

1. Senzori de temperatură

În domeniul măsurărilor electrice, prin senzor se înțelege un dispozitiv care transformă o anumită mărime fizică sau chimică într-o mărime electrică, aceasta din urmă putând fi utilizată pentru a indica valoarea mărimii măsurate sau chiar pentru a controla sistemul care a generat-o.

Mărimea fizică poate fi lungime, greutate, presiune, temperatură, etc, cea chimică putând fi concentrația diferitelor gaze, PH-ul, etc. Pentru a putea fi folosite în echipamentele de măsură, automatizare și control, semnalele generate de senzori trebuie prelucrate cu ajutorul unor circuite electronice care realizează așa-numita condiționare a acestora. Operațiile principale care trebuie realizate sunt filtrarea, tinerizarea și amplificarea.

Clasificarea senzorilor

O primă metodă de clasificare a senzorilor constă în separarea acestora în senzori care generează un semnal de ieșire sub formă de tensiune sau curent - dependent de mărimea de intrare și senzori cărora trebuie să li se aplice din exterior o tensiune sau un curent pentru a produce un semnal de ieșire util. Primul tip de senzor este denumit ca fiind cu autoexcitație, iar cel de-al doilea este numit cu excitație externă. Calitatea excitației determină și calitatea semnalului de ieșire pentru senzorii cu excitație externă. Senzorii pot fi grupați și în funcție de domeniul de aplicabilitate. Unii sunt cu funcții clar dedicate, în timp ce alții pot fi utilizați pentru diverse măsurători specifice. De exemplu, senzorul de tip marcă tensometrică este în realitate doar un rezistor variabil ce poate fi utilizat pentru a măsura greutatea, presiunea, forța, accelerația și deformarea. În controlul tuturor proceselor industriale, automatizările joacă un rol din ce în ce mai important. Pentru ca o astfel de instalație să funcționeze în siguranță, este necesar ca anumiți parametri din acel proces să fie cunoscuți, de valorile măsurate ale acestora

depinzând structura comenzilor aplicate. Cel mai comun parametru industrial care trebuie măsurat este temperatura.

Senzori de temperatură

Cele mai comune tipuri de senzori de temperatura sunt: termorezistențele, termocuplurile, termistoarele și senzorii integrați. Fiecare are avantaje, dezavantaje și cerințe specifice privind prelucrarea și condiționarea semnalului furnizat la ieșire. Cei mai utilizați senzori de temperatură sunt termocuplurile și termorezistențele.

Termocuplurile

Termocuplul este un senzor cu cost redus, care acoperă cea mai largă gamă de temperatură comparativ cu alte tipuri de senzori. Nu necesită excitație externă și este format dintr-un ansamblu de două conductoare omogene (denumite termoelectrozi) sudate între ele. Sudura este denumită joncțiune de măsurare (sau sudura caldă) și se află în mediul cu temperatura T care se dorește a fi măsurată. Capetele libere, care constituie joncțiunea de referință (sau sudura rece) se află la temperatura mediului T_0 . În aceste condiții, între cele două capete libere apare o tensiune termoelectromotoare E_{TC} .

Un dezavantaj al utilizării termocuplurilor este acela că două termocupluri (chiar de același tip constructiv) pot produce semnale de ieșire mult diferite între ele. Pentru a obține o precizie bună trebuie reluat procesul de calibrare la fiecare înlocuire a senzorului.

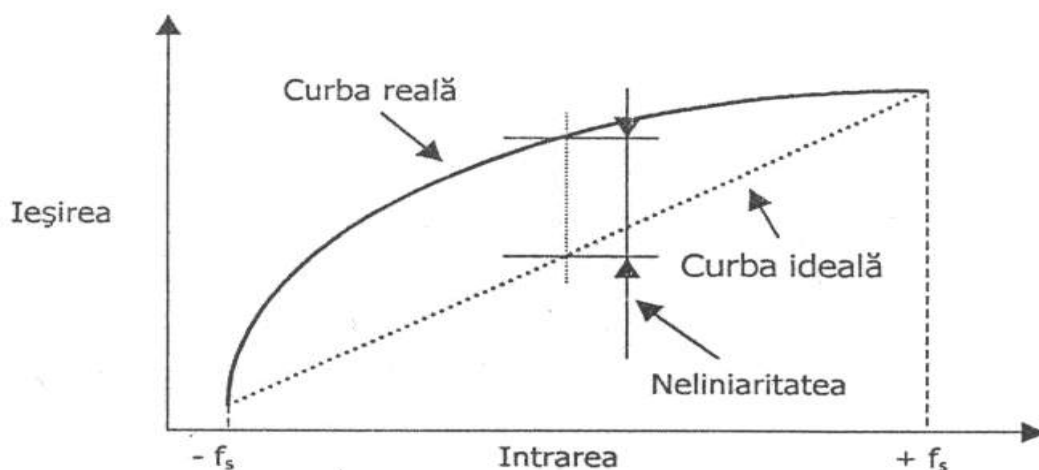
Gama tensiunilor generate de termocupluri se încadrează între 10mV și 80mV, pentru întreg domeniul valorilor de temperatură. Semnale de ieșire prezintă în plus, fiecare termocuplu are o caracteristică neliniară proprie. Aceasta face dificilă realizarea unui circuit de liniarizare universal valabil. Acuratețea termocuplurilor depinde și de puritatea compoziției metalelor componente și de procesul de fabricație. Uzual, un termocuplu nu are o precizie mai bună de 0,5% (uzual 1%) din

domeniul maxim de măsură. Termocuplurile necesită, aproape întotdeauna, circuite de amplificare și de compensare a joncțiunii de referință.

Este important de notat că termocuplurile indică întotdeauna diferența dintre temperaturile a două joncțiuni (a joncțiunii calde și a joncțiunii reci). Temperatura joncțiunii de măsură este temperatura importantă, utilă. Cealaltă joncțiune este fie menținută la temperatura de referință (0°C) fie această condiție este simulată cu ajutorul unui circuit electronic.

2. Liniarizarea caracteristicii senzorilor de temperatură

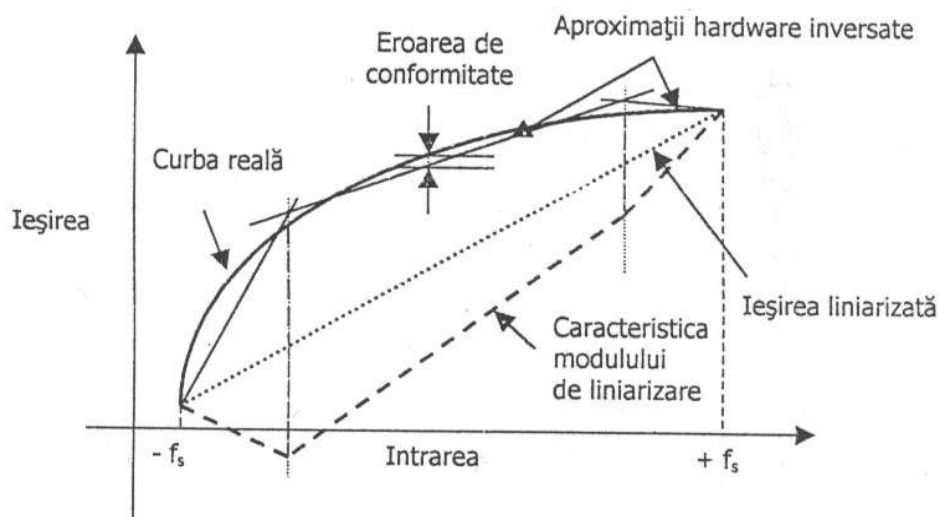
La cea mai mare parte a senzorilor, dependența dintre mărimea de intrare și cea de ieșire nu este liniară. De exemplu, la termocupluri, evoluția tensiunii în funcție de temperatură diferă de la un dispozitiv la altui și are o evoluție neliniară. Senzorii cu un astfel de comportament se numesc neliniari. În figura următoare este prezentată o comparație dintre curbele reală și ideală pentru un termocuplu, ca referință luându-se valorile terminale (de la capătul domeniului de temperatură).



