

**SISTEM NUMERIC DE  
REGLARE A TURAȚIEI UNUI  
MOTOR ASINCRON FOLOSIND  
UN INVERTOR MITSUBISHI CA  
ELEMENT DE EXECUȚIE**

*Vilan Constantin Cristinel, Asist. ing.*  
*Univeristatea “Constantin Brâncuși” Tg-Jiu*  
*Nebunu Daniela Lavinia, Asist. ing.*  
*Universitatea “Constantin Brâncuși” Tg-Jiu*

**REZUMAT:** *Lucrarea prezintă strategia de proiectare și implementare a unui sistem numeric de reglare a turației unui motor asincron. În cadrul lucrării sunt prezentate etapele de proiectare și realizare ale unui sistem numeric de achiziție folosit în vederea achiziționării parametrilor motorului asincron respectiv în vederea transmiterii comenzii elaborate de către legea de reglare implementată software, elementului de execuție al sistemului.*

**Cuvinte cheie:** sistem numeric, inverter, turație

**1.Descrierea generală a sistemului numeric de reglare a turației unui motor asincron**

Schema bloc a sistemului de reglare a turației motorului asincron proiectat este prezentată în figura 1, iar imaginea standului experimental proiectat în figura 2.

**NUMERIC SYSTEM FOR  
REGULATING SPEED OF  
ASYNCHRONOUS MOTOR  
USING A MITSUBISHI  
INVERTER AS EXECUTION  
ELEMENT**

*Vilan Constantin Cristinel, Asist. ing.*  
*“Constantin Brâncuși” University*  
*Nebunu Daniela Lavinia, Asist. ing.*  
*“Constantin Brâncuși” University*

**ABSTRACT:** *The paper presents the design and implementation strategy of a digital system for regulating the speed of asynchronous motor. In the paper are present the design and implementation stage of a digital acquisition system used to asynchronous motor' s parameters acquisition, respectively for transmission to execution element of the elaborated control by the regulating law implemented software.*

**Keywords:** numeric system, inverter, speed

**1. General description of the numerical system for asynchronous motor speed adjustment**

Block diagram of the system for regulating the speed of asynchronous motor design is shown in Figure 1 and the image of the experimental stand are in Figure 2.

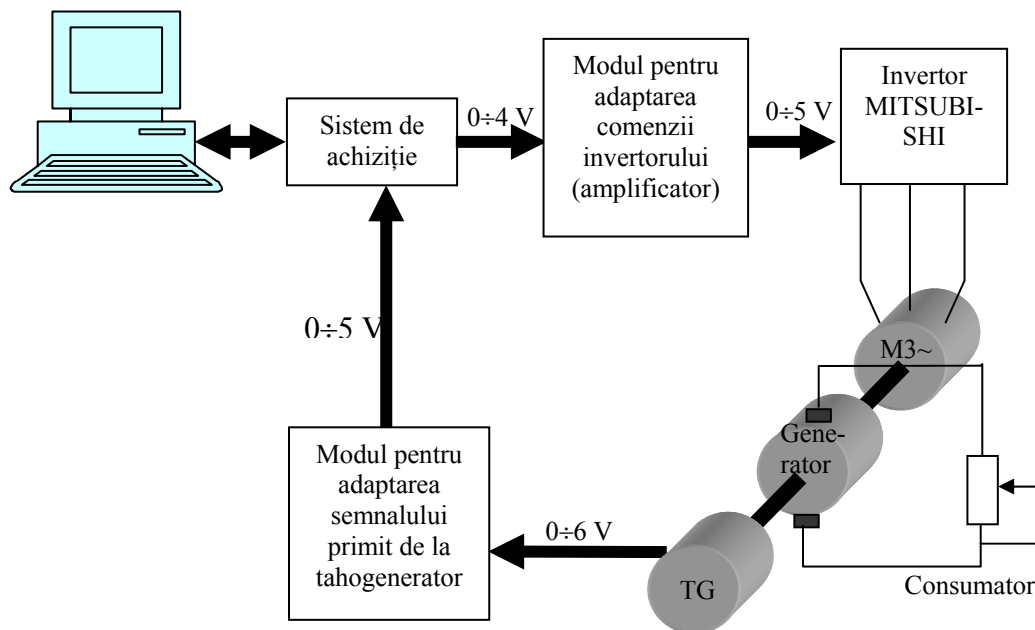


Figura 1. Schema bloc a sistemului de reglare a turației motorului asincron

Figure 1. Block diagram of the system for regulating the speed of asynchronous motor

