă de măsură de 20m, o distanță minimă detectată de 0,3m.

Conul de emisie disponibil pentru o măsurare precisă trebuie să fie de cel puțin 28°, o montare corectă a senzorului fiind prezentată în figura 2.

Level Sensor

Used level sensor is Sitrans Probe LR. This is device 2-wire loop-powered, which for continuum measurement of level use pulse radar technology with frequency at 5,86GHz.

This sensor is very easy to install and configure using both infrared local programmer and handheld HART programmer.

Sensor power supply is 24V with maximum resistor of 550Ω for unified current signal 4÷20mA. Working pressure is between 860 and 1060 mbar, 10mm maximum nonlinearity, working frequency 5,8GHz, maximum measurement range 20m, minimum detectable distance 0,3m.

Emission cone available for a precise measurement has least 28°, a correct mounting of the sensor is presented in figure 2.

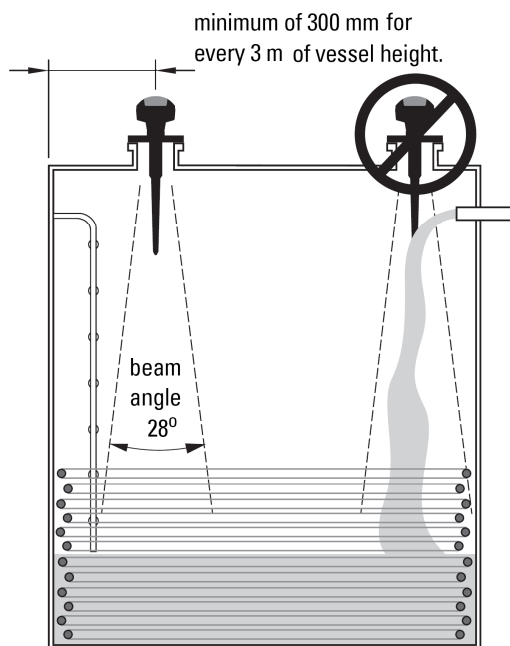


Fig.2. Montarea corectă a senzorului
Fig.2. Correct mounting of sensor

Utilizând un programator local se pot face o serie de setări ale senzorului, o parte dintre acestea sunt prezentate în figura 3:

Using a local programmer the sensor can be configured in different modes, as in figure 3:

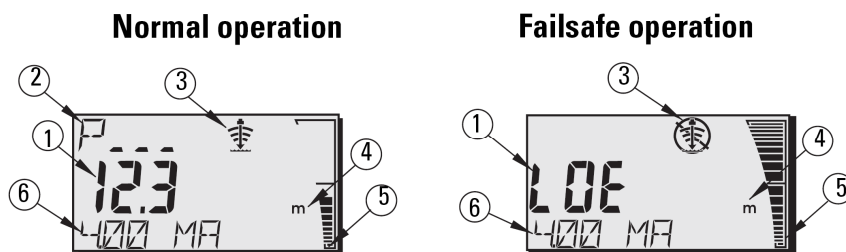






Fig.3. Setări disponibile
Fig.3. Available settings

1. Citirea principală (afișează nivel, distanța sau volum în unități specifice sau procente)
2. Citirea secundară (afișează numărul parametrului pentru citirile auxiliare)
3. Indicatorul de stare ecou: ecou sigur  sau ecou nesigur 
4. Unități sau procente
5. Bargraf activ reprezentând variația nivelului de material
6. Citire auxiliară (depinzând de parametrul selectat, afișează valoarea în mA, distanța sau

1. Primary Reading (displays level, distance, or volume, in either units or percent)
2. Secondary Reading (displays Parameter number for Auxiliary Reading1)
3. Echo status indicator: Reliable Echo  or Unreliable Echo 
4. Units or Percent
5. Active bar graph represents material level
6. Auxiliary Reading (depending on the parameter selected, it displays milliAmp value, distance or confidence, with units where

eroarea, cu unitățile de măsură aferente)

De asemenea, se pot seta domeniul de măsură de la 0 la 20m, timpul de măsurare de la 0 la 100s, numărul de măsurători pe minut setabil la 0.1, 1 sau 10.

