

**Academia
Oamenilor de Știință
din România**



**Academy
of Romanian
Scientists**

Add: Splaiul Independenței nr. 54 sector 5, 050094, București, ROMANIA, Cod Fiscal: 5091859
Tel. 00-4021/314.74.91; Fax. 00-4021/314.75.39, Web-site: www.aos.ro, E-mail: aosromania@yahoo.com

Academia Oamenilor de Știință
din România
înregistrare în TRABE/IEȘ.
Nr. 801 data 29.06.2018

UTILIZAREA INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ÎN PREDICȚIA DATELOR DIN SISTEMELE AUTOMATIZATE INDUSTRIALE

RAPORT 1 - 29.06.2018

Autor:

Dr. ing. Alexandru Daniel **TUFAN**

Coordonator:

Prof. univ. dr. ing. Miron **ZAPCIU**

CUPRINS

CONFIGURAREA ȘI MONITORIZAREA PARAMETRILOR DE FUNCȚIONARE AL UNUI SISTEM AUTOMATIZAT	3
REGLAREA AUTOMATĂ A PARAMETRILOR DE FUNCȚIONARE A MESEI ROTATIVE	6
1. Configurarea parametrilor unui nou program de acționare	7
2. Achiziția de date	9
CONCLUZII.....	11

CONFIGURAREA ȘI MONITORIZAREA PARAMETRILOR DE FUNCȚIONARE AL UNUI SISTEM AUTOMATIZAT

În cadrul unei automatizări integrate, o importanță foarte mare o au configurarea și monitorizarea parametrilor de funcționare. O configurare corespunzătoare ajută procesul să aibă o durată mai scurtă, iar echipamentul va avea o durabilitate mai mare și un consum mai mic. Dacă sistemul este bine optimizat, acesta poate funcționa evitându-se defecțiunile.

S-a realizat un stand experimental alcătuit dintr-o masă rotativă ce cuprinde următoarele elemente: ansamblul mesei rotative, motorul electric Siemens 1FK7042-5AF71-1FH0, convertizorul SINAMICS S120 6SL3040-1LA01-0AA0, sursa SITOP PSU200M 6EP1333-3BA10 și diferite siguranțe. În figura 1 este prezentat standul experimental pe care a fost făcută cercetarea.

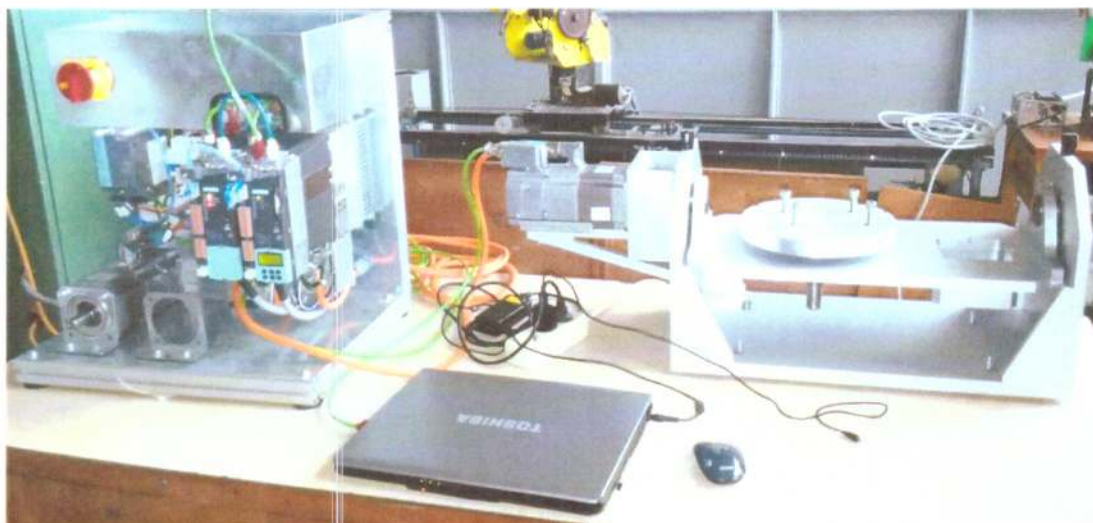


Fig.1. Standul experimental.

Masa rotativă are o singură axă ce poate fi controlată și anume, axa de rotație a motorului electric. Motorul electric are cuplul nominal de 2.6 Nm și cuplul maxim de 3 Nm.

Configurarea echipamentelor a fost făcută prin intermediul software-ului Scout. Transferul de date s-a realizat prin intermediul unui cablu Ethernet între laptop și convertizor. Toate modificările făcute asupra parametrilor de funcționare au fost salvate pe cardul de memorie al convertizorului.

Masa rotativă poate fi acționată numai prin intermediul software-ului Scout. Cu ajutorul acestuia, se pot realiza mici programe ce pot face ca mișcare mesei rotative să urmeze anumiți pași. Pentru a putea utiliza software-ul Scout este nevoie de asemenea de pachetul de software ce include STEP 7 v5.5 SP4 și licențele adecvate.

Ansamblul mesei rotative a fost realizat din aluminiu, iar acesta împreună cu motorul electric au o greutate totală de 35 kg. Partea mobilă a mesei rotative are 11,5 kg.

În figura 2 se pot observa specificațiile tehnice ale motorului electric 1FK7042.

Engineering data		Physical constants	
Rated speed	3000 rpm	Torque constant	1,40 Nm/A
Number of poles	8	Voltage constant at 20° C	89,0 V/1000*min ⁻¹
Rated torque (100 K)	2,6 Nm	Winding resistance at 20° C	5,15 Ω
Rated current	1,9 A	Rotating field inductance	29,0 mH
Static torque (60 K)	2,50 Nm	Electrical time constant	5,60 ms
Static torque (100 K)	3,0 Nm	Mechanical time constant	2,37 ms
Stall current (60 K)	1,8 A	Thermal time constant	30 min
Stall current (100 K)	2,2 A	Shaft torsional stiffness	16000 Nm/rad
Rotor moment of inertia	3,450 kgcm ²	Net weight of the motor	5,4 kg
Efficiency	89,0 %		

Fig. 2. Specificațiile tehnice ale motorului electric Siemens 1FK7042.

În figura 3 sunt prezentate specificațiile tehnice ale convertizorului SINAMICS S120.