Legea de reglare a sistemului proiectat este implementată software cu ajutorul mediului de dezvoltare Lab Windows CVI. Pentru aceasta a fost necesară proiectarea și implementarea unui sistem de achiziție prin intermediul căruia să se achiziționeze valoarea turației motorului de curent alternativ, valoare citită cu ajutorul unui tahogenerator, precum și să se transmită comanda elaborată de legea de reglare, elementului de execuție al sistemului (invertorul MITSHUBISHI).

Regulating law of designed system is software implemented using development environment Windows Lab CVI. For this implementation we need to design an acquisition system for acquisition of the asynchronous motor's speed, this value been read with an tachogenerators, respectively for transmission to execution element of the elaborated control by the regulating law implemented software.

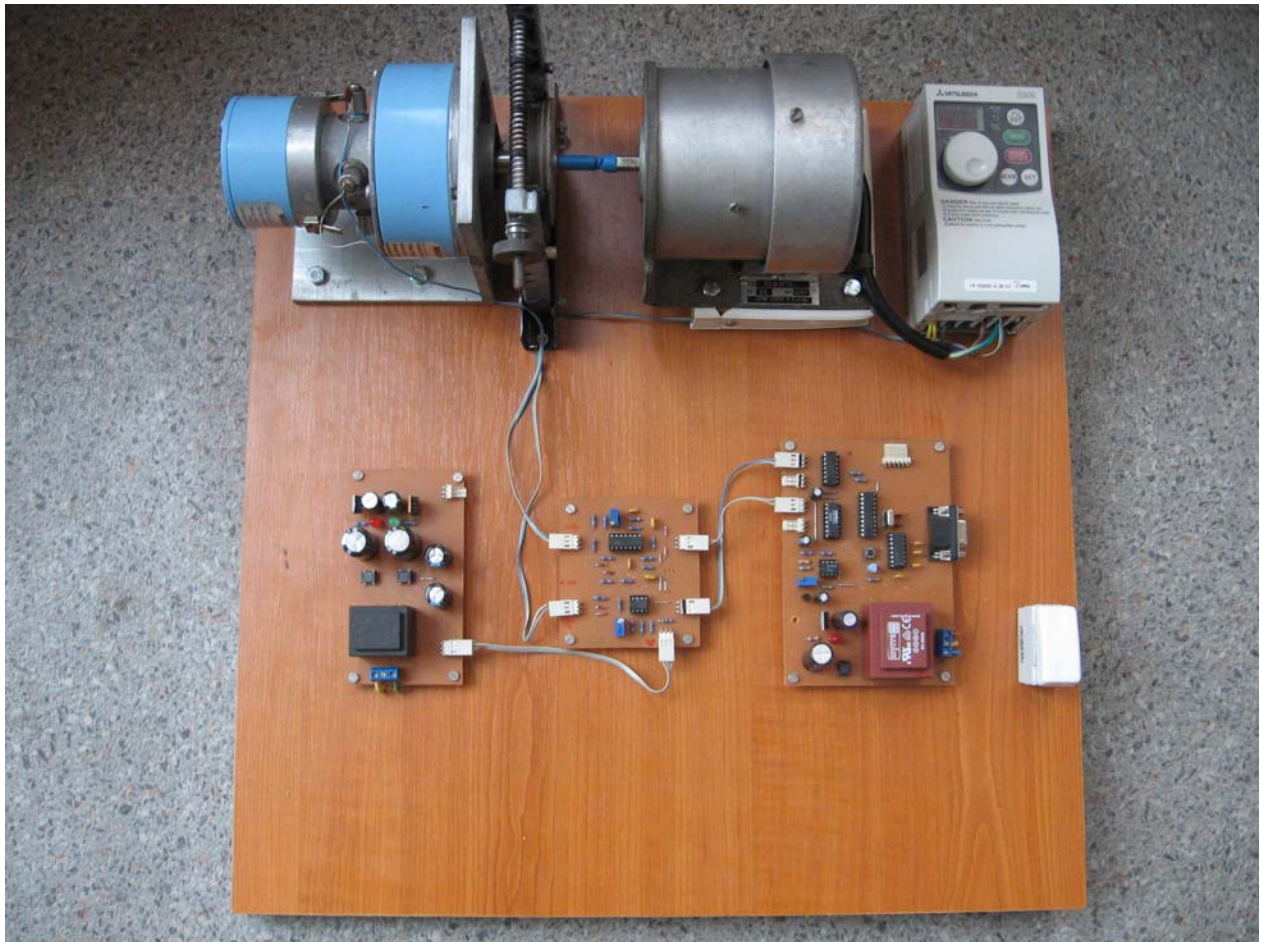


Figura 2. Imagine cu standul experimental proiectat

Figure 2. Image of the experimental stand

Întrucât atunci când comanda dată de regulator este maximă (100%), tensiunea pe canalul analogic de ieșire al sistemului de achiziție este de 4V, iar comanda maximă a inverterului este de 5 V, a rezultat necesitatea proiectării unui modul de adaptare a semnalului de comandă al regulatorului de la 4V la 5V.

Invertorul MITSHUBISHI poate fi comandat de un semnal extern în tensiune între 0÷5V, corespunzător acestui sistem de comandă, inverterul furnizând la ieșirea către motor un semnal sinusoidal cu frecvență și amplitudine variabilă, frecvența variind între 0÷60Hz.

Arborele motorului de curent alternativ este cuplat flexibil cu arborele comun al unui generator de tensiune și al unui tahogenerator. Generatorul constituie sarcina motorului asincron, perturbația

Because when the command of the regulator is maximum (100%), the voltage on the output analogical channel of the acquisition system is 4 V and maximum command of the inverter is 5 V, is necessary to design an adaptation module for this signal.

The MITSHUBISHI inverter can be commanded with an extern voltage signal (0÷5V), and it give at his output an sinusoidal signal with variable frequency and magnitude, the variation range of frequency been 0÷60 Hz.