Principalele moduri de măsură disponibile sunt prezentate în figura 4:

applicable).

Also, can be set measurement range from 0 to 20m, measurement time from 0 to 100s, number of measurement per minute to 0.1, 1 or 10.

The main measurement modes available are presented in figure 4:

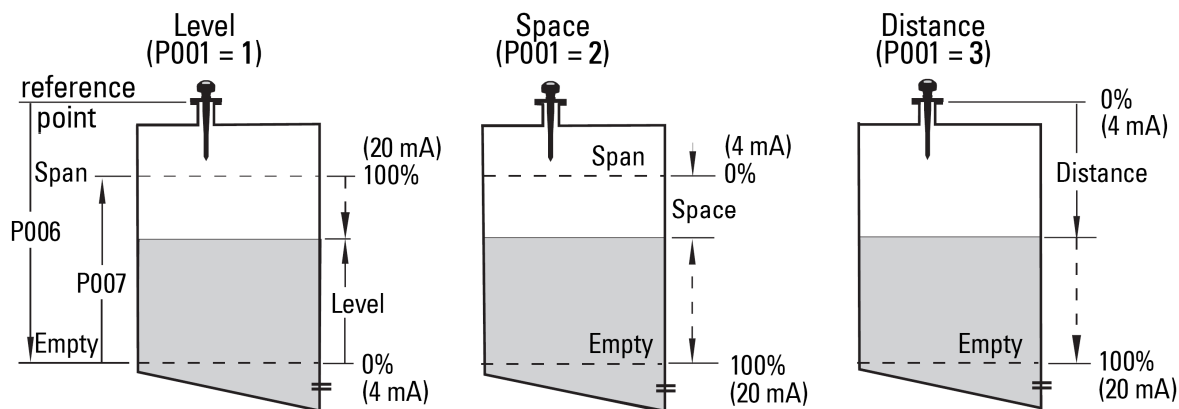


Fig.4 Moduri de măsură
Fig.4. Measurement mode

Se poate observa că prin setarea parametrului P001 la valorile 1, 2 sau 3 se poate seta senzorul să măsoare în funcție de parametrii P006 și P007 nivelul de lichid în bazin, spațiul liber rămas în bazin sau distanța de la senzor la suprafața lichidului

It can be seen that by setting parameter P001 to values 1, 2 or 3 you can set the sensor to measure liquid level in the tank by the parameters P006 and P007, the remaining free space in the tank or the distance from the sensor to the surface of the liquid

Sistemul de comandă și control al deplasării

Deplasarea suprafeței de reflexie ce simulează suprafața lichidului se face prin intermediul sistemului de realizare a deplasării ce transformă mișcarea de rotație a unui ax filetat în mișcare de translație. Pentru un control cât mai precis al mișcării nu a putut fi folosit un motor pas cu pas deoarece cuplul mecanic necesar fiind mare, impunea folosirea unui motor pas cu pas de putere mare. Pentru a asigura cuplul necesar s-a ales soluția folosirii unui motor de curent continuu cu reductor. Motorul de curent continuu nu beneficiază de avantajul motorului pas cu pas de a transforma un semnal numeric de intrare într-o mișcare discontinuă sau incrementală de precizie. Pentru a putea controla precis deplasarea a fost montat pe axul filetat un codor optic care prin intermediul unui optocoupler determină

The command and control of movement

Moving reflecting surface that simulates liquid surface is through the realization of driving system that transforms rotation of a threaded shaft in translational motion. For a more accurate motion control could not be used a stepping motor as the mechanical torque required is high, this required the use of a stepper motor for high power. To ensure the torque necessary was chosen the solution using a DC motor with gear. DC motor doesn't have the advantage of stepper motor to turn a digital signal input in a batch or incremental precision movement. To precisely control the movement on the threaded shaft was mounted one optical encoder via optocoupler determine the threaded shaft angular moves. Experimental knowing usable length that can be moved reflecting surface (between the two end of

deplasarea unghiulară a axului filetat. Experimental, știind lungimea utilă pe care poate fi deplasată suprafața de reflexie (între cei doi senzori de capăt de cursă) și determinând numărul de impulsuri aferent acestei deplasări se poate face o corelare între numărul de impulsuri de la codorul optic și deplasarea suprafeței de reflexie.