Există două metode de a face liniarizarea caracteristicii: software sau hardware. Cele două metode mai sunt cunoscute în literatură ca metode digitale și respectiv analogice. Liniarizarea software constă în modificarea valorilor date de senzor prin metode matematice (se face după conversia analog digitală a semnalului

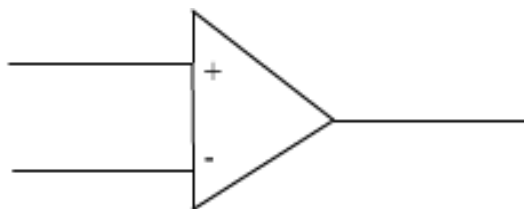
rezultat de la senzor, fie utilizând aproximarea cu polinoame de rang mare fie prin tabele de corespondență).

Liniaizarea hardware se realizează cu circuite integrate analogice care realizează o funcție de transfer neliniară. Cu ajutorul unor aproximații hardware liniare, care sunt drepte de diferite pante, se aproximează caracteristica neliniară a senzorului. Diferența dintre valoarea reală și aproximația hardware liniară se numește eroare de conformitate și reflectă cât de bine se conformează curba liniarizată la curba neliniară. De-a lungul curbei, sunt prezente așa-numitele puncte de frângere care generează erori pozitive sau negative de conformitate. Este evident că utilizarea mai multor puncte va duce la scăderea erorii de conformitate. Punctele de frângere sunt plasate de-a lungul curbei astfel încât să minimizeze erorile de conformitate pozitive și negative. Pentru obținerea unor erori mici se utilizează scheme de aproximare cu până la 9 puncte de frângere (cu 10 segmente de dreaptă) atingând o conformitate tipică de până la 0,015% din domeniul de măsură. În cazul în care mărimea de intrare depășește limitele minimă sau maximă ale domeniului, ieșirea va fi complet neliniară.



3. Circuite de amplificare de bază cu amplificatoare operaționale

Amplificatorul operațional (AO) este un amplificator cu intrare diferențială și ieșire simplă, folosit în scheme cu reacție externă și care reprezintă cea mai simplă și mai ieftină soluție de realizare a oricărei funcții analogice de circuit. În mod uzual, unui AO i se atașează în exterior un circuit de reacție cu ajutorul căruia se pot controla amplificarea, rezistența de ieșire și care minimizează efectul mărimilor de intrare de decalaj, îmbunătățește stabilitatea amplificării crescând în același timp și gradul de liniaritate a circuitului și impedanța sa de intrare.



Simbolizarea amplificatorului operațional

Amplificatorul operațional are două borne de intrare și una de ieșire. Borna notată (-) este numită intrare inversoare deoarece semnalul de la ieșirea AO este întotdeauna în antifază cu cel de pe această bornă. Borna notată (+) este numită intrare neinversoare, deoarece semnalul de la ieșirea AO este întotdeauna în fază cu cel de pe această bornă.

Analiza schemelor cu AO se face considerând amplificatorul operațional ca fiind unul ideal. Un AO ideal este caracterizat prin:

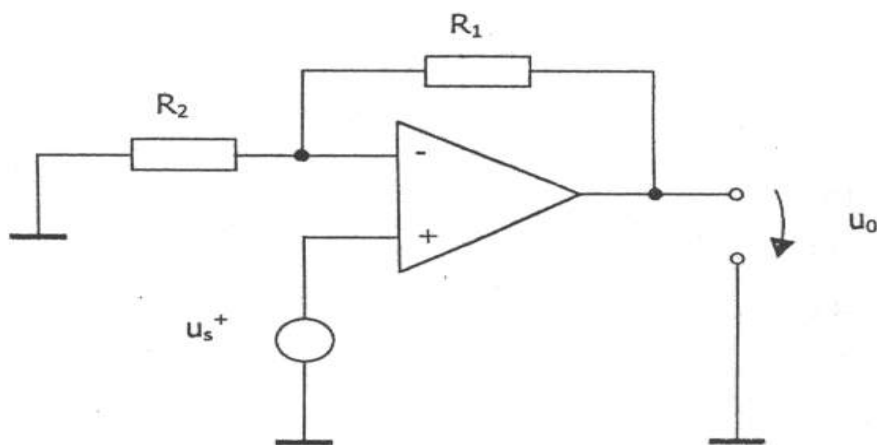
- amplificare în buclă deschisă de valoare infinită;
- impedanța de intrare infinită;
- impedanță de ieșire nulă;
- bandă de frecvență infinită;
- tensiune de ieșire nulă pentru tensiune de intrare nulă;
- caracteristică de transfer liniară și simetrică;

- insensibilitate față de variațiile de temperatură, variațiile surselor de alimentare și a tensiunilor de intrare de mod comun;
- revenirea instantanee din saturație.

Amplificatoarele operaționale reale diferă de cele ideale datorită limitărilor specifice oricăror scheme ce utilizează dispozitive active. Astfel, impedanța de intrare este finită, cea de ieșire este diferită de zero, viteza de variație a semnalului de ieșire și banda de frecvențe fiind și ele finite. În practică există o serie de circuite de amplificare cu AO standard și anume:

Configurația neînversoare

Schema de principiu a unui amplificator de tensiune realizat cu AO în configurație neînversoare este prezentată în figura următoare:

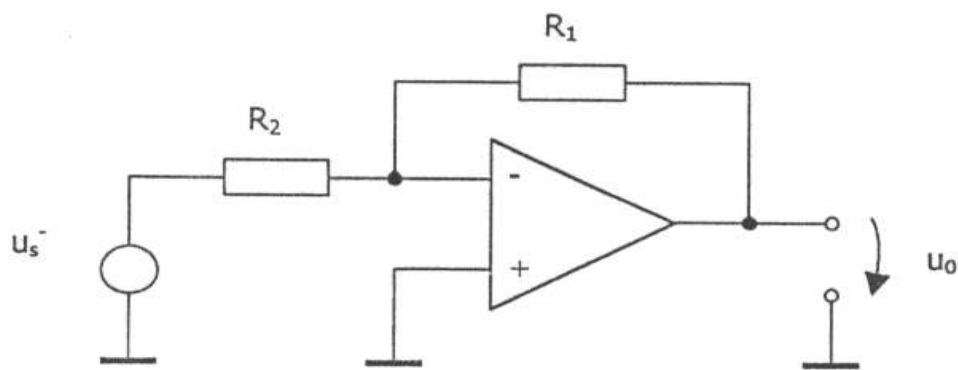


Amplificator operațional în configurație neînversoare

Valoarea amplificării este dată de relația: $a = u_0/u_s^+ = 1 + R_1/R_2$

3.2. Configurația inversoare

Schema de principiu a unui amplificator de tensiune realizat cu AO în configurația inversoare este prezentată în figura următoare:

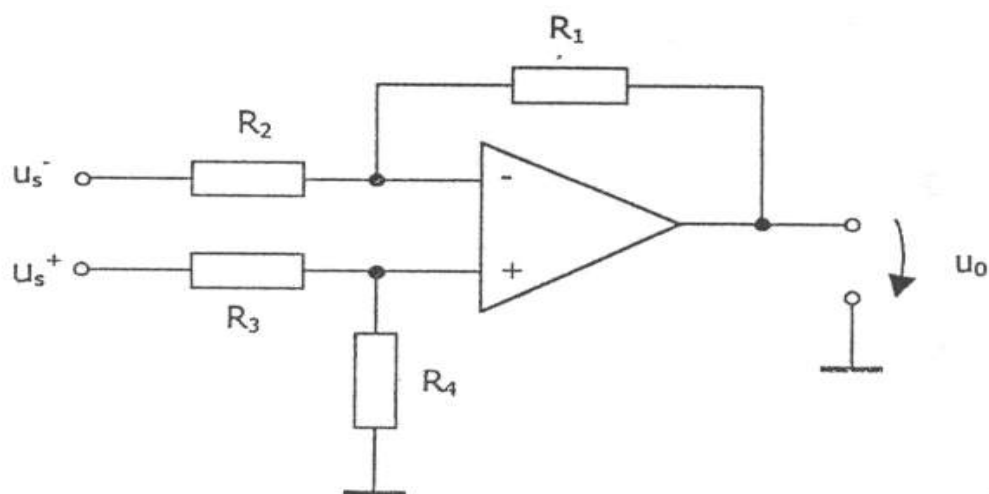


Amplificator operațional în configurație inversoare

Valoarea amplificării este dată de relația: $a = u_0 / u_s^- = -R_1 / R_2$

Configurația diferențială

Schema de principiu a unui amplificator de tensiune diferențial, realizat cu AO:



Amplificator operațional în configurație diferențială

Valoarea tensiunii de ieșire este dată de relația:

$$U_0 = (R_4 / (R_3 + R_4)) (1 + R_1 / R_2) u_s^+ - (R_1 / R_2) u_s^-$$

CAPITOLUL 4 . PROIECTAREA CIRCUITULUI DE LINIARIZARE

Liniaizarea caracteristicii unui senzor de temperatură nu poate fi făcută în așa fel încât eroarea față de o caracteristică ideală să fie zero. Scopul circuitelor de liniaizare este însă obținerea unei dependențe $U = f(T)$ cât mai apropiate de o dreaptă, întotdeauna vor exista însă erori de conformitate. Creșterea complexității circuitelor de liniaizare, determinată de numărul de puncte de frângere ale caracteristicii inițiale, conduce la obținerea unor erori de conformitate din ce în ce mai mici.

