UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

Identificarea Sistemelor
-Proiect-

Identificarea unui sistem bazat pe răspunsul la o intrare sinusoidală

Student : Urcan Alexandru-Raul
Grupa : 30133

Coordonator :
Prof.Dr.Ing. Petru Dobra

Cuprins:

1. Identificarea semnalului de ieșire expluatând fenomenul de rezonanță

1.1 Achiziția datelor

Utilizând aparatura din dotare se vor genera semnalele necesare identificării experimentale a procesului și se vor achiziționa datele de intrare-ieșire în vederea procesării ulterioare.

Desfășurarea experimentelor:

1. Se alimentează circuitul.
2. Se efectuează următoarele experimente:

Folosind un VCO (Voltage Controlled Oscilator) generăm un semnal de intrare sinusoidal constant având caracteristicile corelate cu dinamica sistemului și tensiunea de alimentare a acestuia.

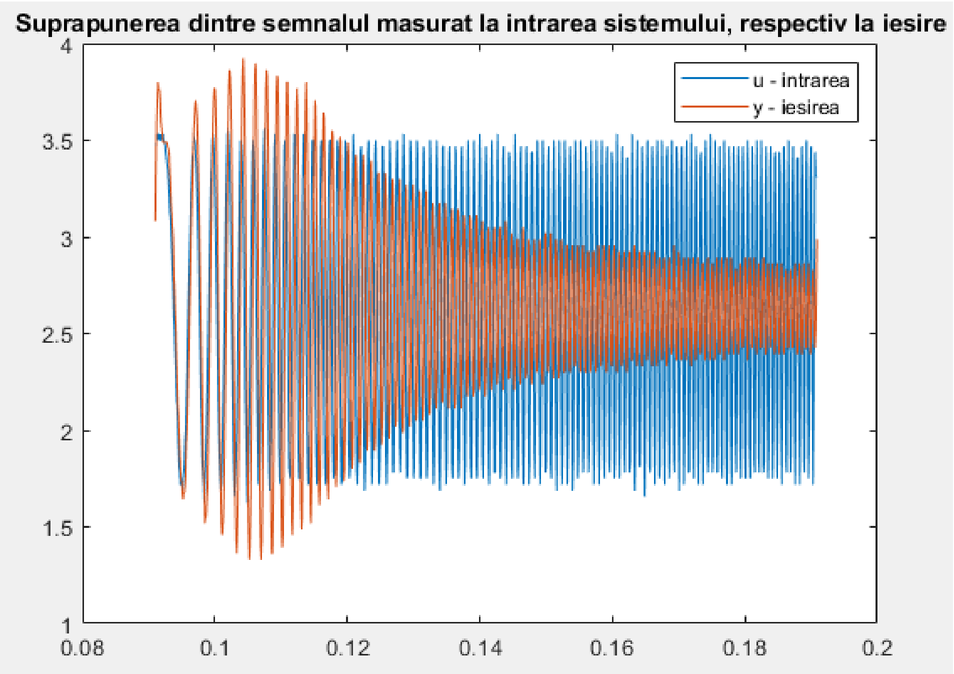
Utilizând un Osciloscop vizualizăm și colectăm sincron intrarea și ieșirea circuitului, obținând datele experimentale: [t, u, $y1, y2$].

1.2 Procesarea datelor experimentale

Primul aspect pe care l-am avut în vedere a fost introducerea în mediul de lucru al programului MATLAB setul de date rezultat în urma achiziției datelor. Prin urmare, declarăm t(timpul), u(intrarea), y(ieșirea 1).

La acest pas se afișează cele 2 semnale : u(t) reprezentând un semnal de intrare sinusoidal constant și semnalul de ieșire y(t) care își modifică frecvența. Pe abscisă este reprezentat timpul, iar pe ordonată amplitudinea. Fenomenul de rezonanță apare atunci când amplitudinea semnalului de ieșire este maximă.

Conform altor surse, putem afirma că fenomenul de rezonanță implică tendința unui sistem de a oscila cu o amplitudine mai mare la unele frecvențe decât la altele.