Prin reglarea turației motorului de curent continuu (utilizând comanda PWM), deci implicit prin modificarea vitezei de deplasare a suprafeței de reflexie se poate verifica și timpul de răspuns al senzorului.

Sistemul de comandă este realizat cu un microcontroler de tipul AT89C52RD2 și comandă motorul de curent continuu cu viteză variabilă pentru o anumită deplasare comandată manual din tastatura sistemului de comandă sau automat prin aplicația software ce rulează pe PC. Totodată sistemul monitorizează cei doi senzori de capăt de cursă în vederea opririi comenzii sistemului de deplasare când acesta a ajuns în pozițiile limită stabilite de cei 2 senzori.

Sistemul de achiziția datelor

Sistemul de achiziție a datelor a fost realizat tot cu un microcontroler AT89C52RD2 și un convertor analog – numeric ADS7841 pe 12 biți, precum și o comunicație serială cu PC-ul, utilizând standardul de comunicație RS485 pe două fire. Acest tip de comunicație permite plasarea calculatorului la distanță foarte mare față de restul sistemului, totodată prin lipsa conexiunii de masă, protejează PC-ul la eventualele șocuri de tensiune apărute în sistemul de comandă și măsură.

Pentru o operare atât în modul automat cât și în modul manual circuitul de măsură a fost prevăzut cu posibilitatea montării și a unui aparat de măsură pentru curent ($4 \div 20\text{mA}$) sau tensiune ($800\text{mV} \div 4,000\text{V}$).

Sistemul de achiziție primește comanda de efectuare a unei măsurători la realizarea unei deplasări programate a suprafeței de reflexie sau la un anumit interval de timp.

Aplicația va funcționa astfel: manual de la tastatură sau automat, din aplicația software dezvoltată în LabWindows, se comandă

travel sensors) and determining the number of pulses for this displacement may be a correlation between the number of pulses from optical encoder and moving surface.

The DC motor speed control (using PWM) implicitly by changing the velocity of the reflecting surface can check the response time of the sensor.

The control system is designed with a microcontroller such AT89C52RD2 and control the DC motor with variable speed for a given displacement controlled manually from the control keypad or automatically by software running on the PC. Two sensors system also monitors the travel stop command to stop the drive system when it reached the limit positions of the two sensors.

Data acquisition system

The data acquisition system was done with a microcontroller AT89C52RD2 and a 12-bits analog to digital converter ADS7841, and a serial communication with the PC using the standard two-wire RS485 communication. This type of communication allows remote computer placing very high in relation to the rest of the system, while the lack of ground connection protects your PC from any supply shocks arising in control and measurement system.

For both operating in automatic mode and manual mode measurement circuit was provided with the opportunity to assembly a multimeter for current ($4 \div 20\text{mA}$) or voltage ($800\text{mV} \div 4,000\text{V}$).

Acquisition system receives a command to perform measurements to achieve a scheduled trips of the reflecting surface or at a certain time.

The application will work as follows: manually from the keyboard or automatically, from the software developed in LabWindows is making a certain movement control. Movement control system software announces the end of the movement, and it will communicate with data acquisition system to achieve a measurement.

An alternative measure is the software at the same time ask for data from both systems control movement and acquisition.

efectuarea unei anumite deplasări. Sistemul de comandă al deplasării va anunța aplicația software de terminarea deplasării, iar aceasta va comunica cu sistemul de achiziție în vederea realizării unei măsurători.