Dacă, de exemplu, se folosește un singur punct de frângere - ca în Figura 9, rezultatul liniaizării va fi cel prezentat în Figura 10. Se poate remarca reducerea erorii de conformitate, aceasta fiind cu atât mai mică cu cât numărul de puncte de frângere este mai mare.

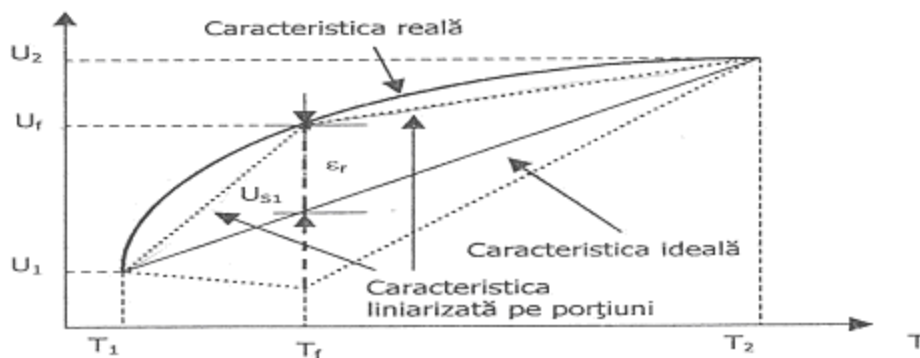


Figura 4. Caracteristica senzorului neliniarizat

Pentru liniaizarea caracteristicii senzorului se va porni de la o caracteristică liniarizată pe porțiuni (Figura 4):

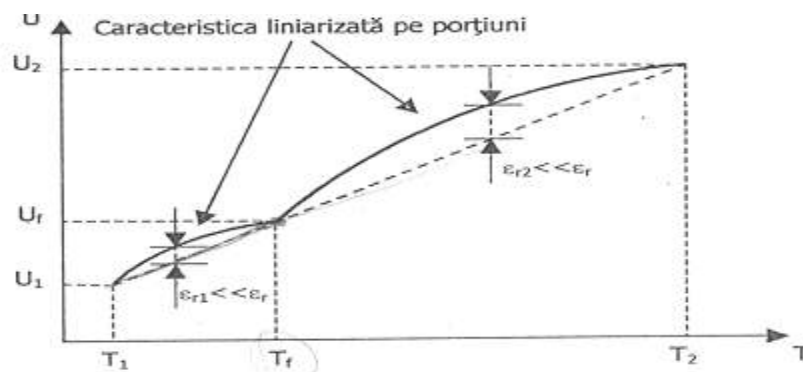


Figura 5. Caracteristica liniarizată cu un singur punct de frângere

În vederea liniarizării, tensiunea de ieșire a senzorului este preluată la intrarea unui circuit electronic care are caracteristica de transfer:

$$U_{01} = K_1 U_{s1} + c_{s1} \quad (3)$$

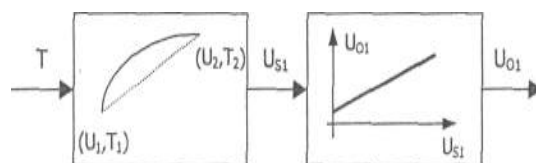


Figura 6. Schema bloc a primului circuit de liniarizare

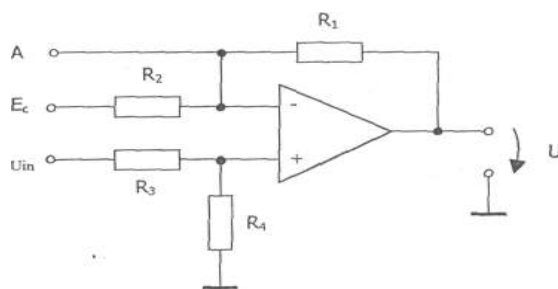


Figura 7. Exemplu de circuit de liniarizare

A – intrare pentru conectarea altor circuite de amplificare.

E_c – tensiune de referință.

Cap. 6. Proiect

6.1. Tema de proiectare

Sa se proiecteze un circuit cu amplificatoare operational pentru liniarizarea caracteristicii unui senzor de temperatura cu termocuplu, care sa aiba urmatoarele performante:

-- Gama temperaturilor de lucru : $T_1 = 400 \dots T_2 = 700^\circ\text{C}$

-Tensiunea de referinta pentru circuitul de liniarizare: $E_c = 25\text{mV}$

- Eroare maxima admisa pentru liniarizare: 0,25 %.

Circuitul va fi alimentat cu tensiune diferentiala $\pm 5\text{V}$.

6.2. Rezolvare

Pentru inceput se traseaza dreapta prin punctele de coordonate ($T_1=400^\circ\text{C}$, $U_1 = 21.848\text{ mV}$) si ($T_2 = 700^\circ\text{C}$, $U_2 = 39.132\text{ mV}$), dreapta care se numeste curba ideala.

Caracteristicile acestei drepte sunt date de coeficientii k_{ideal} , si c_{ideal} :

$$K_{\text{ideal}} = (U_2 - U_1) / (T_2 - T_1) \text{ ceea ce inseamna } k_{\text{ideal}} = 0.057613 \text{ v}/^\circ\text{C}$$

si

$$c_{\text{ideal}} = (U_1 \cdot T_2 - U_2 \cdot T_1) / (T_1 - T_2) \quad c_{\text{ideal}} = 1,197333$$

Reprezentarea grafica a caracteristicii senzorului si a curbei ideale sunt date in figura 1:

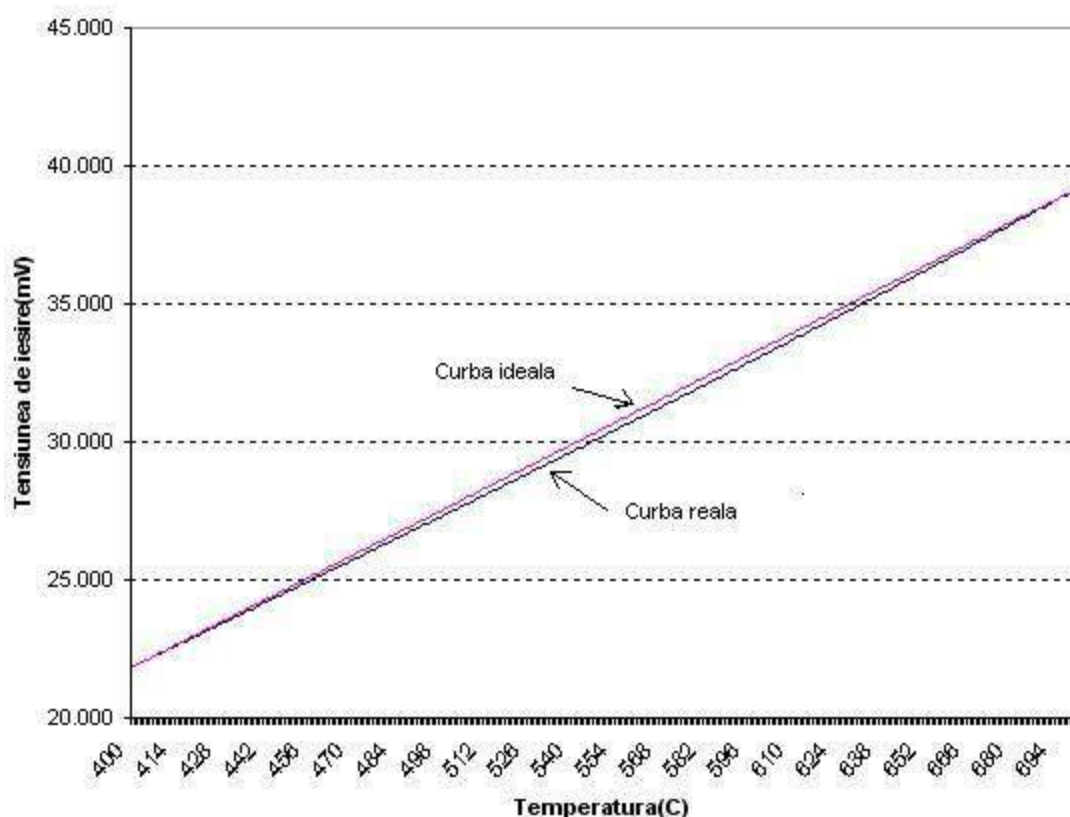


Figura 1. Caracteristicile reala si ideala ale senzorului de temperatura

Se calculeaza eroarea procentuala a tensiunii date de senzor in raport cu curba ideala (coloana E din tabelul din Anexa 3). In punctul in care aceasta eroare este maxima, se prevede un punct de frangere a caracteristicii circuitului de corectie.