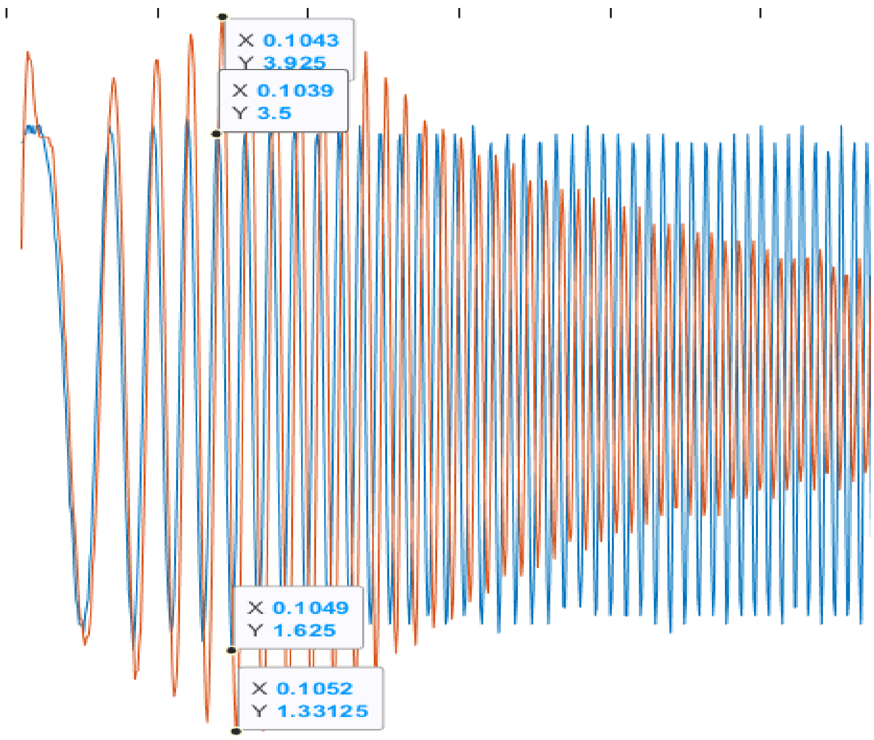


În continuare am ales 4 indici de pe perioade de timp consecutive care reprezintă 2 maxime: al intrării, respectiv ieșirii și 2 minime: al intrării, respectiv ieșirii.

Acești indici obținuți ne vor ajuta mai departe în procesul de estimare al parametrilor exploatând fenomenul de rezonanță.

u_max = 149; y_max = 143;

u_min = 142; y_min = 135;



Astfel, parametrii care trebuie identificați sunt: factorul de proporționalitate K, factorul de amortizare ζ(zeta) și pulsația naturală de oscilație ωn [rad/sec] corespunzători funcției de transfer de ordinul 2:

$$H(s) = \frac{K \cdot \omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n + \omega_n^2}$$

Factorul de proporționalitate (K) este dat de raportul dintre ieșire și intrare. În cazul nostru am calculat factorul de proporționalitate la frecvențe joase pentru a fi cat mai precis. Pentru a elimina prezența zgomotului putem utiliza funcția mean() si astfel vom utiliza valorile medii de pe intervalul selectat:

```
u0 = mean(u(117:119));   y0 = mean(y(121:124))
K = y0/u0
```

```
K = 1.0044
```

Modulul de rezonanță (Mr) îl regăsim acolo unde amplificarea este maximă:

```
Mr = (t(y_max)-t(y_min))/((t(u_max)-t(u_min))*K);
```

```
Mr = 1.1379
```

Factorul de amortizare ζ(Z) evidențiază cât de lent/rapid se stabilizează sistemul după o perturbație și o aflăm cu ajutorul modulului de rezonanță:

```
Z = sqrt(Mr-sqrt(Mr^2-1))/2/Mr
```

```
Z = 0.3389
```

Perioada de oscilație (Tosc) reprezintă timpul dintre 2 minime sau 2 maxime:

```
Tosc = 2*(t(y_max)-t(y_min))
```

```
Tosc = 0.0016 [s]
```

Pulsația de rezonanță (ωr) o regăsim acolo unde amplificarea este maximă:

```
wr = (2*pi)/Tosc
```

```
wr = 3.9270e+03 [rad/s]
```

Pulsația naturală de oscilație (ωn) o identificăm cu ajutorul pulsației de rezonanță și a factorului de amortizare:

```
wn = wr/sqrt(1-2*Z^2)
```

```
wn = 4.4745e+03 [rad/s]
```