Asynchronous motor's stem is coupled to flexible common stem of a voltage generator and a tachogenerators. Voltage generator is the asynchronous motor's task, the system perturbation actuate when at the voltage generator terminals are connected one or more users. Tachogenerators is used to provide the speed

sistemului acționând atunci când la bornele generatorului care va furniza o tensiune variabilă în funcție de turația motorului asincron, se conectează unul sau mai mulți consumatori. Tahogeneratorul este folosit pentru a furniza valoarea turației acestui ansamblu (motor-generator-tahogenerator), el furnizând o tensiune  $0\div 6V$  pentru un domeniu de variație a turației între  $0\div 3000$  rot/min.

Deoarece domeniul de variație al semnalului în tensiune la intrarea analogică a sistemului de achiziție este  $0\div 4V$  iar domeniul de variație al tensiunii la ieșirea traductorului de turație este între  $0\div 6V$  s-a impus proiectarea și implementarea unui modul de adaptare a celor două semnale (atenuator).

În continuare vom detalia fiecare componentă a sistemului de reglare proiectat.

### 1.1. Sistemul de achiziție

Sistemul de achiziție proiectat este unul cu 4 ieșiri analogice și 4 intrări analogice. Dintre cele 4 intrări respectiv cele 4 ieșiri analogice în cadrul implementării practice s-a folosit câte una.

Schema electrică a sistemului de achiziție este prezentată în figura 3. Sistemul de achiziție este realizat în jurul unui nucleu realizat cu un microcontroller ATMEL AT 89C2051 produs de firma ATMEL CORPORATION. Familia de microcontrolere de 8 biți MCS51 lansată și produsă de Intel a devenit practic un standard industrial. Ea a stat la baza dezvoltării de microcontrolere compatibile realizate de firme ca: Philips, Siemens, Dallas, etc.

Microcontrolerul are și sarcina de a structura datele după un protocol care să permită interfațarea serială sistem de achiziție - calculator.

În figura 3. pot fi observate toate circuitele periferice microcontrolerului după cum urmează:

- circuitul de RESET format din butonul de RESET propriuzis, condensatorul C3, și rezistorul R2; acest circuit realizează resetarea microcontrolerului;
- circuit generator de tact format din

value of the motor-generator-tachogenerators combination, giving us a  $0\div 6V$  voltage for a range of variation in speed from  $0\div 3000$  rpm.