O altă variantă de măsură este aceea în care aplicația software cere în același moment de timp date de la ambele sisteme de comandă a deplasării și de achiziție.

Sistemul de comandă va transmite numărul de impulsuri de la comanda anterioară (echivalentul deplasării de la poziția anterioară), iar sistemul de achiziție va transmite valoarea măsurată. Astfel se va putea trasa grafic caracteristica deplasării și a valorii măsurate fără de a fi nevoie de o mișcare discontinuă a suprafeței de reflexie.

Aplicația software

Aplicația software a fost realizată încât să poată fi trasată automat caracteristica de transfer a senzorului de nivel cu ultrasunete supus analizei. De asemenea, prin comanda vitezei de deplasare a suprafeței de reflexie se poate pune în evidență și timpul de răspuns al senzorului.

La lansarea în execuție a aplicației va apare fereastra de lucru din figura 5, cu următoarele funcționalități:

- Butonul „Resetare zero” – are rolul de a aduce suprafața de reflexie în poziția „0”, adică la limita inferioară;
- Butonul „Calibrare” – are rolul de a comanda deplasarea de la limita inferioară până la cea superioară și transmiterea către aplicația software a numărului de impulsuri determinat în această situație;
- Fereastra distanță maximă permite setarea unei valori în mm a distanței dintre cei doi senzori. Pot exista situații în care modificând poziția senzorilor de capăt de cursă se modifică astfel și distanța maximă de deplasare a suprafeței de reflexie;
- Butonul „Selecție deplasare” – face selecția de comandă a deplasării în număr de impulsuri sau mm;
- Butonul „Modalitate de comandă” – selectează unul din cele două moduri de lucru secvențial sau sincron. În modul secvențial se comandă realizarea unei

The control system will send the number of pulses from the previous command (equivalent of moving from its previous position) and purchasing system will transmit the measured value. This movement can draw graphics feature and measured value without the need for a discontinuous movement of the reflecting surface.

Software

Software was made that it can be drawn automatically transfer characteristic of the ultrasonic level sensor analyzed. Also, the command velocity of the reflecting surface can highlight the response time of the sensor.

At application startup the user interface appears as in Figure 5, with the following features:

- The "Reset Zero" - is to bring the reflecting surface to "0" point, the lower limit;
- The "Calibration" - is designed to control the movement from the lower to the upper and software submission to the number of pulses determined in this situation;
- Maximum distance window allows you to set a value in mm the distance between the two sensors. There may be situations where changing the travel stop position sensor is amended and the maximum travel distance of the reflecting surface;
- The "Selection movement" - movement control selection makes the number of units or mm;
- The "Way of Control" - select one of two modes sequentially or synchronously. In order to achieve a sequential mode only after the completion of travel is demanded a measure of the level. This mode is suitable for studying slow level changes (small displacements of the reflecting surface). In synchronous mode to control the development of certain movements (usually large) and intermediate pairs of values require travel - level from time to time. This mode allows the tracing the sensor response time.

deplasări și numai după terminarea acestora se comandă o măsurare a nivelului. Acest mod de lucru se pretează pentru studiul variațiilor lente de nivel (deplasări mici ale suprafeței de reflexie). În modul sincron se comandă realizarea unei anumite deplasări (de obicei mari) și se cer de perechi intermediare de valori deplasare – nivel la anumite intervale de timp. Acest mod de lucru permite trasarea caracteristicii timpului de răspuns a senzorului analizat.