CU310-2 Control Unit		CU310-2 Control Unit	
PROFINET	6SL3040-1LA01-0AA0	PROFINET	6SL3040-1LA01-0AA0
PROFIBUS	6SL3040-1LA00-0AA0	PROFIBUS	6SL3040-1LA00-0AA0
Current requirement, max. At 24 V DC, without taking into account the digital outputs and DRIVE-CLIQ supply	0.35 A for CU310-2 + 0.5 A for PM240-2 Power Module	Encoder evaluation	<ul style="list-style-type: none"> Incremental encoder TTL/HTL SSI encoder without incremental signals
Conductor cross-section, max.	2.5 mm ²	<ul style="list-style-type: none"> Input impedance - TTL - HTL, max. 	<ul style="list-style-type: none"> 570 Ω 16 mA
Fuse protection, max.	20 A	<ul style="list-style-type: none"> Encoder supply Encoder frequency, max. SSI baud rate Resolution absolute position SSI Cable length, max. - TTL encoder - HTL encoder - SSI encoder 	<ul style="list-style-type: none"> 24 V DC/0.35 A or 5 V DC/0.35 A 300 kHz 100 ... 250 kBaud 30 bits 100 m (328 ft) (only bipolar signals permitted)³⁾ 100 m (328 ft) for unipolar signals 300 m (984 ft) for bipolar signals³⁾ 100 m (328 ft)
Digital inputs	In accordance with IEC 61131-2 Type 1 5 floating digital inputs 8 bidirectional non-floating digital inputs/digital outputs 3 parameterizable, fail-safe digital inputs (floating) or alternatively 8 parameterizable digital inputs (floating) 5 bidirectional floating digital inputs/outputs	Power loss	<20 W
<ul style="list-style-type: none"> Voltage Low level (an open digital input is interpreted as "low") High level Current consumption at 24 V DC, typ. Delay time of digital inputs¹⁾, approx. - L → H - H → L Delay time of high-speed digital inputs¹⁾, approx. (high-speed digital inputs can be used for position detection) - L → H - H → L Conductor cross-section, max. 	<ul style="list-style-type: none"> -3 ... +30 V -3 ... +5 V 15 ... 30 V 3,5 mA 50 μs 100 μs 5 μs 50 μs 1,5 mm² 	PE connection	M4 screw
Digital outputs (continuously short-circuit proof)	8 bidirectional non-floating digital inputs/digital outputs	Dimensions	
<ul style="list-style-type: none"> Voltage Load current per digital output²⁾, max. Delay time¹⁾, typ./jmax. - L → H - H → L Conductor cross-section, max. 	<ul style="list-style-type: none"> 24 V DC 500 mA 150 μs/400 μs 75 μs/100 μs 1,5 mm² 	<ul style="list-style-type: none"> Width Height - CU310-2 PN - CU310-2 DP Depth 	<ul style="list-style-type: none"> 73 mm (2.87 in) 191 mm (7.52 in) 187 mm (7.36 in) 75 mm (2.95 in)
		Weight, approx.	0.95 kg (2.09 lb)
		Certificate of suitability	cULus
		Analog input	The analog input can be switched between current input and voltage input
		<ul style="list-style-type: none"> As voltage input As current input 	<ul style="list-style-type: none"> -10 ... +10 V; R_i > 100 kΩ Resolution: 12 bits + sign (referred to the maximum range that can be resolved: -11 ... +11 V) -20 ... +20 mA; R_i > 250 Ω Resolution: 11 bits + sign (referred to -22 ... 22 mA) Max. range that can be resolved: -44 ... +44 mA

Fig. 3. Specificațiile tehnice ale convertizorului SINAMICS S120.

În figura 4 este realizat desenul de principiu al mesei rotative. Motorul electric acționează masa rotativă printr-un cuplaj direct.

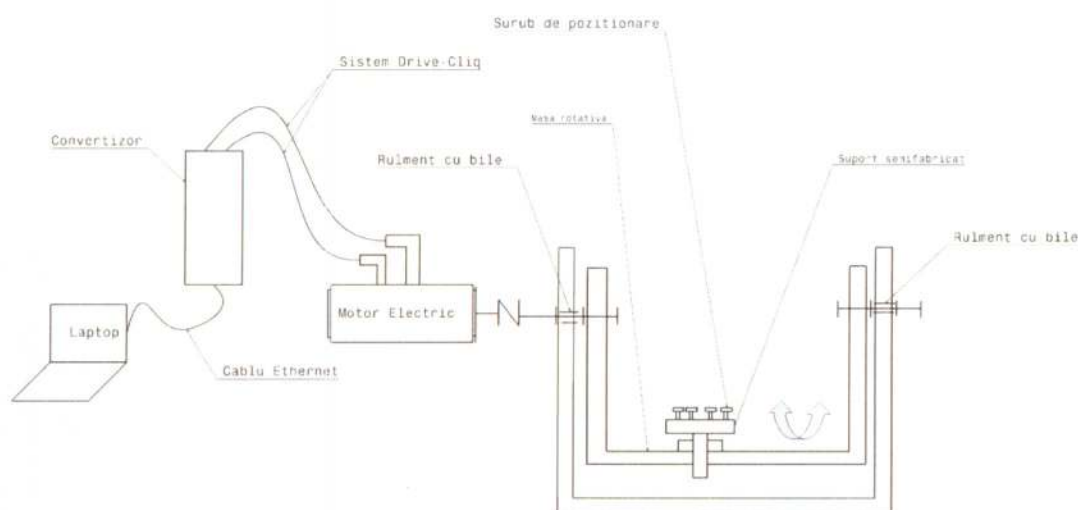


Fig. 4. Desen de principiu al masei rotative.

În figura 5 se poate observa ansamblul motor electric – masă rotativă. Cuplajul direct dintre motorul electric și masa rotativă prezintă o protecție pentru a proteja echipamentul și utilizatorul.



Fig. 5. Ansamblul motor electric – masă rotativă.

Ca și în cazul panoului de automatizare, motorul electric este conectat la convertizorul SINAMICS S120 prin sistemul „Drive Cliq”. Acesta este format dintr-un cablu verde pentru transfer de date și un cablu portocaliu pentru transfer de curent. De asemenea, cu ajutorul cablului verde pot fi accesați senzorii din motorul electric.

Transferul de date dintre echipamentele de automatizare se face prin intermediul protocolului Profinet. Conexiunea dintre laptop și convertizor se face prin intermediul unui cablu Ethernet, IP-ului laptop-ului fiind 192.168.101.100 și masca de subrețea 255.255.255.0, iar IP-ul convertizorului fiind 192.168.0.1 cu masca de subrețea 255.255.255.0.

Figura 6 arată meniul de configurare a conexiunii dintre laptop și convertizor.

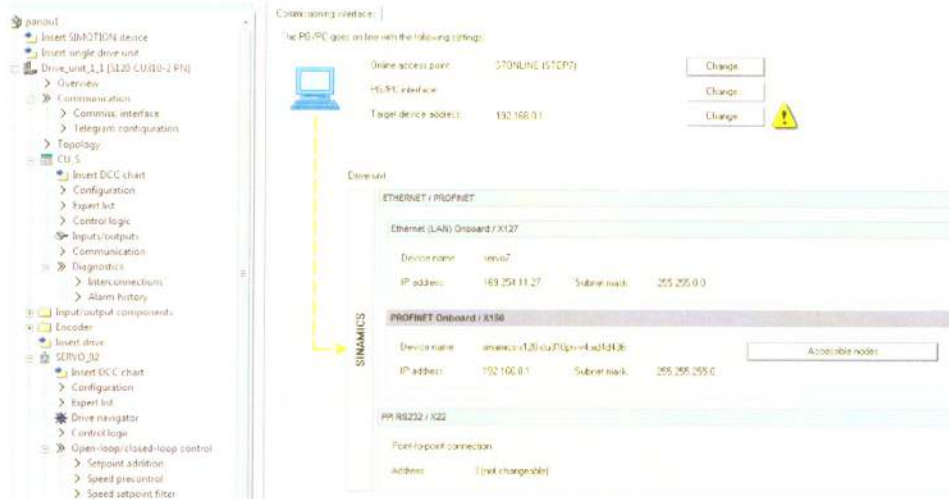


Fig. 6. Meniul de configurare a conexiunii dintre laptop și convertizor.

REGLAREA AUTOMATĂ A PARAMETRILOR DE FUNCȚIONARE A MESEI ROTATIVE

Odată conectate componentele sistemului, acestea pot comunica între ele prin software-ului Scout. În același timp, odată realizat proiectul cu toate componentele, în Scout, software-ul găsește în baza sa de date caracteristicile fiecărei componente. Având toate aceste informații, Scout poate realiza o reglare automată a parametrilor de lucru din modulul „Automatic controller setting”. Această reglare nu este foarte exactă și parametrii setați în mod automat nu coincid întotdeauna cu cei pe care am dori să îi avem în timpul procesului. Drept urmare, este recomandat să se realizeze reglarea automată dar, după aceea, parametrii setați în mod automat trebuie revizuiți. De asemenea, se vor modifica acei parametri care ne pot aduce performanțe mai bune în timpul funcționării. În figura 7 se poate observa meniul de setare automată a parametrilor de funcționare.