Because the variation range of voltage signal at the analogical input of the acquisition system is  $0\div 4V$ , and the variation range of voltage signal at the tachogenerator's output is  $0\div 6V$ , is necessary to design an adaptation module for this signal (attenuation).

Next we detail each component of the adjustment system design.

### 1.1. Acquisition system

Acquisition system designed is one with four analog outputs and four analog input. Of the four analog inputs that the four analog outputs used in practical implementation one. Electrical diagram of the acquisition system is shown in Figure 3. The acquisition is designed around a core made with an AT 89C2051 microcontroller, product of ATMEL CORPORATION ATMEL company. 8-bit family of microcontrollers MCS51 launched and produced by INTEL has become an industry standard. It was the basis for the development of compatible microcontrollers made by companies like Philips, Siemens, Dallas, etc..

Microcontroller has the task of structuring data as a protocol to allow interfacing serial acquisition system - computers. In figure 3. can be seen all microcontroller's peripheral circuits as follows:

- RESET circuit composed from the reset button, capacitor C3 and resistor R2; This circuit realize reset of the microcontroller;
- tact generator circuit composed from the Y1 quart, capacitor C6 and capacitor C7, which together give the frequency of the microcontroller;

Also communication with the computer is done with P3.0 terminal microcontroller that receives data from the computer and with P3.1 terminal microcontroller transmitting data to computer.



module între ele.

Pinii Ref\_ADC din figura 3 se leagă cu pinul cu același nume de la circuitul din figura 4. Acest circuit generează o tensiunea de referință de 4,092V necesară convertorului analog – numeric în vederea cuantizării (determinarea numărului de volți pe cuantă) semnalului analogic primit de la traductorul de turație.

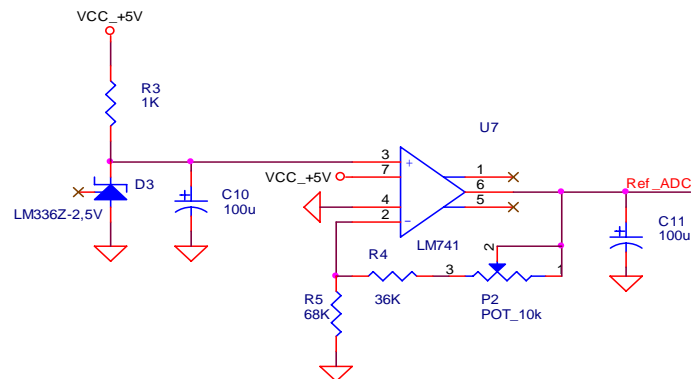


Figura 4. Schema electrică a circuitului pentru generarea tensiunii de referință a CAN

The terminal Ref\_ADC in Figure 3 are linked to the same name terminal from the circuit in Figure 4. This circuit generates a reference voltage of 4.092 V required analog – digital converter for quantization of the analog signal received from transducer speed.

Figure 4. Electrical diagram of the circuit for generating reference voltage

Comanda furnizată de regulatorul sistemului de reglare este convertită în mărime analogică cu ajutorul convertorului numeric – analogic pe 8 biți U3 din figura 3.

Convertorul numeric – analogic are de asemenea nevoie de o tensiune de referință, însă datorită faptului că acesta lucrează pe 8 biți, tensiunea de referință necesară este de 2,5 V. Această tensiune de referință se obține din tensiunea de 4,092 V furnizată de circuitul din figura 4 cu ajutorul divizorului rezistiv format din rezistențele R7 și R8 din figura 3.

### 1.2. Modulul pentru adaptarea semnalului primit de la tahogenerator

Întrucât tensiunea de ieșire a tahogeneratorului are un domeniu de variație cuprins între 0÷6V corespunzător unui domeniu de variație a turației 0÷3000 rot/min, iar domeniul de variație a semnalului în tensiune la intrarea analogică a sistemului de achiziție este cuprins în intervalul 0÷4V, s-a impus proiectarea și implementarea unui modul pentru adaptarea acestui semnal. Schema electrică a acestui modul este prezentată în figura 5.