$$\epsilon = \frac{|U_{real} - U_{ideal}|}{U_{ideal}} * 100$$

Se determina eroarea maxima din tabelul din Anexa 3: $\epsilon_{max} = 0,8999\%$, eroare care se obtine la temperatura de 554°C .

Pentru inceput se incearca liniarizarea cu doua segmente de dreapta. Daca, in urma efectuării calculelor, se va constata ca eroarea maxima obtinuta pe fiecare segment in parte este mai mare decat cea impusa in datele de proiectare, se revine la acest punct si se aleg mai multe puncte de frangere (doua sau mai multe, pana cand sunt satisfacuate cerintele privind eroarea maxima admisibila).

Primul segment al curbei de liniarizare se termina in punctul 554°C, loc in care incepe al doilea segment.

Pentru primul segment.

$$K_{ideal1} = (U_2 - U_1) / (T_2 - T_1) \Rightarrow K_{ideal1} = 0,055818 \text{ V}^\circ\text{C}$$

si

$$C_{ideal1} = (U_1 \cdot T_2 - U_2 \cdot T_1) / (T_1 - T_2) \Rightarrow C_{ideal1} = 0,479273$$

Ecuatia dreptei care reprezinta primul segment este: $U_{ideal1} = K_{ideal1} \cdot U - C_{ideal1}$

unde $U_1 = 21.848 \text{ mV}$ si $T_1 = 400^\circ\text{C}$, valori care reprezinta coordonatele inceputului primului segment si $U_2 = 30.444 \text{ mV}$ si $T_2 = 554^\circ\text{C}$ care reprezinta sfarsitul aceluasi segment.

Pentru al doilea segment avem:

$$K_{ideal2} = (U_2 - U_1) / (T_2 - T_1) \Rightarrow K_{ideal2} = 0,058183 \text{ V}^\circ\text{C}$$

si

$$C_{ideal2} = (U_1 \cdot T_2 - U_2 \cdot T_1) / (T_1 - T_2) \Rightarrow C_{ideal2} = 1,789437$$

Ecuatia pentru cel de-al doilea segment de dreapta este :

$$U_{ideal2} = K_{ideal2} \cdot U - C_{ideal2}$$

unde $U_1 = 30.444 \text{ mV}$ si $T_1 = 554^\circ\text{C}$, valori care reprezinta coordonatele inceputului celui de-al doilea segment si $U_2 = 34.575 \text{ mV}$ si $T_2 = 625^\circ\text{C}$ care reprezinta sfarsitul aceluasi segment.

Al treilea segment:

$$K_{ideal3} = (U_2 - U_1) / (T_2 - T_1) \Rightarrow K_{ideal3} = 0,06076 \text{ V}^\circ\text{C}$$

si

$$C_{ideal3} = (U_1 \cdot T_2 - U_2 \cdot T_1) / (T_1 - T_2) \Rightarrow C_{ideal3} = 3,4$$

Ecuatia pentru cel de-al treilea segment de dreapta este :

$$U_{ideal3} = K_{ideal3} \cdot U - C_{ideal3} \quad (40)$$

unde si $U_2 = 34.575\text{mV}$ si $T_2 = 625^\circ\text{C}$, valori care reprezinta coordonatele inceputului celui de-al doilea segment si $U_2 = 39.132\text{ mV}$ si $T_2 = 700^\circ\text{C}$ care reprezinta sfarsitul aceluiasi segment.

In continuare, se calculeaza eroarea procentuala a tensiunii de iesire, dupa circuitele de corectie, raportata la curba ideala:

$$\varepsilon_1 = (|U_{\text{real}} - U_{\text{ideal1}}| / U_{\text{ideal1}}) * 100 \Rightarrow \varepsilon_{1\text{max}} = 0,1441 \% < 0,25 \%$$

$$\varepsilon_2 = (|U_{\text{real}} - U_{\text{ideal2}}| / U_{\text{ideal2}}) * 100 \Rightarrow \varepsilon_{2\text{max}} = 0,0,0607\% < 0,25\%$$

$$\varepsilon_3 = (|U_{\text{real}} - U_{\text{ideal2}}| / U_{\text{ideal2}}) * 100 \Rightarrow \varepsilon_{2\text{max}} = 0,0725 \% < 0,25 \%$$

Se observa ca eroarea maxima pentru fiecare segment de dreapta este mai mica decat valoarea impusa ca data de proiectare.

Reprezentarea grafica a erorilor inainte de liniarizare si dupa liniarizarea cu doua segmente este prezentata in figura 2:

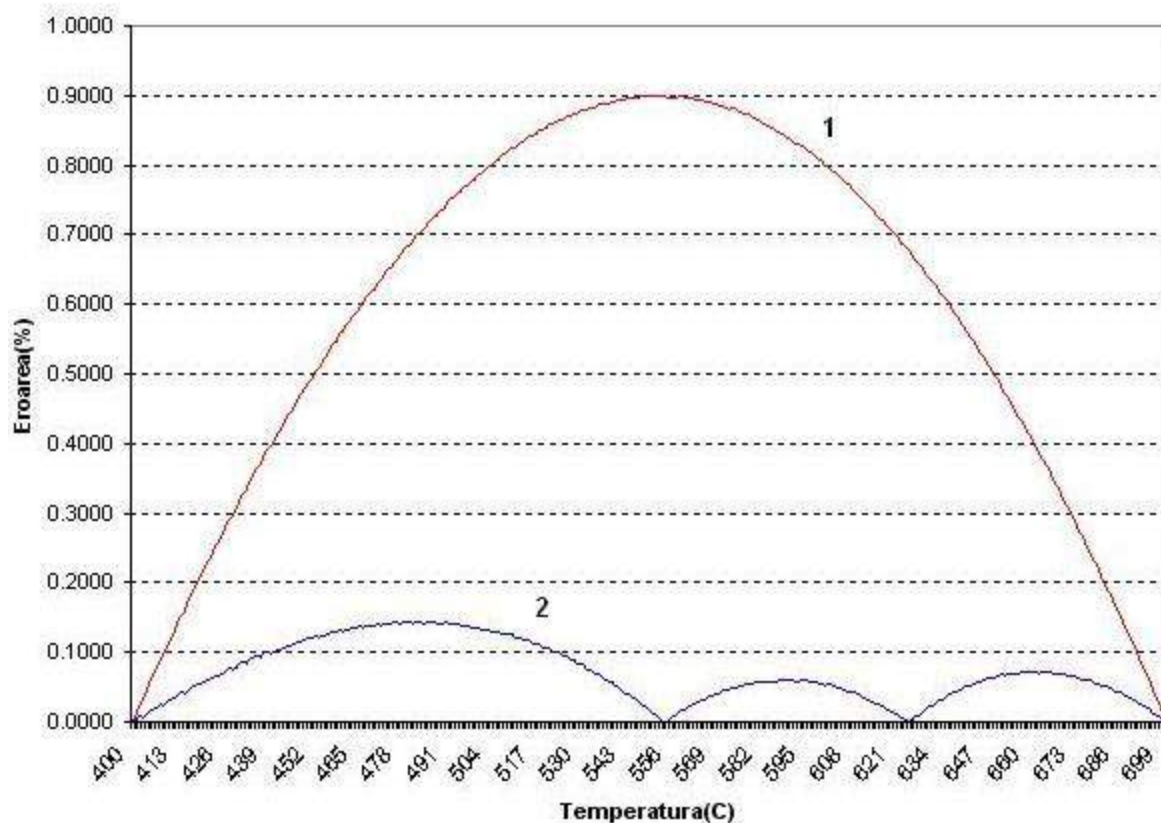


Figura 2. Erorile înainte și după introducerea circuitului de liniarizare

1 - curba erorilor înainte de introducerea circuitului de liniarizare

2 - curba erorilor la ieșirea din circuitul de liniarizare

Toate cele menționate mai sus se regăsesc în tabelul din Anexa 3,

semnificația coloanelor fiind următoarea:

A - Valoarea temperaturii în °C;

B - Tensiunea (în mV) generată de termocuplu corespunzătoare temperaturii din coloana A;

C - Tensiunea (în mV) corespunzătoare caracteristicii liniare ideale (obținute cu o singură dreaptă);

D - Diferența dintre tensiunea ideală și cea debitată de termocuplu (C - B);

E - Eroarea procentuală a tensiunii reale față de cea ideală, calculată după formula:

F - Tensiunea (în mV) generate de circuitele de corecție (pe cele două segmente);

G - Diferenta dintre tensiunea generata de circuitele de corectie si tensiunea generata

de termocuplu (reprezinta, de fapt, tensiunea reala ce va fi debitata de sistemul format

din termocuplu si circuitele de liniarizare;

H - Eroarea procentuala a tensiunii de iesire dupa circuitele de corectie, raportata la curba ideala (liniarizarea cu trei segmente de dreapta).

Calculul valorilor componentelor din circuitul de liniarizare

Pentru primul segment:

$$k_{11} = \frac{k_{ideal}}{k_{ideal1}} = 1.032$$

$$U_o = 0 = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \cdot U_1 - \frac{R_1}{R_2} \cdot E_c$$

$$\frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \cdot 21.848 \cdot 10^{-3} - \frac{R_1}{R_2} \cdot E_c = 0$$

$$\frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \cdot E_c = 1.032$$

$$\begin{cases} \frac{1}{1+y} (1+x) \cdot 21.848 - x \cdot E_c = 0 \\ \frac{1}{1+y} (1+x) = 1.032 \end{cases}$$

$$E_c = 25 \text{ mV} \Rightarrow x = 0.902$$

$$\frac{1}{1+y} = 0.5426$$

$$E_c = 25 \text{ mV} \Rightarrow y = 0.8427$$

Se aleg valori standardizate pentru rezistoarele R_1, R_2, R_3, R_4 astfel

$$\text{încât: } \frac{R_1}{R_2} = x \text{ și } \frac{R_3}{R_4} = y$$

$$\text{Alegem: } R_1 = 1.69k\Omega \text{ și } R_2 = 1.87k\Omega \Rightarrow x = 0.9037$$

$$R_3 = 1.74k\Omega \text{ și } R_4 = 1.47k\Omega \Rightarrow y = 1.1836$$

Se observă că aceste valori sunt apropiate de valorile obținute pentru x și y

Pentru al doilea segment:

$$k_{l2} = \frac{k_{ideal}}{k_{ideal2}} = 0.9902$$

$$U_o = 0 = \frac{R_8}{R_7 + R_8} \left(1 + \frac{R_5}{R_6} \right) \cdot U_1 - \frac{R_5}{R_6} \cdot E_c$$

$$\frac{R_8}{R_7 + R_8} \left(1 + \frac{R_5}{R_6} \right) \cdot 30.444 \cdot 10^{-3} - \frac{R_5}{R_6} \cdot E_c = 0$$

$$\frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \cdot E_c = 0.9902$$

$$\begin{cases} \frac{1}{1+y} (1+x) \cdot 30.444 \cdot 10^{-3} - x \cdot E_c = 0 \\ \frac{1}{1+y} (1+x) = 0.9902 \end{cases}$$

$$x = \frac{30.1456}{25} = 1.2058$$

$$\frac{1}{1+y} = 0.4618 \Rightarrow y = 1.1654$$

Se aleg valori standardizate pentru rezistoarele R_5, R_6, R_7, R_8 astfel încât: $\frac{R_5}{R_6} = x$

$$\text{și } \frac{R_7}{R_8} = y$$

$$\text{Alegem: } R_5 = 1.65k\Omega \text{ și } R_6 = 1.37k\Omega \Rightarrow x = 1.2043$$

$$R_7 = 1.96k\Omega \text{ și } R_8 = 1.69k\Omega \Rightarrow y = 1.159$$

Se observă că aceste valori sunt apropiate de valorile obținute pentru x și y

Pentru al treilea segment:

$$k_{12} = \frac{k_{ideal}}{k_{ideal2}} = 0.948$$

$$U_o = 0 = \frac{R_{20}}{R_{19} + R_{20}} \left(1 + \frac{R_{17}}{R_{18}} \right) \cdot U_1 - \frac{R_{17}}{R_{18}} \cdot E_c$$

$$\frac{R_{20}}{R_{19} + R_{20}} \left(1 + \frac{R_{17}}{R_{18}} \right) \cdot 34.575 \cdot 10^{-3} - \frac{R_{17}}{R_{18}} \cdot E_c = 0$$

$$\frac{R_{20}}{R_{19} + R_{20}} \left(1 + \frac{R_{17}}{R_{18}} \right) \cdot E_c = 0.9482$$

$$\begin{cases} \frac{1}{1+y} (1+x) \cdot 34.575 \cdot 10^{-3} - x \cdot E_c = 0 \\ \frac{1}{1+y} (1+x) = 0.9482 \end{cases}$$

$$x = \frac{32.784}{25} = 1.3113$$

$$\frac{1}{1+y} = 0.4102 \Rightarrow y = 1.4378$$

Se aleg valori standardizate pentru rezistoarele $R_{17}, R_{18}, R_{19}, R_{20}$ astfel încât:

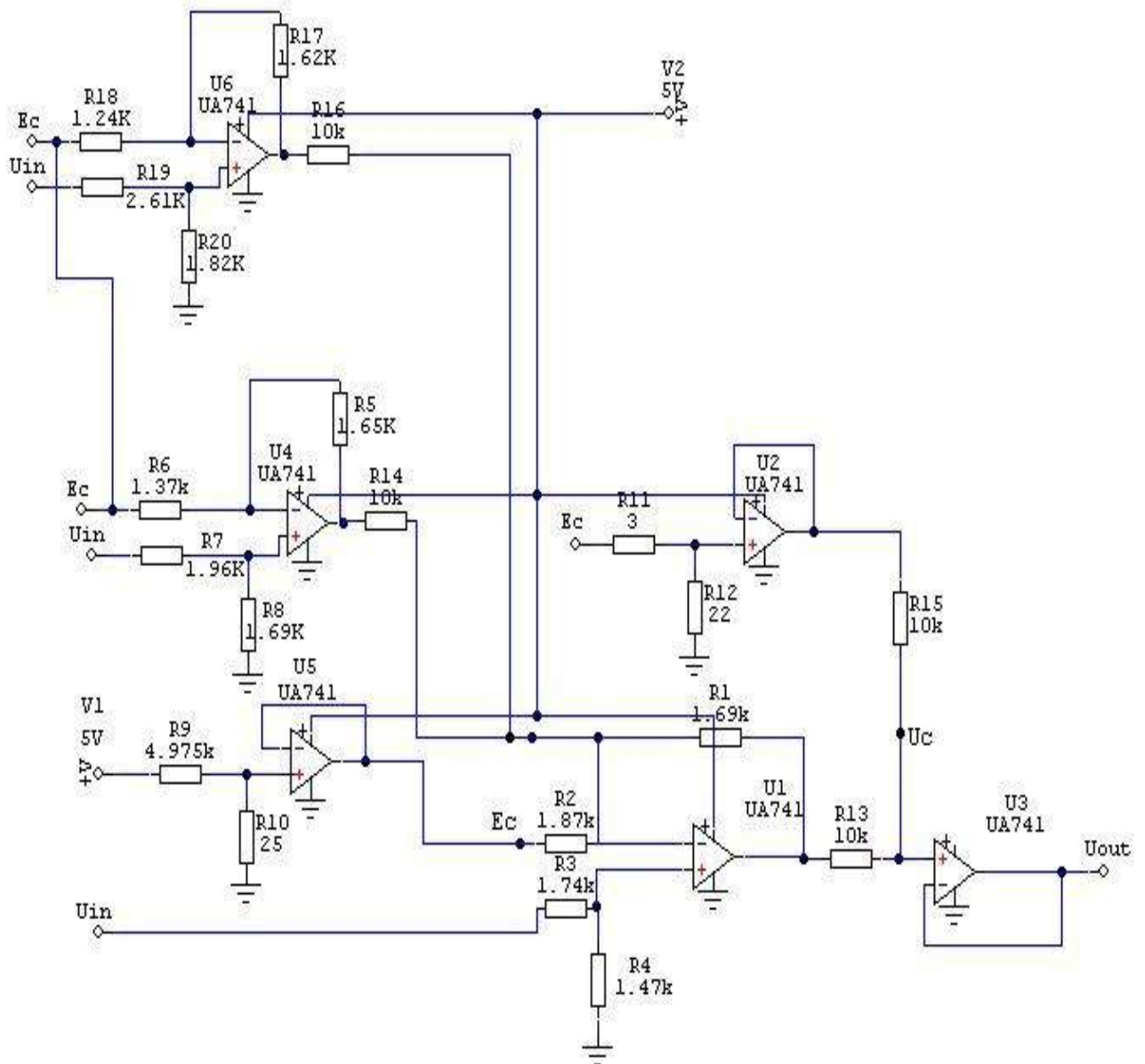
$$\frac{R_{17}}{R_{18}} = x \text{ și } \frac{R_{19}}{R_{20}} = y$$