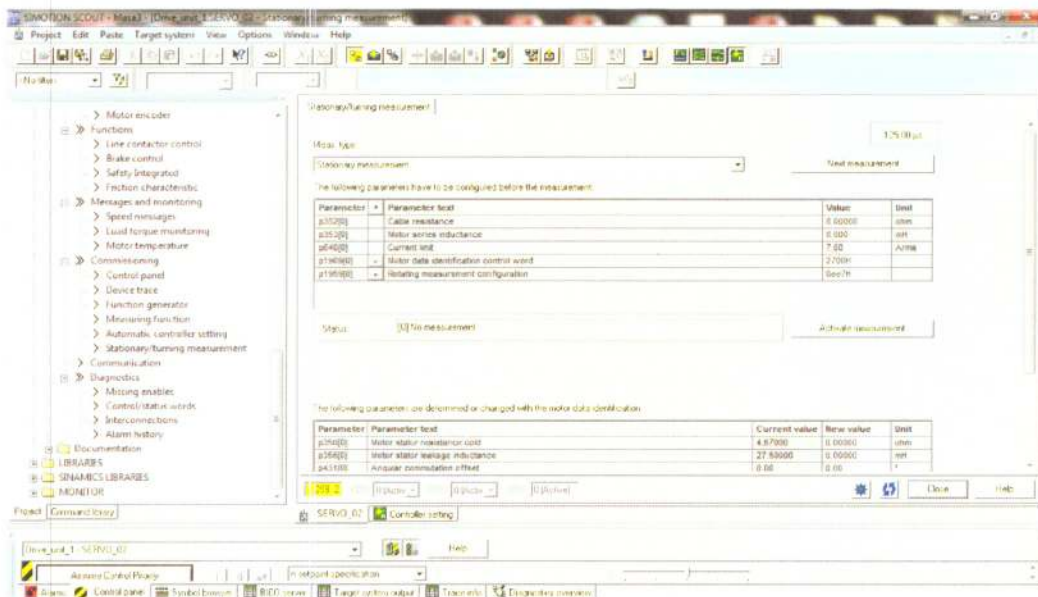


Fig. 7. Meniul de setare automata a parametrilor de funcționare.

1. Configurarea parametrilor unui nou program de acționare

Pentru a putea oferi motorului o poziție exactă, trebuie setată mai întâi originea mesei rotative, punctul din care motorul începe mișcarea. Pentru a seta originea, partea mobilă a mesei trebuie să stea nemișcată, frâna motorului trebuie să fie inactivă, iar convertizorul să fie conectat la softul Scout. În program accesează convertizorul conectat la motor, care, în cazul nostru este „U2”. După aceea se alege: Technology > Basic positioner > Homing. În fereastra apărută se apasă pe butonul mare pe care scrie „Homing”, se alege „Perform absolute value calibration” și „Yes”, iar în momentul acela se salvează în memoria convertizorului originea mesei ca fiind punctul în care se află în acel moment masa rotativă. În figura 8 este prezentat meniul pentru setarea originii mesei rotative.

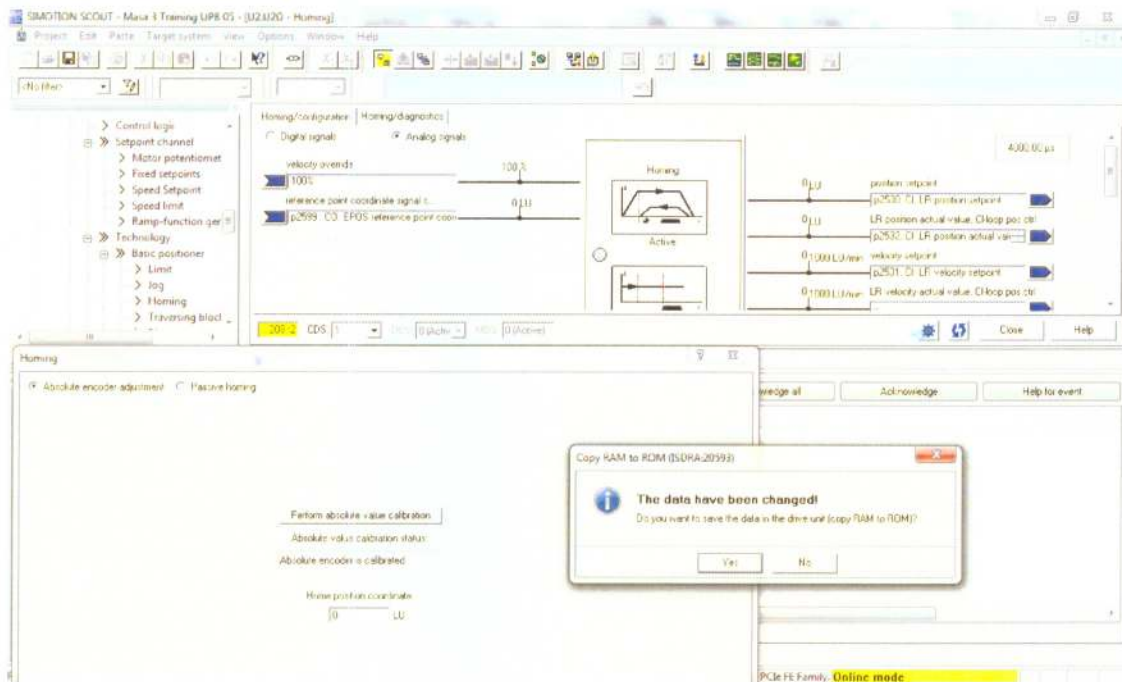


Fig. 8. Meniul pentru setarea originii mesei rotative.

După setarea originii mesei rotative, trebuie setată valoarea unității de măsură LU (Length Unit – Unitate de măsură). Unitatea de măsură LU se calculează ca fiind totalul numărului de puncte ce formează o rotație completă a mesei rotative. În cazul de față a fost stabilit ca o rotație completă a mesei să fie făcută în 360 LU, rezultând că $1 \text{ LU} = 1^\circ$. Pentru setarea acestei variabile se alege convertizorul folosit, după care Technology->Position control->Mechanics. În fereastra „Mechanics” se apasă butonul „Edit”, după care se pun valorile raportului de transmisie și, în casuța „LU per load revolution” se pune valoarea ce reprezintă totalul numărului de puncte ce formează o rotație completă a mesei rotative. Odată apasat butonul „Accept”, valoarea este salvată.

În figura 9 se poate observa meniul în care se configurează unitatea de măsură pentru deplasarea mesei rotative. Pentru a defini o poziție cât mai exactă a motorului electric, a fost creată unitatea de măsură LU. În mod automat a fost setat ca 1000 LU să fie echivalentul unei rotații complete a motorului, dar pentru a calcula mai ușor poziția, a fost definit ca 360 LU, echivalentul unei rotații complete a motorului.