Determinarea acestor parametrii ne permite să identificăm funcția de transfer a sistemului:

```
H =

        2.011e07
  ------------------------
  s^2 + 3033 s + 2.002e07

Continuous-time transfer function.
```

Pentru simularea răspunsului la intrarea sinusoidală în condiții inițiale nenule este necesar modelul de tip spațiul stărilor:

A = [0 , 1 ; -wn^2 , -2 * Z * wn]

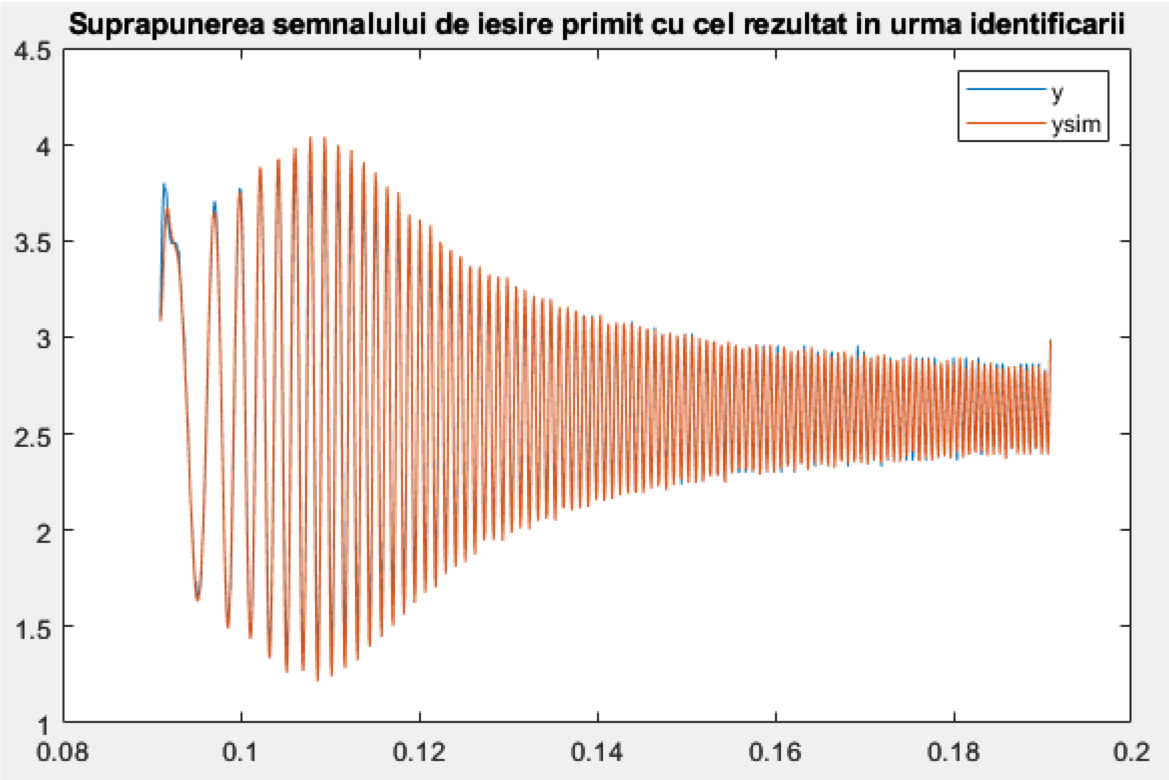
B = [0 ; K * wn^2]

C = [1 , 0]

D = 0

```
A =
              x1          x2
   x1          0           1
   x2  -2.002e+07      -3033

B =
             u1
   x1         0
   x2  2.011e+07

C =
        x1  x2
   y1    1   0

D =
        u1
   y1    0
```

```
ysim = lsim(A,B,C,D, u-u0, t, [y(1)-y0, (y(2)-y(1))/(t(2)-t(1)-y0)])+y0;

figure; plot(t, y, t, ysim);
```



1.3 Validarea modelului

Validarea modelului determinat se face pe baza comparării răspunsului experimental cu răspunsul modelului la aceeași intrare cu care a fost obținut răspunsul experimental.