$$\text{Alegem: } R_{17} = 1.62k\Omega \text{ și } R_{18} = 1.24k\Omega \Rightarrow x = 1.3064$$

$$R_{19} = 1.96k\Omega \text{ și } R_{20} = 1.69k\Omega \Rightarrow y = 1.15$$

Se observă că aceste valori sunt apropiate de valorile obținute pentru x și y

Schema electrica a circuitului de liniarizare



Tabel Gauri

Nr. gaura	Coordonata X[mm]	Coordonata Y[mm]	Diametrul [mm]
1	12	5	1
2	12	58	1
3	12	66	1
4	18	36	1
5	25	36	1
6	37	33	0.7
7	39	33	0.7
8	41	33	0.7
9	43	33	0.7
10	43	39	0.7
11	41	39	0.7
12	39	39	0.7
13	37	39	0.7
14	54	26	1
15	61	26	1
16	67	35	1
17	74	35	1
18	65	38	1
19	74	38	1
20	67	41	1
21	74	41	1
22	72	23	0.7
23	74	23	0.7
24	76	23	0.7
25	78	23	0.7
26	78	29	0.7
27	76	29	0.7
28	74	29	0.7
29	72	29	0.7
30	78	13	1
31	85	13	1
32	78	17	1
33	85	17	1
34	88	10	1
35	88	23	1
36	88	35	1
37	88	43	1
38	82	44	0.7
39	84	44	0.7
40	86	44	0.7
41	88	44	0.7
42	88	50	0.7
43	86	50	0.7
44	84	50	0.7
45	82	50	0.7
46	93	9	1
47	94	38	1
48	105	38	1
49	93	41	1
50	100	41	1
51	93	55	1
52	93	62	1
53	103	54	1

54	103	66	1
55	105	13	1
56	112	13	1
57	107	28	1
58	107	35	1
59	110	17	1
60	117	17	1
61	118	9	1
62	125	9	1
63	115	23	0.7
64	117	23	0.7
65	119	23	0.7
66	121	23	0.7
67	121	29	0.7
68	119	29	0.7
69	117	29	0.7
70	115	29	0.7
71	111	35	1
72	118	35	1
73	111	47	1
74	118	47	1
75	111	56	1
76	118	56	1
77	127	28	1
78	127	56	1
79	129	56	1
80	136	32	1
81	136	32	1
82	143	44	0.7
83	134	44	0.7
84	136	44	0.7
85	138	44	0.7
86	140	50	0.7
87	140	50	0.7
88	138	50	0.7
89	136	50	0.7
90	134	29	1
91	146	35	1
92	146	38	1
93	146	45	1
94	146	59	1
95	146	59	1
96	157	20	1
97	150	20	0.7
98	152	20	0.7
99	154	20	0.7
100	156	26	0.7
101	156	26	0.7
102	154	26	0.7
103	152	26	0.7
104	150	26	0.7
105	165	23	1

Tabel Componente

Nume	Valoare [K Ω]	Cod
R1	1.69	RPM-3050
R2	1.87	RPM-3050
R3	1.74	RPM-3050
R4	1.47	RPM-3050
R5	1.65	RPM-3050
R6	1.37	RPM-3050
R7	1.96	RPM-3050
R8	1.69	RPM-3050
R9	4.97	RPM-3050
R10	25	RPM-3050
R11	7.87	RPM-3050
R12	1,2	RPM-3050
R13	10	RPM-3050
R14	10	RPM-3050
R15	10	RPM-3050
R16	10	RPM-3050
R17	1.62	RPM-3050
R18	1.24	RPM-3050
R19	2.61	RPM-3050
R20	1.82	RPM-3050
AO1	-	UA741
AO2	-	UA741
AO3	-	UA741
AO4	-	UA741
AO5	-	UA741
AO6	-	UA741

Anexa 3.

Calculul erorilor la liniarizarea cu trei segmente de dreapta

Temp	Ur	Ui	Ur-Ui	$e=(D/C)*100$	Useg	Useg-Ur	$e=(G/C)*100$
400	21.848	21.8480	0.0000	0.0000	21.8480	0.0000	0.0000
401	21.903	21.9056	0.0026	0.0119	21.9038	0.0008	0.0037
402	21.958	21.9632	0.0052	0.0238	21.9596	0.0016	0.0075
403	22.014	22.0208	0.0068	0.0311	22.0155	0.0015	0.0066
404	22.069	22.0785	0.0095	0.0428	22.0713	0.0023	0.0103
405	22.124	22.1361	0.0121	0.0545	22.1271	0.0031	0.0140
406	22.179	22.1937	0.0147	0.0661	22.1829	0.0039	0.0176
407	22.234	22.2513	0.0173	0.0777	22.2387	0.0047	0.0212
408	22.289	22.3089	0.0199	0.0892	22.2945	0.0055	0.0249
409	22.345	22.3665	0.0215	0.0962	22.3504	0.0054	0.0240
410	22.400	22.4241	0.0241	0.1076	22.4062	0.0062	0.0276
411	22.455	22.4817	0.0267	0.1190	22.4620	0.0070	0.0311
412	22.510	22.5394	0.0294	0.1303	22.5178	0.0078	0.0347
413	22.565	22.5970	0.0320	0.1415	22.5736	0.0086	0.0382
414	22.620	22.6546	0.0346	0.1527	22.6295	0.0095	0.0417
415	22.676	22.7122	0.0362	0.1594	22.6853	0.0093	0.0408
416	22.731	22.7698	0.0388	0.1705	22.7411	0.0101	0.0443
417	22.786	22.8274	0.0414	0.1815	22.7969	0.0109	0.0478
418	22.841	22.8850	0.0440	0.1924	22.8527	0.0117	0.0512
419	22.896	22.9427	0.0467	0.2033	22.9085	0.0125	0.0547
420	22.952	23.0003	0.0483	0.2099	22.9644	0.0124	0.0538
421	23.007	23.0579	0.0509	0.2207	23.0202	0.0132	0.0572
422	23.062	23.1155	0.0535	0.2314	23.0760	0.0140	0.0606
423	23.117	23.1731	0.0561	0.2421	23.1318	0.0148	0.0639
424	23.172	23.2307	0.0587	0.2528	23.1876	0.0156	0.0673
425	23.228	23.2883	0.0603	0.2591	23.2435	0.0155	0.0664
426	23.283	23.3459	0.0629	0.2696	23.2993	0.0163	0.0697
427	23.338	23.4036	0.0656	0.2801	23.3551	0.0171	0.0730
428	23.393	23.4612	0.0682	0.2906	23.4109	0.0179	0.0763
429	23.449	23.5188	0.0698	0.2967	23.4667	0.0177	0.0754
430	23.504	23.5764	0.0724	0.3071	23.5225	0.0185	0.0787
431	23.559	23.6340	0.0750	0.3174	23.5784	0.0194	0.0819
432	23.614	23.6916	0.0776	0.3277	23.6342	0.0202	0.0852
433	23.670	23.7492	0.0792	0.3337	23.6900	0.0200	0.0842
434	23.725	23.8069	0.0819	0.3438	23.7458	0.0208	0.0874
435	23.780	23.8645	0.0845	0.3539	23.8016	0.0216	0.0907
436	23.835	23.9221	0.0871	0.3640	23.8575	0.0225	0.0939
437	23.891	23.9797	0.0887	0.3699	23.9133	0.0223	0.0929
438	23.946	24.0373	0.0913	0.3799	23.9691	0.0231	0.0961
439	24.001	24.0949	0.0939	0.3898	24.0249	0.0239	0.0992
440	24.057	24.1525	0.0955	0.3955	24.0807	0.0237	0.0982
441	24.112	24.2101	0.0981	0.4054	24.1365	0.0245	0.1014
442	24.167	24.2678	0.1008	0.4152	24.1924	0.0254	0.1045
443	24.223	24.3254	0.1024	0.4208	24.2482	0.0252	0.1035
444	24.278	24.3830	0.1050	0.4306	24.3040	0.0260	0.1066
445	24.333	24.4406	0.1076	0.4403	24.3598	0.0268	0.1097
446	24.389	24.4982	0.1092	0.4458	24.4156	0.0266	0.1087
447	24.444	24.5558	0.1118	0.4554	24.4715	0.0275	0.1118
448	24.499	24.6134	0.1144	0.4649	24.5273	0.0283	0.1149
449	24.555	24.6711	0.1161	0.4704	24.5831	0.0281	0.1139