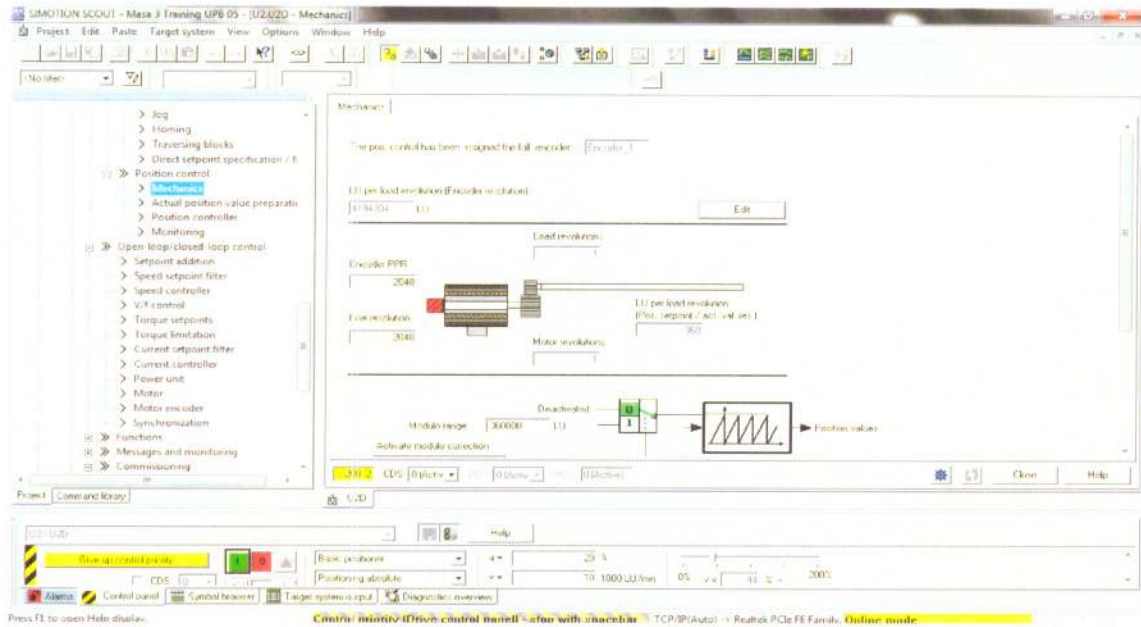


Fig. 9. Definirea variabilei LU (Length Unit – Unitate de măsură).

Acționarea motorului electric se face după ce laptopul este conectat cu convertizorul prin intermediul programului Scout. Se selectează convertizorul, după care: Drive navigator>Allow motor to run>Give up control priority , se bifează „Enables” și se alege opțiunea „Basic positioned”. Odată ajuns în acest meniu, se selectează unul din cele 3 moduri de acționare a mesei: „Jog and Setup mode”, „Positioning mode” sau „Homing mode for incremental encoders”. Toate cele 3 opțiuni oferă diferite moduri de a modifica poziția mesei rotative.

În figura 10 este prezentat meniul din care este controlată poziția mesei rotative. Din acest meniu se pot rula de asemenea, și programele predefinite ale mișcării mesei rotative.

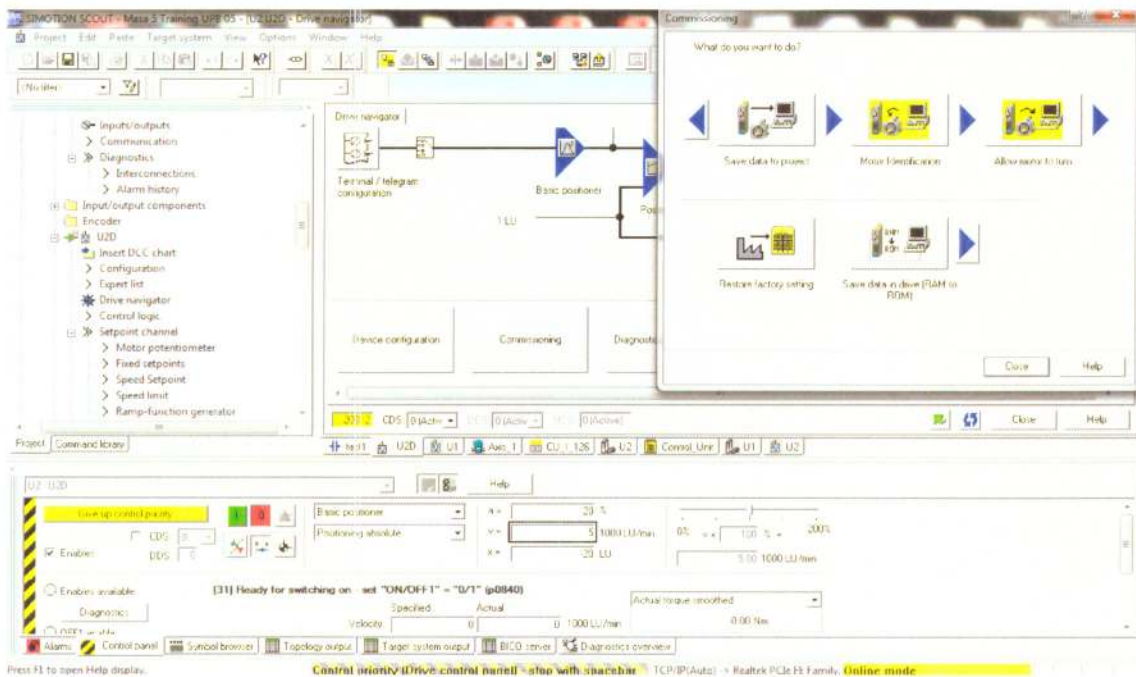


Fig. 10. Meniul de control al mesei rotative.

2. Achiziția de date

Achiziția de date este procesul de măsurare a unui fenomen cum ar fi tensiunea, turtația, temperatura sau cuplul. Motorul electric 1FK7042 are senzori interni ce permit măsurarea diferiților parametri pentru a putea observa mai bine comportamentul său. În comparație cu sistemele tradiționale de măsurare, sistemele de achiziție de date bazate pe PC exploatează puterea de procesare, productivitatea, afișajul și capacitățile de conectivitate ale calculatoarelor oferind o soluție mai puternică, flexibilă și rentabilă de măsurare.

Meniul achiziției de date se găsește în Commissioning>Device trace. Se aleg parametrii ce se doresc urmăriți și culoarea cu care aceștia vor fi afișați pe grafic. În dreptul câmpului „Factor” se alege valoarea cu care se va înmulți timpul de bază al unui ciclu (Basic cycle clock), rezultând timpul în care se va face o măsurătoare (Trace cycle clock). În câmpul „Duration” este pusă durată totală a măsurătorii. Pentru a începe măsurătoarea se apasă butonul „Start”, iar dacă dorim să o oprim mai devreme decât timpul setat, se apasă butonul „Stop”. În momentul în care măsurătoarea se termină apare un grafic cu toți parametrii aleși. Rezultatele măsurătorii pot fi exportate sub alte forme pentru a face o analiză mai amănunțită cu alte programe. Exportul se face din meniul Trace>Measurement>Export measurements și se alege extensia cu care se dorește salvat fișierul. În cazul de față, măsurătorile au fost exportate cu extensia „.xls” și au fost prelucrate cu ajutorul programului Mathcad.

În figura 11 se poate observa meniul pentru realizarea achiziției de date. Este nevoie de o informare corectă asupra fiecărui parametru ce este ales în cadrul achiziției de date. Tehnologia BICO (Binector Connector) reprezintă un tip de parametrizare care poate fi utilizat pentru a deconecta toate interconexiunile interne de semnal între blocurile BICO sau pentru a stabili noi conexiuni. Acest lucru este realizat folosind Binectori (utilizate pentru a interconecta semnalele digitale) și Connectori (utilizate pentru a interconecta semnalele analogice). De aici și numele tehnologiei BICO. În cadrul programului există o „listă expert” în care sunt prezentați toți parametrii disponibili din cadrul programului. În funcție de importanță și utilitate, ei pot fi modificați sau nu.