Eroarea medie pătratică (J) este utilă pentru a face o comparație între mai multe modele obținute pe același set de date, în timp ce **eroarea medie pătratică relativă (empn)** se exprimă în procente, fiind mai sugestivă pentru prezentarea unui model dedus chiar și din măsurători diferite ale aceluiași proces.

```
J = 1/sqrt(length(t))*norm(y-ysim)

empn = norm(y-ysim)/norm(y-mean(y))*100
```

În urma identificării neparametrice expluatând fenomenul de rezonanță am obținut următoarele rezultate:

J = 0.0659

empn = 13.0113 %

2. Identificarea semnalului de ieșire pe baza metodelor parametrice

2.1 ARMAX-MCMMPE

Metoda celor mai mici pătrate extinsă (MCMMPE) este cunoscută sub denumirea de Auto-Regressive – ceea ce înseamnă că este o metodă recursivă, bazată pe un criteriu pătratic de minimizare – Moving Average method – ceea ce presupune existența unui model aplicat perturbațiilor – with eXogenous input – ceea ce înseamnă că sunt modelate și intrările exogene (atât intrarea de control u, cât și perturbația e) – sau, pe scurt, **ARMAX**.

Identificarea constă în estimarea coeficienților polinoamelor A, B și C. Parametrii de structură sunt: nA=deg$A$, nB=deg$B$, nC=deg$C$ respectiv nd numărul tacților de întârziere. Modelul discret corespunzător metodei ARMAX este:

$A(z-1)Y(z)=z-ndB(z-1)U(z)+C(z-1)E(z)$ unde:

$A(z-1)=1+a1z-1+\cdots+anAz-nA$

$B(z-1)=b1+b2z-1+\cdots+bnBz-nB+1$

$C(z-1)=1+c1z-1+\cdots+cnCz-nC$

În cazul nostru:

$nA = 2$

$nB = 2$

$nC = 2$

$nd = 1$

$\Rightarrow polinoamele$:

```
A(z) = 1 - 1.565 z^-1 + 0.7195 z^-2

B(z) = 0.1626 z^-1 - 0.007063 z^-2

C(z) = 1 - 1.247 z^-1 + 0.4304 z^-2
```

⇒ funcțiile de transfer identificate prin metoda ARMAX:

-în discret:

```
 0.1626 z - 0.007063
----------------------
z^2 - 1.565 z + 0.7195
```

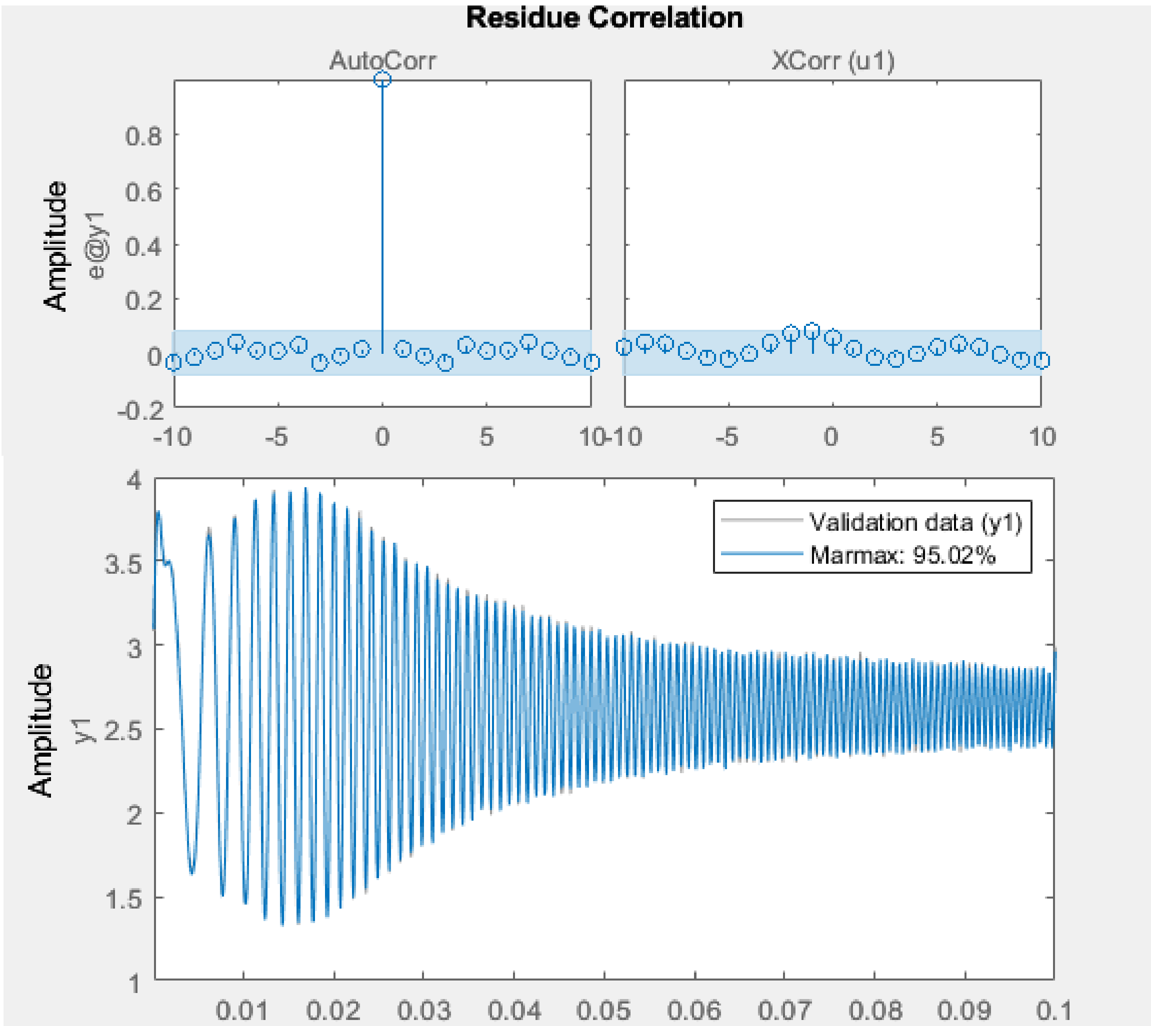
-în continuu:

```
  975.1 s + 1.854e07
-----------------------
s^2 + 3291 s + 1.842e07
```