Command provided by regulator adjustment system is converted to analogical signal with digital – analog converter on size - 8-bit analog U3 in Figure 3. Digital- analog converter also needs a reference voltage, but because it works on 8 bit voltage reference required is 2,5 V. This reference voltage is obtained from the 4.092 V provided by the circuit of Figure 4 with resistive divisor consisting of resistors R7 and R8 in Figure 3.

### 1.2. Module to adapt the signal received from tachogenerators

Because the tachogenerators has variation range of the output voltage between 0 ÷ 6V corresponding to a variation of the speed between 0 ÷ 3000 rpm and variation domain of the input acquisition system is between 0 ÷ 4V, was required to design and implement one module to adapt this signal.

Electrical diagram of this module is showing in figure 5.

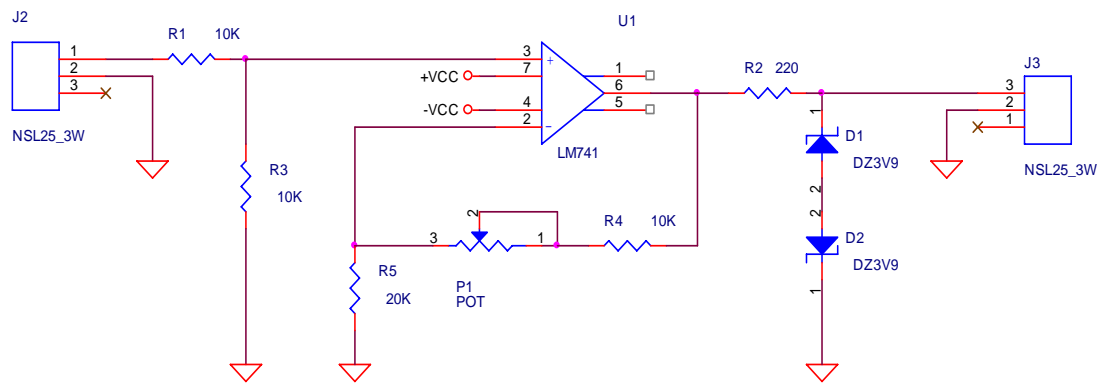


Figura 5. Schema electrică a modului pentru adaptarea semnalului primit de la tahogenerator

Figure 5. Electrical diagram of the module to adapt the signal received from tachogenerators

Semnalul în tensiune transmis de către tahogenerator (0÷6V) se aplică la intrarea unui divizor rezistiv format din rezistențele  $R_1$  și  $R_3$  astfel încât tensiunea la ieșirea divizorului rezistiv care se aplică pe intrarea neinversoare a unui amplificator operațional este:

$$U_2 = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot U_1 \Rightarrow U_2 = \frac{10}{20} \cdot 6 = 3V \quad (1)$$

Această tensiune (0÷3V) este mai apoi amplificată de către amplificatorul operațional  $U_1$  din figura 5 cu o valoare determinată astfel:

$$A = 1 + \frac{R_4 + P_1}{R_5} = 1 + \frac{20}{20} = 2 \quad (2)$$

Astfel se produce o prelucrare în două etape a semnalului furnizat de tahogenerator și anume: - mai întâi acesta este divizat de la 0÷6V la 0÷3V, iar mai apoi amplificat de la 0÷3V la 0÷4V.

### 1.3. Modul pentru adaptarea comenzii inverterului

Deoarece atunci când comanda dată de regulatorul sistemului de reglare este de 100%, valoarea tensiunii la ieșirea analogică a sistemului de achiziție este de 4V, iar comanda maximă ce trebuie dată inverterului este de 5V, rezultă necesitatea proiectării și implementării unui modul de adaptare a celor doua semnale.

Schema electrică a acestui modul este prezentată în figura 6.

The voltage signal sent by Tachogenerators (0 ÷ 6V) is applied to the input of a resistive divider consisting of resistances  $R_1$  and  $R_3$ , so the output voltage of the resistive divider is applied to an noninverter input of the operational amplifier is:

$$U_2 = \frac{R_3}{R_1 + R_3} \cdot U_1 \Rightarrow U_2 = \frac{10}{20} \cdot 6 = 3V \quad (1)$$

This voltage (3V ÷ 0) is then amplified by operational amplifier in Figure 5 by an amount determined as follows:

$$A = 1 + \frac{R_4 + P_1}{R_5} = 1 + \frac{20}{20} = 2 \quad (2)$$

This produces a two-stage processing signal provided by Tachogenerators namely: - first it is divided from 0 ÷ 6V to 0 ÷ 3V, and then increased from 0 ÷ 3V to 0 ÷ 4V.