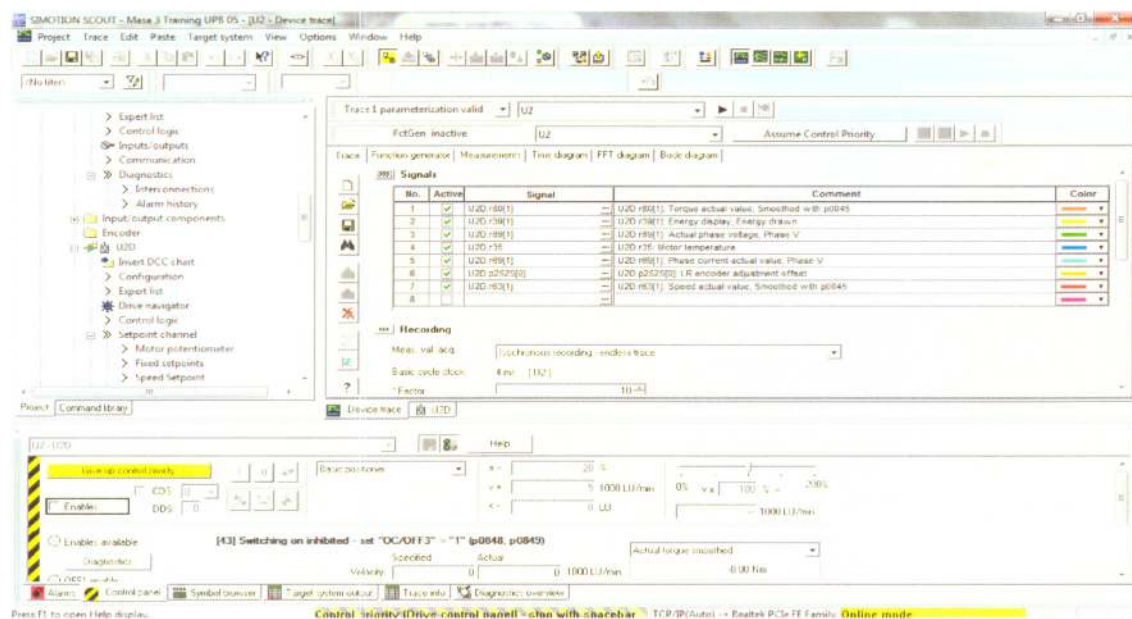


Fig. 11. Meniul achiziției de date.

În figura 12 sunt prezentate rezultatele unei măsurători făcute cu ajutorul achiziției de date. Datorită faptului că Scout prezintă grafice greu de urmărit, informațiile colectate din măsurători au fost exportate și prelucrate cu ajutorul software-ului Mathcad.

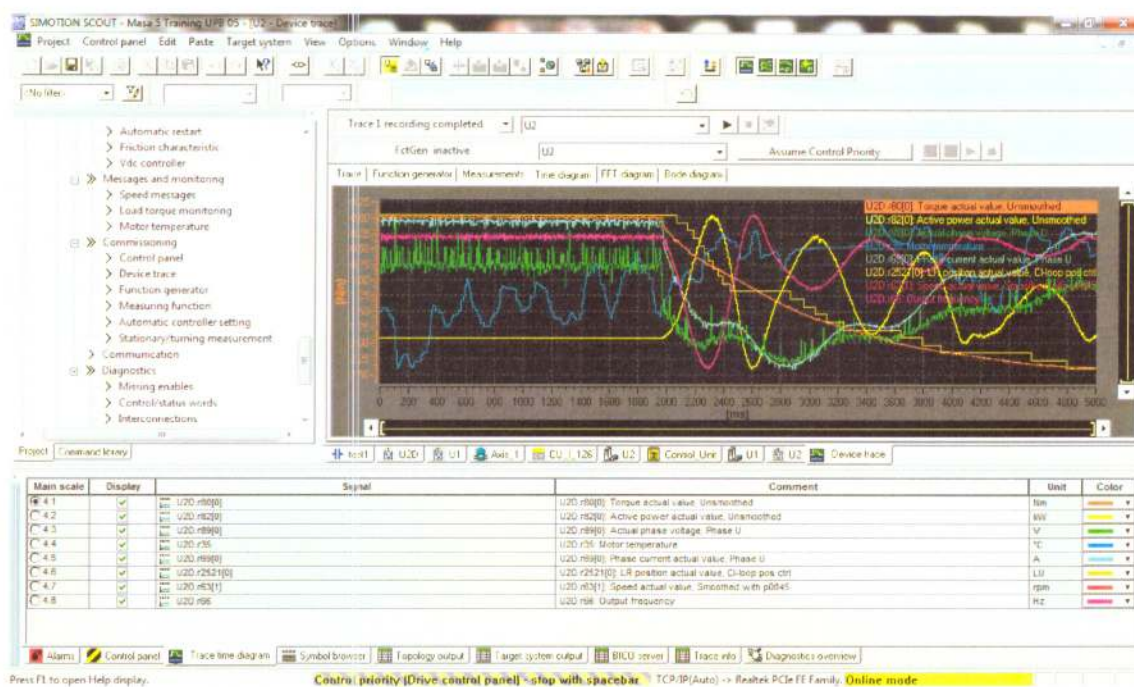


Fig. 12. Rezultatele achiziției de date.

CONCLUZII

Configurarea parametrilor unui nou program de acționare

Pentru executarea oricărui program este necesar să se știe punctul de pornire a mesei rotative. Totodată, pentru a fi posibilă acționarea, este necesară definirea variabilei LU. LU reprezintă totalul numărului de puncte ce formează o rotație completă a mesei rotative. Pentru a calcula cu ușurință mișcarea mesei rotative s-a ales ca o rotație completă a mesei să fie făcută în 360 LU, rezultând că $1 \text{ LU} = 1^\circ$. Acționarea motorului electric se face după ce laptopul este conectat cu convertizorul prin intermediul programului Scout.

Achiziția de date este realizată achiziție de date cu ajutorul software-ului Scout și a senzorilor motorului electric. Au fost realizate mai multe achiziții de date și, în urma acestora, s-a putut observa foarte clar dependența cuplului de intensitatea curentului și dependența cuplului de tensiunea curentului. Datorită limitării cuplului la 2,6 Nm, motorul nu poate roti masa la un unghi mai mare de $\pm 20^\circ$.

Având în vedere că motorul electric nu este suprasolicitat cu diferențe mari de cuplu, nu apar fluctuații bruște de curent și nici abateri de la traiectorie.

ACHIZITIA DE DATE EXPERIMENTALE (extras)