450	24.610	24.7287	0.1187	0.4799	24.6389	0.0289	0.1169
451	24.665	24.7863	0.1213	0.4893	24.6947	0.0297	0.1199
452	24.721	24.8439	0.1229	0.4947	24.7505	0.0295	0.1189
453	24.776	24.9015	0.1255	0.5040	24.8064	0.0304	0.1219
454	24.832	24.9591	0.1271	0.5093	24.8622	0.0302	0.1209
455	24.887	25.0167	0.1297	0.5186	24.9180	0.0310	0.1239
456	24.943	25.0743	0.1313	0.5238	24.9738	0.0308	0.1229
457	24.998	25.1320	0.1340	0.5330	25.0296	0.0316	0.1259
458	25.053	25.1896	0.1366	0.5422	25.0855	0.0325	0.1288
459	25.109	25.2472	0.1382	0.5473	25.1413	0.0323	0.1278
460	25.164	25.3048	0.1408	0.5564	25.1971	0.0331	0.1308
461	25.220	25.3624	0.1424	0.5615	25.2529	0.0329	0.1298
462	25.275	25.4200	0.1450	0.5705	25.3087	0.0337	0.1327
463	25.331	25.4776	0.1466	0.5756	25.3645	0.0335	0.1317
464	25.386	25.5353	0.1493	0.5845	25.4204	0.0344	0.1346
465	25.442	25.5929	0.1509	0.5895	25.4762	0.0342	0.1336
466	25.497	25.6505	0.1535	0.5984	25.5320	0.0350	0.1364
467	25.553	25.7081	0.1551	0.6033	25.5878	0.0348	0.1354
468	25.608	25.7657	0.1577	0.6121	25.6436	0.0356	0.1383
469	25.664	25.8233	0.1593	0.6170	25.6995	0.0355	0.1373
470	25.720	25.8809	0.1609	0.6218	25.7553	0.0353	0.1363
471	25.775	25.9385	0.1635	0.6305	25.8111	0.0361	0.1391
472	25.831	25.9962	0.1652	0.6353	25.8669	0.0359	0.1381
473	25.886	26.0538	0.1678	0.6440	25.9227	0.0367	0.1410
474	25.942	26.1114	0.1694	0.6487	25.9785	0.0365	0.1400
475	25.998	26.1690	0.1710	0.6534	26.0344	0.0364	0.1390
476	26.053	26.2266	0.1736	0.6620	26.0902	0.0372	0.1418
477	26.109	26.2842	0.1752	0.6667	26.1460	0.0370	0.1408
478	26.165	26.3418	0.1768	0.6713	26.2018	0.0368	0.1398
479	26.220	26.3995	0.1795	0.6798	26.2576	0.0376	0.1426
480	26.276	26.4571	0.1811	0.6844	26.3135	0.0375	0.1416
481	26.332	26.5147	0.1827	0.6890	26.3693	0.0373	0.1406
482	26.387	26.5723	0.1853	0.6973	26.4251	0.0381	0.1433
483	26.443	26.6299	0.1869	0.7019	26.4809	0.0379	0.1424
484	26.499	26.6875	0.1885	0.7064	26.5367	0.0377	0.1414
485	26.555	26.7451	0.1901	0.7109	26.5925	0.0375	0.1404
486	26.610	26.8027	0.1927	0.7191	26.6484	0.0384	0.1431
487	26.666	26.8604	0.1944	0.7236	26.7042	0.0382	0.1421
488	26.722	26.9180	0.1960	0.7280	26.7600	0.0380	0.1412
489	26.778	26.9756	0.1976	0.7325	26.8158	0.0378	0.1402
490	26.834	27.0332	0.1992	0.7369	26.8716	0.0376	0.1392
491	26.889	27.0908	0.2018	0.7450	26.9275	0.0385	0.1419
492	26.945	27.1484	0.2034	0.7493	26.9833	0.0383	0.1410
493	27.001	27.2060	0.2050	0.7537	27.0391	0.0381	0.1400
494	27.057	27.2637	0.2067	0.7580	27.0949	0.0379	0.1390
495	27.113	27.3213	0.2083	0.7623	27.1507	0.0377	0.1381
496	27.169	27.3789	0.2099	0.7666	27.2065	0.0375	0.1371
497	27.225	27.4365	0.2115	0.7708	27.2624	0.0374	0.1362
498	27.281	27.4941	0.2131	0.7751	27.3182	0.0372	0.1352
499	27.337	27.5517	0.2147	0.7793	27.3740	0.0370	0.1343
500	27.393	27.6093	0.2163	0.7836	27.4298	0.0368	0.1334
501	27.449	27.6669	0.2179	0.7878	27.4856	0.0366	0.1324
502	27.505	27.7246	0.2196	0.7919	27.5415	0.0365	0.1315
503	27.561	27.7822	0.2212	0.7961	27.5973	0.0363	0.1306