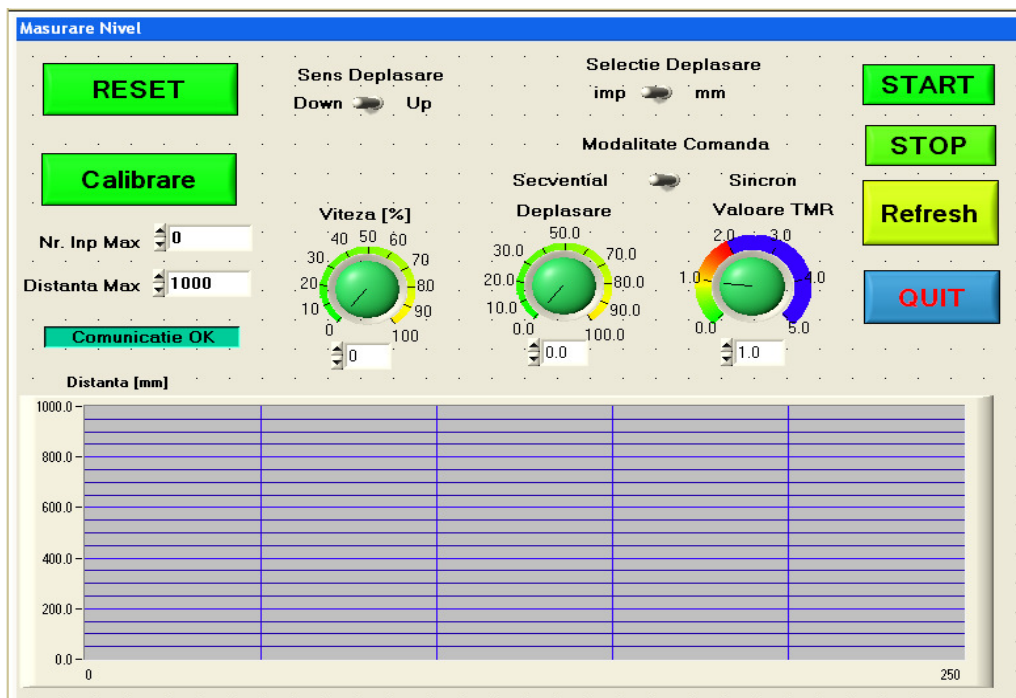


Fig.5. Aplicația Software
Fig.5. Software application

Rezultate și concluzii

După implementării sistemului numeric pentru analiza senzorului de nivel cu ultrasunete și setării acestuia în modul de lucru distanță (P001=3) cu un număr de o citire pe minut s-a obținut caracteristica din figura 6.

Pentru obținerea acestei caracteristici a fost setat modul de lucru sincron cu citirea unei perechi de valori distanță – număr impulsuri la fiecare 0,5 minute . De asemenea comanda de deplasare a fost cea de urcare a suprafeței de reflexie de la limita inferioară până la 95% din valoarea maximă

În prima parte a experimentului s-a folosit o

Results and conclusions

After implementing the system for analyzing digital ultrasonic level sensor and its setting in remote mode (P001 = 3) with a number of readings per minute was obtained the graphic as in figure 6.

To obtain this characteristic was set synchronous mode with remote reading a pairs value - number pulses every 0.5 minutes. Also control movement was the rise of the reflecting surface from the lower limit to 95% of the maximum.

In the first part of the experiment we used a low motor speed so a low rate of movement of

comandă mică a vitezei motorului de acționare deci o viteză mică de deplasare a suprafeței de reflexie. În acest caz se poate observa ca distanța măsurată de senzor și cea data de sistemul de deplasare sunt foarte apropiate.

În momentul creșterii vitezei de deplasare a suprafeței de reflexie se observă apariția unei diferențe între distanța măsurată de senzor și cea data de sistemul de deplasare. Acest fapt se datorează vitezei reduse de răspuns a senzorului. În acest caz dacă se dorește o urmărire mai rapidă a nivelului trebuie setat senzorul pentru a realiza un număr cât mai mare de măsurători pe minut.

the reflecting surface. In this case we can see that the distance measured by the sensor and the time travel system are very similar.

When increasing the velocity of the reflecting surface is observed a difference between the distance measured by the sensor and the movement given by the system. This is due to its slow response of the sensor. In this case, if you want a faster tracking, level sensor must be set to make many more measurements per minute.