X (ms) (timp)	C0:SERVO _02_r63 (turatie)	C1:SERVO _02_r2521 0 (pozitia in grade)	C2:SERVO _02_r80 (cuplu)	C6:SERVO _02_r66 (frecventa)	C7:SERVO_02_r35 (Temperatura ME)
0	0.014234403	-9	0.000528016	0.00094896	37.39542389
4	0.0034786	-9	0.000177812	0.000231907	37.39560699
8	0.007491968	-9	-0.002067697	0.000499465	37.39595032
12	-0.00304332	-9	0.000127222	-0.000202888	37.40402985
16	-0.000495717	-9	-0.002453776	-3.30478E-05	37.40402985
20	-0.001470907	-9	-0.000202995	-9.80605E-05	37.41179276
24	-0.001065173	-9	0.001878399	-7.10115E-05	37.41924667
28	0.011096735	-9	-0.001186777	0.000739782	37.41924667
32	0.008188117	-9	0.002351016	0.000545874	37.42640686
36	-0.009393507	-9	0.000122335	-0.000626234	37.43328094
40	-0.008763734	-9	-0.003853714	-0.000584249	37.43328094
44	0.000406334	-9	6.72689E-05	2.70889E-05	37.44622421
48	0.003052283	-9	-0.000299246	0.000203486	37.45231628
52	-0.001383307	-9	5.33513E-05	-9.22205E-05	37.45816422
56	0.001004177	-9	-0.000475337	6.69452E-05	37.46378326
60	0.00697352	-9	7.62417E-05	0.000464901	37.46378326
64	-0.003056955	-9	0.000489759	-0.000203797	37.46521759
68	0.00577314	-9	0.001470028	0.000384876	37.4665947
72	0.007406958	-9	0.00063872	0.000493797	37.4679184
76	0.003837108	-9	-0.001597317	0.000255807	37.47040939
80	0.006140264	-9	-0.001039683	0.000409351	37.47040939
84	0.000312171	-9	0.000138837	2.08114E-05	37.47040939
88	0.011091552	-9	-0.001186951	0.000739437	37.47040939
92	-0.004120703	-9	-0.001548104	-0.000274714	37.47270584
96	-0.012394469	-9	0.000141996	-0.000826298	37.47270584
100	0.00155202	-9	0.000117266	0.000103468	37.4737854
104	0.006345653	-9	-0.002892756	0.000423044	37.4737854
108	-0.006532712	-9	-0.000971831	-0.000435514	37.4737854
112	0.001594636	-9	0.000166106	0.000106309	37.47878265
116	0.005429722	-9	0.000572209	0.000361981	37.48358154
120	0.009473859	-9	-0.00098038	0.000631591	37.48358154
124	0.013024727	-9	-0.000704241	0.000868315	37.48358154
128	-0.002463832	-9	-0.000342457	-0.000164255	37.48819351
132	-0.002104548	-9	0.000223414	-0.000140303	37.5009613
136	-0.002914	-9	0.001104319	-0.000194267	37.5009613
140	-0.003433686	-9	0.000561854	-0.000228912	37.5009613
144	-0.006584672	-9	0.002758571	-0.000438978	37.50488281
148	-0.00885508	-9	0.001345906	-0.000590339	37.50488281
152	0.01015378	-9	0.000565936	0.000676919	37.50865173
156	0.000460235	-9	-0.000188726	3.06823E-05	37.50830841
160	0.00088778	-9	-0.000383975	5.91853E-05	37.50735855
164	-0.00776989	-9	0.001832066	-0.000517993	37.50706863
168	0.004268383	-9	0.000669813	0.000284559	37.50706863
172	0.003199124	-9	0.000648678	0.000213275	37.50706863
176	7.11431E-05	-9	0.001820685	4.74288E-06	37.50706863
180	0.007410944	-9	0.002677753	0.000494063	37.50706863
184	-0.012374862	-9	0.001425903	-0.000824991	37.50679016

Utilizarea inteligenței artificiale în predicția datelor din sistemele automatizate industriale

188	0.007628716	-9	6.70447E-05	0.000508581	37.50626373
192	0.018042294	-9	0.00139572	0.00120282	37.50577927
196	0.002033861	-9	5.32373E-05	0.000135591	37.50532913
200	0.002985528	-9	0.000398975	0.000199035	37.50511932
204	0.003202745	-9	0.000365743	0.000213516	37.50491714
208	-0.010768997	-9	-1.18717E-05	-0.000717933	37.50491714
212	-0.005358329	-9	-0.003019796	-0.000357222	37.50491714
216	-0.002878153	-9	4.50988E-05	-0.000191877	37.50453568
220	0.004751355	-9	1.7216E-05	0.000316757	37.50418472
224	0.007649477	-9	-0.000453791	0.000509965	37.50386047
228	-0.014771145	-9	-0.000267452	-0.000984743	37.50342178
232	-0.00334838	-9	8.34364E-05	-0.000223225	37.50328445
236	0.012295235	-9	-0.000279219	0.000819682	37.50291061
240	0.000689005	-9	-0.001945529	4.59337E-05	37.50247574
244	0.003972745	-9	-0.000411969	0.00026485	37.50237656
248	0.000732996	-9	-0.000411546	4.88664E-05	37.50228119
252	-0.001977132	-9	-0.000232166	-0.000131809	37.50986862
256	0.007653566	-9	-0.003280833	0.000510238	37.51343918
260	0.0003035	-9	0.00474091	2.02333E-05	37.51343918
264	-0.005837753	-9	-0.000202007	-0.000389184	37.51686859
268	0.004315752	-9	-0.000360885	0.000287717	37.52016068
272	-0.007195457	-9	0.000197006	-0.000479697	37.52016068
276	0.003285373	-9	0.000589059	0.000219025	37.52332306
280	-0.011966187	-9	0.001542116	-0.000797746	37.52635956
284	-0.001003337	-9	0.000199888	-6.68891E-05	37.52635956
288	-0.002074964	-9	0.000218829	-0.000138331	37.53207779
292	-0.039807949	-9	-0.00016313	-0.002653863	37.53476715
296	-0.000954704	-9	-0.001520753	-6.3647E-05	37.5373497
300	-0.011926907	-9	0.001364837	-0.000795127	37.53982925
304	-0.003694104	-9	0.00224541	-0.000246274	37.53982925
308	0.000486412	-9	-0.00106396	3.24275E-05	37.54221344
312	0.011153216	-9	-0.003225392	0.000743548	37.54450226
316	0.009837456	-9	-0.003230308	0.00065583	37.54669952
320	-0.007615484	-9	-0.003249073	-0.000507699	37.55083466
324	-8.56657E-06	-9	0.002204358	-5.71104E-07	37.55083466
328	-0.001874338	-9	-0.000218694	-0.000124956	37.55083466
332	0.005714129	-9	-0.00123661	0.000380942	37.55083466
336	0.000378594	-9	-0.000396255	2.52396E-05	37.55464935
340	-0.003400019	-9	-0.000421442	-0.000226668	37.55464935
344	0.002795911	-9	-0.000232605	0.000186394	37.55644608
348	-0.009983643	-9	0.000637735	-0.000665576	37.55644608
352	-0.00606424	-9	0.000446453	-0.000404283	37.55644608
356	-0.002490812	-9	0.000442932	-0.000166054	37.55817032
360	-0.003143731	-9	-0.003309122	-0.000209582	37.5598259
364	0.001993193	-9	0.00045156	0.00013288	37.5598259
368	0.00077459	-9	-0.001226595	5.16394E-05	37.5598259
372	-0.003916572	-9	0.000486006	-0.000261105	37.56141663
376	0.00915853	-9	0.000163552	0.000610569	37.5658226
380	0.010449004	-9	0.001853744	0.0006966	37.5658226
384	0.003637125	-9	-0.000180799	0.000242475	37.5658226
388	0.007406036	-9	0.000170165	0.000493736	37.56717682
392	0.01328839	-9	-0.004054969	0.000885893	37.56717682
396	-0.008758174	-9	-0.001983674	-0.000583878	37.56847763
400	-0.010634775	-9	0.000598391	-0.000708985	37.56972504

Dr. Ing. TUFAN Alexandru Daniel

404	0.005573643	-9	0.001967783	0.000371576	37.57318115
408	0.009206655	-9	0.001937222	0.000613777	37.57424164
412	0.001914834	-9	0.002418172	0.000127656	37.57424164
416	-0.003030737	-9	0.000225967	-0.000202049	37.57424164
420	-0.004390005	-9	-0.000163631	-0.000292667	37.57424164
424	-0.004559787	-9	0.002401734	-0.000303986	37.57424164
428	-0.000309479	-9	-0.000185999	-2.0632E-05	37.57526016
432	-0.005217869	-9	-0.000195844	-0.000347858	37.57718277
436	0.003591849	-9	-0.000195617	0.000239457	37.5789566
440	0.005707136	-9	-0.003269475	0.000380476	37.58058929
444	0.000162123	-9	0.002206	1.08082E-05	37.58135986
448	-0.005769996	-9	0.0001482	-0.000384666	37.58209991
452	-0.001537756	-9	-0.00193747	-0.000102517	37.58209991
456	-0.007561122	-9	0.000145118	-0.000504075	37.58209991
460	0.014111262	-9	0.000664849	0.000940751	37.58348846
464	0.000941262	-9	-0.000229556	6.27508E-05	37.5847702
468	-0.001532004	-9	8.75237E-05	-0.000102134	37.58595276
472	0.019222878	-9	7.18336E-05	0.001281525	37.58755875
476	0.002273138	-9	-0.001104164	0.000151543	37.58805084
480	0.00376978	-9	-0.002800267	0.000251319	37.58941269
484	-3.92945E-06	-9	-0.000274678	-2.61964E-07	37.59062195
488	-0.001875858	-9	-0.000455397	-0.000125057	37.59135056
492	0.032323372	-9	-0.00213815	0.002154891	37.59961319