Funcția de transfer din discret în continuu am obținut-o prin metoda *‚zoh'*. Determinarea funcției de transfer în continuu din funcția de transfer în discret se face cu ajutorul comenzii **d2c**(discrete to continuous).

Un sistem identificat folosind metoda **ARMAX** trebuie validat prin **autocorelație**. În MATLAB se face identificarea folosind rutina *armax*, care primește un obiect de tip *iddata* și parametrii de structură [nA,nB, nC, nd] și returnează un obiect de tip *idpoly* care conține modelul matematic al sistemului.

Vom folosi două metode statistice de validare a modelelor obținute, care se pot realiza cu ajutorul funcției **resid**, iar gradul de suprapunere se poate obține folosind rutina **compare**.



Din figura de mai sus se poate observa că modelul trece testul de autocorelație, cât și cel de intercorelație.

$$\Rightarrow \varepsilon MPN = 4.98\%$$

2.2 OE-Output Error

Metoda erorii de ieșire (OE) introduce o nouă structură pe baza modelului general descris la început, presupunerea de bază fiind că toată perturbația se găsește nemodelată la ieșire.

Identificarea constă în estimarea coeficienților polinoamelor B și F. Parametrii de structură ai sistemului sunt: nB=deg B, nF=deg F respectiv nd numărul tacților de întârziere. Modelul discret corespunzător metodei OE este:

$Y(z)=z-ndB\ (z-1)F(z-1)U(z)+E(z)$ unde:

$F(z-1)=1+f1z-1+\cdots+fnFz-nF$

$B(z-1)=b1+b2z-1+\cdots+bnBz-nB+1$

În cazul nostru:

$nF = 2$

$nB = 2$

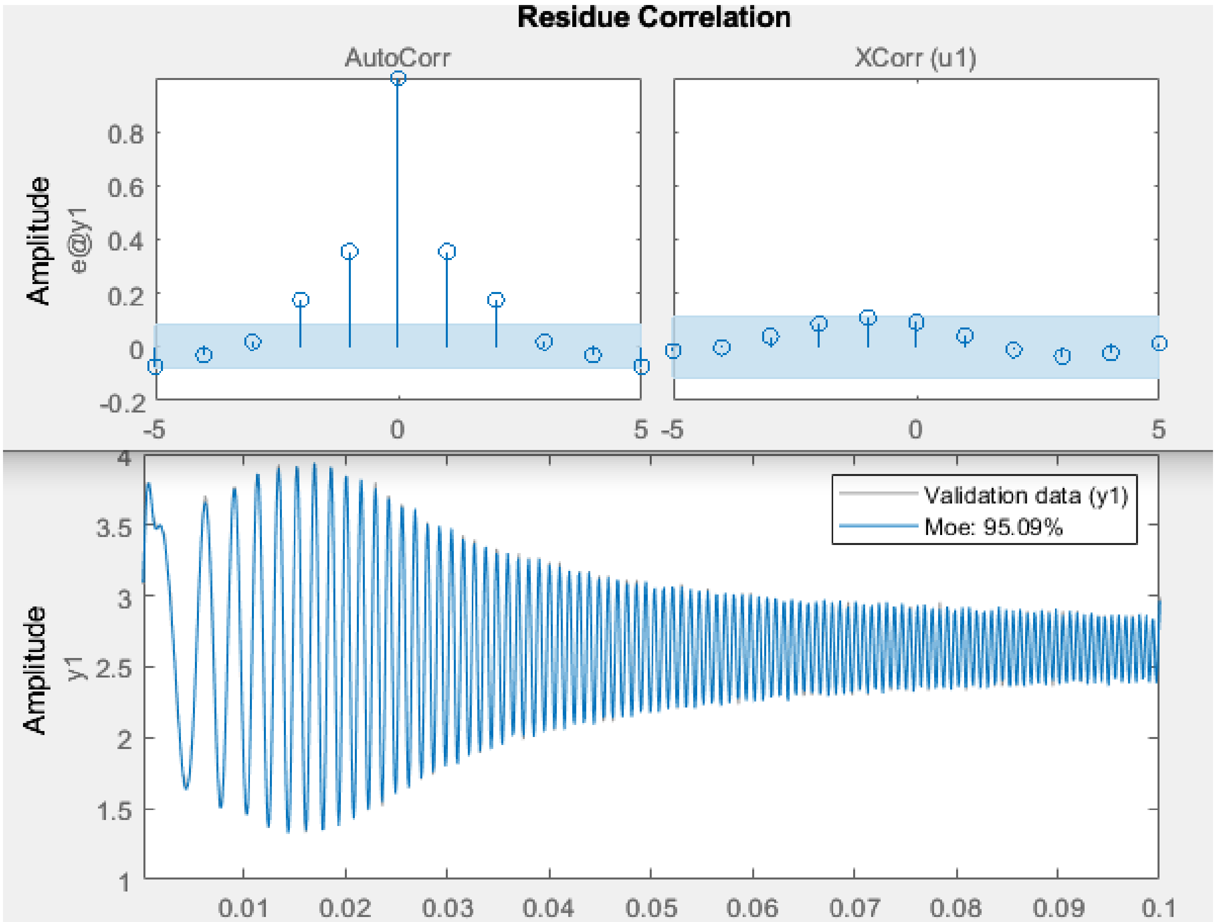
$nd = 1$

$\Rightarrow polinoamele$:

```
B(z) = 0.1638 z^-1 - 0.00717 z^-2

F(z) = 1 - 1.562 z^-1 + 0.7178 z^-2
```

Un sistem identificat folosind metoda **OE** trebuie validat prin **intercorelație**. În MATLAB se face identificarea folosind rutina oe, care primesc la intrare un obiect de tip iddata și parametrii de structură $[nB, nF, nd]$ și returnează un obiect de tip idpoly care conține modelul matematic al sistemului.

Vom folosi două metode statistice de validare a modelelor obținute, care se pot realiza cu ajutorul funcției **resid**, iar gradul de suprapunere se poate obține folosind rutina **compare**.



Din figura de mai sus se poate observa că modelul trece testul de intercorelație, iar testul de autocorelație este pe aproape de trecerea în bandă.

$\Rightarrow \varepsilon MPN = 4.91\%$

3.1 Menţiuni

Menţiuni :

dt = t(2) - t(1) este pasul de achiziție folosit în cadrul obiectului de tip iddata

d_id1 = iddata(y1, u, dt)

3.1 Bibliografie

Bibliografie :

Materiale lucrări de laborator Identificarea Sistemelor

Prof. Dr. Ing. Petru Dobra &

Prof. Ing. Șușcă Mircea &

Prof. Ing. Mihaly Vlad Mihai