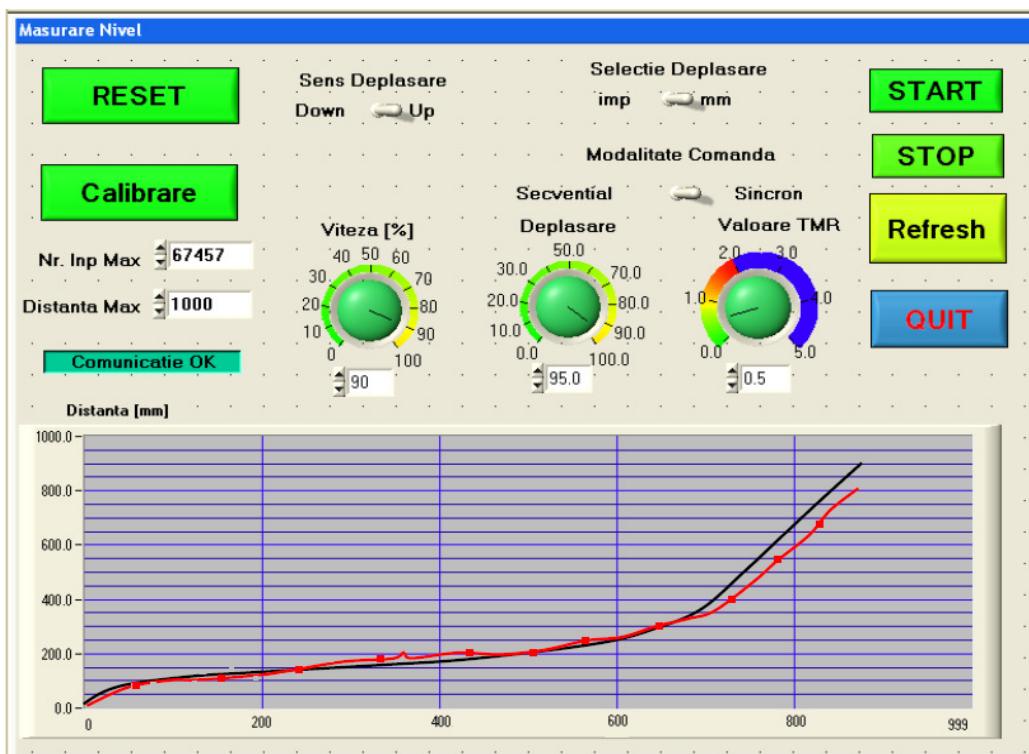


Fig.6 Rezultate experimentale
Fig.6. Experimental results

Bibliografie:

1. Grofu Florin, “Sisteme cu microprocesoare. Îndrumar de laborator” – Editura Academica Brâncuși, Tg-Jiu 2008, ISBN 978-973-144-108-5
2. Alimpie Ignea, ”Măsurări electrice și electronice. Curs” - Universitatea “Politehnica” din Timișoara - Facultatea de Electronică și Telecomunicații;
3. <http://www.automation.siemens.com/w1/automation-technology-sitrans-probe-lr->

References:

1. Grofu Florin, “Sisteme cu microprocesoare. Îndrumar de laborator” – Editura Academica Brâncuși, Tg-Jiu 2008, ISBN 978-973-144-108-5
2. Alimpie Ignea, ”Măsurări electrice și electronice. Curs” - Universitatea “Politehnica” din Timișoara - Facultatea de Electronică și Telecomunicații;
3. <http://www.automation.siemens.com/w1/>

- 18710.htm
4. <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/texasinstruments/ads7841.pdf>;
 5. Zaides P., “Senzori și traductoare”, Editura Macarie, București, 1997.
- automation-technology-sitrans-probe-lr-18710.htm
4. <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/texasinstruments/ads7841.pdf>;
 5. Zaides P., “Senzori și traductoare”, Editura Macarie, București, 1997.