Eșantion de achiziție, după poziția unghiulară de 12 grade

3072	-0.834847629	-12	-0.281790525	-0.055656504	37.64144135
3076	-0.825627863	-12	-0.307097554	-0.055041853	37.64144135
3080	-0.862495005	-12	-0.282696068	-0.057499666	37.64144135
3084	-0.767775714	-12	-0.259716719	-0.051185045	37.64376068
3088	-0.758457065	-12	-0.240982905	-0.050563805	37.65018463
3092	-1.006905198	-12	-0.232368201	-0.067127012	37.65405273
3096	-1.007690549	-12	-0.224890977	-0.067179367	37.65405273
3100	-0.942750871	-12	-0.221681923	-0.062850058	37.65405273
3104	-0.800321877	-12	-0.223126799	-0.053354792	37.65405273
3108	-0.65596956	-12	-0.246314734	-0.043731306	37.65405273
3112	-0.745505691	-12	-0.288584083	-0.049700376	37.65405273
3116	-0.691822946	-12	-0.308489412	-0.04612153	37.65761948
3120	-0.732994616	-12	-0.341590732	-0.048866306	37.66091156
3124	-0.743732035	-12	-0.319294691	-0.049582135	37.66394806
3128	-0.714270473	-12	-0.399511784	-0.047618032	37.66537476
3132	-0.773406565	-12	-0.422021836	-0.051560435	37.66278458
3136	-0.751127183	-12	-0.436318994	-0.050075147	37.66029739
3140	-0.885690808	-12	-0.45718646	-0.059046052	37.66029739
3144	-0.961923718	-12	-0.474603921	-0.06412825	37.65561676
3148	-0.91412276	-12	-0.474400192	-0.060941517	37.65129852
3152	-0.942903101	-12	-0.479215413	-0.062860206	37.64731598
3156	-0.962689638	-12	-0.477584839	-0.064179309	37.64364243
3160	-1.119944096	-12	-0.470101923	-0.074662939	37.64025497
3164	-1.161625385	-12	-0.457662374	-0.077441692	37.63566208
3168	-1.299995184	-12	-0.447901785	-0.086666338	37.63425064
3172	-1.091196895	-12	-0.407343477	-0.072746463	37.62913895
3176	-1.036217213	-12	-0.385757655	-0.06908115	37.62913895

Utilizarea inteligenței artificiale în predicția datelor din sistemele automatizate industriale

3180	-1.092089653	-12	-0.367197037	-0.072805978	37.63590622
3184	-1.081723452	-12	-0.347466856	-0.0721149	37.6546402
3188	-1.204133987	-12	-0.323492736	-0.080275588	37.6546402
3192	-1.216138363	-12	-0.312373668	-0.081075892	37.66039658
3196	-1.151785851	-12	-0.293803811	-0.076785721	37.66039658
3200	-1.041209459	-12	-0.280012429	-0.06941396	37.66592407
3204	-1.042719364	-12	-0.271098077	-0.069514625	37.67123413
3208	-1.04297626	-12	-0.296469927	-0.069531754	37.67633438
3212	-0.964951038	-12	-0.264522076	-0.064330071	37.67633438
3216	-0.85301441	-12	-0.264981449	-0.056867626	37.68123245
3220	-0.781858444	-12	-0.28240931	-0.052123893	37.69045258
3224	-0.808521807	-12	-0.30500406	-0.053901449	37.69478989
3228	-0.824010909	-12	-0.323601872	-0.054934062	37.68707657
3232	-0.763050795	-12	-0.352484703	-0.05087005	37.68707657
3236	-0.810635567	-12	-0.402547687	-0.054042369	37.67966843
3240	-0.757680595	-12	-0.441517621	-0.050512034	37.67255402
3244	-0.93559587	-12	-0.501628697	-0.062373057	37.66572189
3248	-0.93933171	-13	-0.531855226	-0.062622115	37.66572189
3252	-0.921934605	-13	-0.543464243	-0.061462305	37.65285492
3256	-0.970917642	-13	-0.55644387	-0.064727843	37.65285492
3260	-0.966047764	-13	-0.557692826	-0.064403184	37.65285492
3264	-0.979708493	-13	-0.554961145	-0.065313898	37.6409874
3268	-1.090663433	-13	-0.544099689	-0.072710894	37.6409874
3272	-1.126245975	-13	-0.527297497	-0.075083062	37.63540268
3276	-1.155399561	-13	-0.503114164	-0.077026635	37.63540268
3280	-1.191947699	-13	-0.493066996	-0.079463184	37.63540268
3284	-1.191618919	-13	-0.416864187	-0.079441264	37.63540268
3288	-1.232197881	-13	-0.419904172	-0.082146518	37.63796234
3292	-1.229874849	-13	-0.411851764	-0.081991658	37.64041901
3296	-1.043101668	-13	-0.369326532	-0.069540113	37.64041901
3300	-0.964681983	-13	-0.346254975	-0.06431213	37.64041901
3304	-0.92192024	-13	-0.337625682	-0.061461344	37.64931488
3308	-0.939823568	-13	-0.314174622	-0.062654905	37.64931488
3312	-1.037862062	-13	-0.313210458	-0.0691908	37.64931488
3316	-0.873109341	-13	-0.311521381	-0.058207288	37.65132141
3320	-0.978498995	-13	-0.320384085	-0.065233268	37.65132141
3324	-0.922027707	-13	-0.329728901	-0.061468512	37.65132141
3328	-0.862487078	-13	-0.350774318	-0.057499141	37.64136887
3332	-0.821771622	-13	-0.367582887	-0.054784775	37.61381149
3336	-0.678988039	-13	-0.391287088	-0.045265868	37.59720993
3340	-0.83501035	-13	-0.421111703	-0.055667352	37.59720993
3344	-0.851780593	-13	-0.450103372	-0.056785371	37.59720993
3348	-0.779374599	-13	-0.480418414	-0.051958304	37.59720993
3352	-0.802024662	-13	-0.505503297	-0.053468309	37.59720993
3356	-0.878179252	-13	-0.54043889	-0.05854528	37.59720993
3360	-0.978326678	-13	-0.571909487	-0.065221779	37.58190155
3364	-0.947327614	-13	-0.594839036	-0.063155174	37.56777954
3368	-0.938605726	-13	-0.592263758	-0.062573716	37.55475235
3372	-0.867404759	-13	-0.59923023	-0.057826985	37.54862213
3376	-0.882327497	-13	-0.605110645	-0.058821835	37.54273605
3380	-0.838645995	-13	-0.606885433	-0.055909734	37.53708267
3384	-0.889419675	-13	-0.602153361	-0.059294645	37.53708267
3388	-1.017953992	-13	-0.596877635	-0.067863598	37.52643967
3392	-1.097316623	-13	-0.584478617	-0.073154442	37.51662064