### 1.3. Module to adapt the inverter control

Because when the command of the regulator is maximum (100%), the voltage on the output analogical channel of the acquisition system is 4 V and maximum command of the inverter is 5 V, is necessary to design an adaptation module for this signal.

Electrical diagram of this module is showing in figure 6.

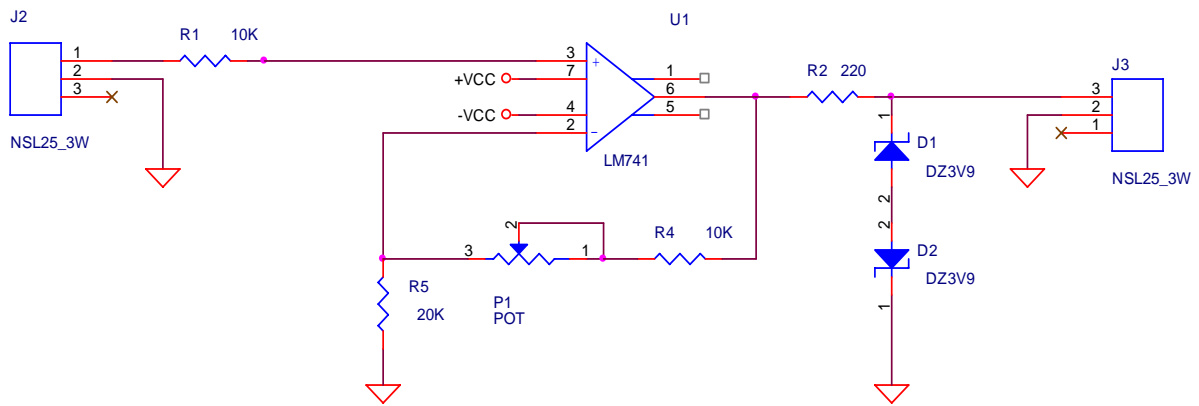


Figura 6 Schema electrică a modului pentru adaptarea comenzii invertorului

Figure 6. Electrical diagram of the module to adapt the inverter control

Semnalul de comandă furnizat de către regulatorul elementului de execuție prin intermediul canalului analitic de ieșire al sistemului de achiziție cu domeniul de variație  $0 \div 4V$  este amplificat de către amplificatorul operațional  $U_1$  din figura 6 cu o valoare calculată astfel:

$$A = 1 + \frac{R_4 + P_1}{R_5} = 1 + \frac{20}{20} = 2 \quad (3)$$

Diodele  $D_1$  și  $D_2$  din montajul de mai sus au rolul de a limita tensiunea de ieșire a montajului la aproximativ 5V.

#### 1.4. Prezentarea interfeței de comunicație proces-calculator și a rezultatelor obținute

În figura 7. este prezentată interfața de comunicație calculator/proces implementată cu ajutorul mediului de dezvoltare LabWindows CVI, interfață care conține, butoane virtuale de operare (pornire/oprire sistem, reinițializare sistem, ieșire din interfață), un potențiomtru pentru stabilirea referinței de turație a sistemului și un grafic pentru afișarea referinței stabilite precum și a turației reale a sistemului. Pe grafic se poate observa o evoluție reală a sistemului la modificarea treaptă a referinței de turație.

Control signal provided by the regulator to inverter through analog output channel of the acquisition system with variation range  $0 \div 4V$  is amplified by operational amplifier in Figure 6 by an amount calculated as follows:

$$A = 1 + \frac{R_4 + P_1}{R_5} = 1 + \frac{20}{20} = 2 \quad (3)$$

Diodes  $D1$  and  $D2$  in figure 6 are intended to limit the output voltage of the module to approximately 5V.

#### 1.4. Introducing process-computer communication interface and the results obtained

In the figure 7. is presented computer-process communication interface implemented using LabWindows CVI, interface containing virtual buttons for operation (on / off system, reset the system, leaving the interface), a potentiometer for setting the speed reference system and a graph showing the reference set and the actual speed of the system. On the graph you can see a real evolution of the system to step change of reference speed.