Dr. Ing. TUFAN Alexandru Daniel

3396	-1.054911494	-13	-0.560858488	-0.070327431	37.50756454
3400	-1.115423799	-13	-0.542122602	-0.074361585	37.49921417
3404	-1.120645761	-13	-0.533851385	-0.074709713	37.4915123
3408	-1.123730659	-13	-0.493605316	-0.074915379	37.48440933
3412	-1.092321277	-13	-0.467558593	-0.072821416	37.47785568
3416	-1.073390126	-13	-0.443074286	-0.07155934	37.46623611
3420	-1.044051528	-14	-0.416192859	-0.069603436	37.46623611
3424	-0.912908494	-14	-0.390481234	-0.060860563	37.47153473
3428	-0.961121857	-14	-0.371307015	-0.064074792	37.48620224
3432	-1.016530275	-14	-0.335849792	-0.067768686	37.48620224
3436	-0.847242057	-14	-0.338675469	-0.056482803	37.4907074
3440	-0.879574478	-14	-0.322170556	-0.058638297	37.4907074
3444	-0.664878547	-14	-0.319130778	-0.044325236	37.49503708
3448	-0.648805678	-14	-0.338512868	-0.043253712	37.4991951
3452	-0.723948836	-14	-0.364484102	-0.048263252	37.50318909
3456	-0.616122127	-14	-0.396517694	-0.041074805	37.50318909
3460	-0.682589769	-14	-0.430514574	-0.045505986	37.50702286
3464	-0.483777136	-14	-0.464396745	-0.032251809	37.51070404
3468	-0.558642626	-14	-0.523195922	-0.037242841	37.51367569
3472	-0.587760746	-14	-0.551652074	-0.039184049	37.513134
3476	-0.532749772	-14	-0.595573246	-0.035516653	37.513134
3480	-0.578511536	-14	-0.638661683	-0.038567435	37.5126152
3484	-0.495757163	-14	-0.665245533	-0.033050478	37.51211548
3488	-0.601437986	-14	-0.700375795	-0.040095866	37.51163483
3492	-0.694709063	-14	-0.722596943	-0.046313938	37.51163483
3496	-0.757834852	-14	-0.738855898	-0.050522324	37.51073074
3500	-0.821214795	-14	-0.737435102	-0.054747649	37.51073074
3504	-0.847059965	-14	-0.744145393	-0.056470662	37.51073074
3508	-0.929043412	-14	-0.730718017	-0.061936226	37.50989914
3512	-0.942744374	-14	-0.713769436	-0.062849626	37.50989914
3516	-1.002944827	-14	-0.690817535	-0.066862985	37.50950623
3520	-1.032822251	-14	-0.675751567	-0.068854816	37.50950623
3524	-1.072328448	-14	-0.630699098	-0.071488567	37.50950623
3528	-1.136619925	-14	-0.596705556	-0.075774662	37.50950623
3532	-1.08299017	-14	-0.55492574	-0.072199345	37.50912857
3536	-1.036808133	-14	-0.522858799	-0.069120541	37.50876617
3540	-1.248511076	-14	-0.490236938	-0.083234064	37.50876617
3544	-1.037008047	-14	-0.466055065	-0.06913387	37.50876617
3548	-1.011002898	-14	-0.427140623	-0.067400195	37.50745773
3552	-0.993993163	-14	-0.403174996	-0.066266209	37.50745773
3556	-0.968536973	-14	-0.415276945	-0.064569131	37.50745773
3560	-0.877843142	-14	-0.386322856	-0.058522876	37.507164
3564	-0.772988081	-14	-0.393968046	-0.05153254	37.507164
3568	-0.704517901	-14	-0.407028407	-0.04696786	37.507164
3572	-0.651146054	-14	-0.413250059	-0.043409735	37.51084137

BIBLIOGRAFIE

- [Tufan A. D., 2016] Tufan Alexandru Daniel, Toma Alexandru Iulian, Zapciu Miron, Monitoring the operating parameters of an electric motor, Conference Proceedings of the Academy of Romanian Scientists, PRODUCTICA Scientific Session, Vol. 8, Nr.1/2016, ISSN 2067-2160, pp. 104-111;
- [Tufan A. D., 2018] UPB 2018
- [UGAL, 2014] Ingineria interfețelor om-mașină, curs Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați;
- [Urbanek J., 2014] Urbanek Jacek, Barszcz Tomasz, Antoni Jerome, Integrated modulation intensity distribution as a practical tool for condition monitoring, Applied Acoustics 77, pag 184–194, Elsevier Science B.V., 2014;
- [USV, 2015] Laborator - Programmable Logic Controller -
www.eed.usv.ro/~crstinag/LabMC/lab10_uCE_PLC.doc;
- [Vogel-Heusera B., 2009] Vogel-Heuser B., Kegel G., Bender K., Global information architecture for industrial automation, Automatisierungstechnische Praxis 51, 2009, pp. 108-115, 209;
- [Vogel-Heusera B., 2015] Vogel-Heusera Birgit, Fay Alexander, Schaefer Ina, Tichy Matthias, Evolution of software in automated production systems: Challenges and research directions, The Journal of Systems and Software, Volume 110, Pages 54–84 , 2015;
- [Vogelsang G., 2002] Vogelsang Gunter, Vladareanu Luigi, Velea Lucian Marius, The Real Time Control by the OPEN-CNC Complex Automation System of the Six Freedom Axes Mechanical Center, The annual symposium of the institute of solid mechanics, Bucharest, 2002;
- [Vogelsang G., 2003] Vogelsang Gunter, Vladareanu Luigi, Velea Lucian Marius, Hierarchical structures based on plc with radio-modem monitoring of distributed systems, The annual symposium of the institute of solid mechanics, Bucharest, 2003;
- [Wei L., 2012] Wei Li, Jie Shu, Yong Zhang-Xian, Qing Zhou, Smart operations in distributed energy resources system, Physics Procedia, Vol. 24, 2012, pp. 443-449;
- [Weigmann J., 2000] Weigmann Josef, Decentralization with PROFIBUS-DP: Architecture and Fundamentals, Configuration and Use with SIMATIC S7, Editura Wiley, 2000, ISBN-13: 978-3895781445;
- [White G., 2005] White Glenn; Louie Gary J (2005). The Audio Dictionary (3 ed.). University of Washington Press. p. 18. ISBN 0295984988;
- [Wu Z., 2014] Wu Zhenhua, Study of factors impacting remote diagnosis performance on a PLC based automated system, Journal of Manufacturing Systems, Volume 33, Issue 4, Pages 589–603, 2014;
- [Yoo H., 2014] Yoo Hyunguk, Shon Taeshik, Novel Approach for Detecting Network Anomalies for Substation Automation based on IEC 61850, Multimedia Tools and Applications , Volume 73, Number 3, Online ISSN 1573-7721, Publisher Springer US, 2014;
- [Zapciu M., 2005] Zapciu Miron, Anania Florea Dorel, Bisu Claudiu Florinel, Conceptie si fabricatie integrate – Aplicatii, Editura Bren, ISBN 973-648-481-5, 2005;
- [Zhan K., 2014] Zhan Kai, Ding Steven X., Chen Zhiwen, Lei Yaguo, Hao Haiyang, A data-driven multiplicative fault diagnosis approach for automation processes, ISA Transactions, Elsevier Science B.V., 2014;

- [Zhang Y., 2010] Zhang Yongchang, Zhu Jianguo, Direct Torque Control of Permanent Magnet Synchronous Motor With Reduced Torque Ripple and Commutation Frequency, IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 26, Nr. 1, pp. 235 - 248, 2010;
- [Ziegler J., 1993] Ziegler J.G., Nichols N.B., Optimum settings for automatic controllers, Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, vol. 115, no. 2(B), 1993, pp. 220–222;