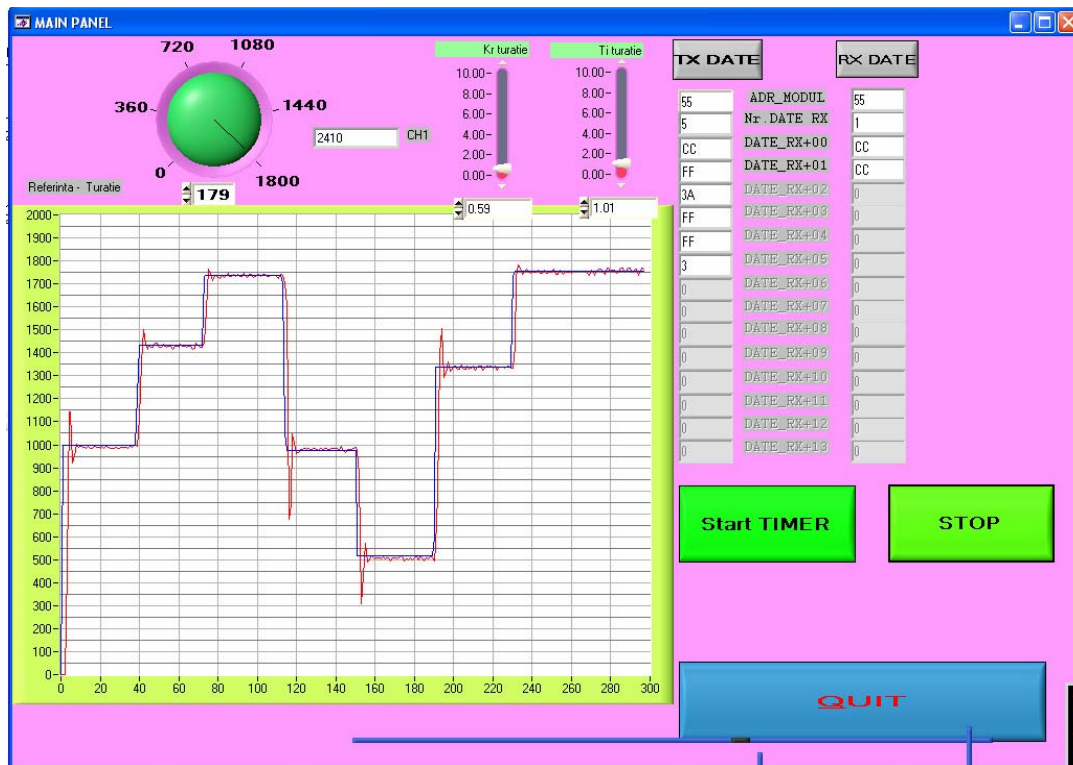


Figura 7. Interfața de comunicație calculator/proces

Figure 7. Computer/ process communication interface

### 1.5. Concluzii

Sistemul de reglare proiectat introduce următoarele avantaje:

- după cum se poate observa și pe graficul din figura 7, durata regimului tranzitoriu respectiv eroarea staționară sunt foarte mici încadrându-se în limite acceptabile;
- sistemul oferă posibilitatea modificării cu ușurință a parametrilor regulatorului și a referinței de turație;
- atât sistemul fizic proiectat și implementat cât și software-ul pot permite și monitorizarea altor parametri ai motorului (curent, temperatură, cuplu);

Putem astfel spune că sistemul de reglare proiectat are o foarte mare flexibilitate.

### BIBLIOGRAFIE

1. Sipalov G.A., Loos A.V., Mathematical modelation of the electrical machin, “The high school” 1980.
2. Constantin Ghiță, Electrical machines, “MATRIX ROM”,2005

### 1.5. Conclusions

Adjustment system designed include the following benefits:

- as can be seen on the graph in Figure 7, transient response duration and stationary error are very small fitting into acceptable limits;
- the system offers the possibility to easily change the controller parameters and reference speed;
- the system designed and implemented allow also monitor other parameters of the asynchronous motor (current, temperature, torque).

### BIBLIOGRAPHY

1. Sipalov G.A., Loos A.V., Mathematical modelation of the electrical machin, “The high school” 1980.
2. Constantin Ghiță, Electrical machines, “MATRIX ROM”,2005