504	27.617	27.8398	0.2228	0.8002	27.6531	0.0361	0.1296
505	27.673	27.8974	0.2244	0.8044	27.7089	0.0359	0.1287
506	27.729	27.9550	0.2260	0.8085	27.7647	0.0357	0.1278
507	27.785	28.0126	0.2276	0.8126	27.8205	0.0355	0.1269
508	27.841	28.0702	0.2292	0.8167	27.8764	0.0354	0.1260
509	27.897	28.1279	0.2309	0.8207	27.9322	0.0352	0.1251
510	27.953	28.1855	0.2325	0.8248	27.9880	0.0350	0.1242
511	28.010	28.2431	0.2331	0.8253	28.0438	0.0338	0.1197
512	28.066	28.3007	0.2347	0.8293	28.0996	0.0336	0.1189
513	28.122	28.3583	0.2363	0.8333	28.1555	0.0335	0.1180
514	28.178	28.4159	0.2379	0.8373	28.2113	0.0333	0.1171
515	28.234	28.4735	0.2395	0.8412	28.2671	0.0331	0.1162
516	28.291	28.5311	0.2401	0.8417	28.3229	0.0319	0.1118
517	28.347	28.5888	0.2418	0.8456	28.3787	0.0317	0.1110
518	28.403	28.6464	0.2434	0.8496	28.4345	0.0315	0.1101
519	28.460	28.7040	0.2440	0.8500	28.4904	0.0304	0.1058
520	28.516	28.7616	0.2456	0.8539	28.5462	0.0302	0.1049
521	28.572	28.8192	0.2472	0.8578	28.6020	0.0300	0.1041
522	28.629	28.8768	0.2478	0.8582	28.6578	0.0288	0.0998
523	28.685	28.9344	0.2494	0.8621	28.7136	0.0286	0.0990
524	28.741	28.9921	0.2511	0.8659	28.7695	0.0285	0.0981
525	28.798	29.0497	0.2517	0.8663	28.8253	0.0273	0.0939
526	28.854	29.1073	0.2533	0.8702	28.8811	0.0271	0.0931
527	28.911	29.1649	0.2539	0.8705	28.9369	0.0259	0.0888
528	28.967	29.2225	0.2555	0.8743	28.9927	0.0257	0.0880
529	29.024	29.2801	0.2561	0.8747	29.0485	0.0245	0.0838
530	29.080	29.3377	0.2577	0.8785	29.1044	0.0244	0.0830
531	29.137	29.3953	0.2583	0.8789	29.1602	0.0232	0.0789
532	29.194	29.4530	0.2590	0.8792	29.2160	0.0220	0.0747
533	29.250	29.5106	0.2606	0.8830	29.2718	0.0218	0.0739
534	29.307	29.5682	0.2612	0.8833	29.3276	0.0206	0.0698
535	29.363	29.6258	0.2628	0.8871	29.3835	0.0205	0.0690
536	29.420	29.6834	0.2634	0.8874	29.4393	0.0193	0.0649
537	29.477	29.7410	0.2640	0.8878	29.4951	0.0181	0.0608
538	29.534	29.7986	0.2646	0.8881	29.5509	0.0169	0.0567
539	29.590	29.8563	0.2663	0.8918	29.6067	0.0167	0.0560
540	29.647	29.9139	0.2669	0.8921	29.6625	0.0155	0.0520
541	29.704	29.9715	0.2675	0.8924	29.7184	0.0144	0.0479
542	29.761	30.0291	0.2681	0.8928	29.7742	0.0132	0.0439
543	29.818	30.0867	0.2687	0.8931	29.8300	0.0120	0.0399
544	29.874	30.1443	0.2703	0.8968	29.8858	0.0118	0.0392
545	29.931	30.2019	0.2709	0.8971	29.9416	0.0106	0.0352
546	29.988	30.2595	0.2715	0.8974	29.9975	0.0095	0.0312
547	30.045	30.3172	0.2722	0.8977	30.0533	0.0083	0.0273
548	30.102	30.3748	0.2728	0.8980	30.1091	0.0071	0.0233
549	30.159	30.4324	0.2734	0.8983	30.1649	0.0059	0.0194
550	30.216	30.4900	0.2740	0.8987	30.2207	0.0047	0.0155
551	30.273	30.5476	0.2746	0.8990	30.2765	0.0035	0.0116
552	30.330	30.6052	0.2752	0.8993	30.3324	0.0024	0.0077
553	30.387	30.6628	0.2758	0.8996	30.3882	0.0012	0.0039
554	30.444	30.7205	0.2765	0.8999	30.4440	0.0000	0.0000
555	30.502	30.7781	0.2761	0.8970	30.5022	0.0002	0.0006
556	30.559	30.8357	0.2767	0.8973	30.5604	0.0014	0.0044
557	30.616	30.8933	0.2773	0.8976	30.6185	0.0025	0.0083

558	30.673	30.9509	0.2779	0.8979	30.6767	0.0037	0.0121
559	30.730	31.0085	0.2785	0.8982	30.7349	0.0049	0.0159
560	30.788	31.0661	0.2781	0.8953	30.7931	0.0051	0.0164
561	30.845	31.1237	0.2787	0.8956	30.8513	0.0063	0.0202
562	30.902	31.1814	0.2794	0.8959	30.9095	0.0075	0.0239
563	30.960	31.2390	0.2790	0.8930	30.9676	0.0076	0.0245
564	31.017	31.2966	0.2796	0.8933	31.0258	0.0088	0.0282
565	31.074	31.3542	0.2802	0.8937	31.0840	0.0100	0.0319
566	31.132	31.4118	0.2798	0.8908	31.1422	0.0102	0.0325
567	31.189	31.4694	0.2804	0.8911	31.2004	0.0114	0.0362
568	31.247	31.5270	0.2800	0.8883	31.2586	0.0116	0.0367
569	31.304	31.5847	0.2807	0.8886	31.3167	0.0127	0.0404
570	31.362	31.6423	0.2803	0.8857	31.3749	0.0129	0.0409
571	31.419	31.6999	0.2809	0.8861	31.4331	0.0141	0.0445
572	31.477	31.7575	0.2805	0.8832	31.4913	0.0143	0.0450
573	31.535	31.8151	0.2801	0.8804	31.5495	0.0145	0.0455
574	31.592	31.8727	0.2807	0.8808	31.6077	0.0157	0.0491
575	31.650	31.9303	0.2803	0.8780	31.6658	0.0158	0.0496
576	31.708	31.9879	0.2799	0.8752	31.7240	0.0160	0.0501
577	31.766	32.0456	0.2796	0.8724	31.7822	0.0162	0.0506
578	31.823	32.1032	0.2802	0.8727	31.8404	0.0174	0.0542
579	31.881	32.1608	0.2798	0.8700	31.8986	0.0176	0.0547
580	31.939	32.2184	0.2794	0.8672	31.9568	0.0178	0.0551
581	31.997	32.2760	0.2790	0.8645	32.0149	0.0179	0.0556
582	32.055	32.3336	0.2786	0.8617	32.0731	0.0181	0.0561
583	32.113	32.3912	0.2782	0.8590	32.1313	0.0183	0.0565
584	32.171	32.4489	0.2779	0.8563	32.1895	0.0185	0.0570
585	32.229	32.5065	0.2775	0.8536	32.2477	0.0187	0.0575
586	32.287	32.5641	0.2771	0.8509	32.3059	0.0189	0.0579
587	32.345	32.6217	0.2767	0.8482	32.3640	0.0190	0.0584
588	32.403	32.6793	0.2763	0.8455	32.4222	0.0192	0.0588
589	32.461	32.7369	0.2759	0.8428	32.4804	0.0194	0.0593
590	32.519	32.7945	0.2755	0.8402	32.5386	0.0196	0.0597
591	32.577	32.8521	0.2751	0.8375	32.5968	0.0198	0.0602
592	32.636	32.9098	0.2738	0.8319	32.6550	0.0190	0.0576
593	32.694	32.9674	0.2734	0.8292	32.7131	0.0191	0.0581
594	32.752	33.0250	0.2730	0.8266	32.7713	0.0193	0.0585
595	32.810	33.0826	0.2726	0.8240	32.8295	0.0195	0.0590
596	32.869	33.1402	0.2712	0.8184	32.8877	0.0187	0.0564
597	32.927	33.1978	0.2708	0.8158	32.9459	0.0189	0.0569
598	32.985	33.2554	0.2704	0.8132	33.0041	0.0191	0.0573
599	33.044	33.3131	0.2691	0.8077	33.0622	0.0182	0.0548
600	33.102	33.3707	0.2687	0.8051	33.1204	0.0184	0.0552
601	33.161	33.4283	0.2673	0.7996	33.1786	0.0176	0.0527
602	33.219	33.4859	0.2669	0.7970	33.2368	0.0178	0.0531
603	33.278	33.5435	0.2655	0.7915	33.2950	0.0170	0.0506
604	33.337	33.6011	0.2641	0.7860	33.3532	0.0162	0.0481
605	33.395	33.6587	0.2637	0.7836	33.4113	0.0163	0.0485
606	33.454	33.7163	0.2623	0.7781	33.4695	0.0155	0.0460
607	33.513	33.7740	0.2610	0.7727	33.5277	0.0147	0.0435
608	33.571	33.8316	0.2606	0.7702	33.5859	0.0149	0.0440
609	33.630	33.8892	0.2592	0.7648	33.6441	0.0141	0.0415
610	33.689	33.9468	0.2578	0.7594	33.7023	0.0133	0.0390
611	33.748	34.0044	0.2564	0.7541	33.7604	0.0124	0.0366

612	33.807	34.0620	0.2550	0.7487	33.8186	0.0116	0.0341
613	33.866	34.1196	0.2536	0.7434	33.8768	0.0108	0.0317
614	33.925	34.1773	0.2523	0.7381	33.9350	0.0100	0.0292
615	33.984	34.2349	0.2509	0.7328	33.9932	0.0092	0.0268
616	34.043	34.2925	0.2495	0.7275	34.0514	0.0084	0.0244
617	34.102	34.3501	0.2481	0.7222	34.1095	0.0075	0.0219
618	34.161	34.4077	0.2467	0.7170	34.1677	0.0067	0.0195
619	34.220	34.4653	0.2453	0.7118	34.2259	0.0059	0.0171
620	34.279	34.5229	0.2439	0.7066	34.2841	0.0051	0.0147
621	34.338	34.5805	0.2425	0.7014	34.3423	0.0043	0.0123
622	34.397	34.6382	0.2412	0.6962	34.4005	0.0035	0.0100
623	34.457	34.6958	0.2388	0.6882	34.4586	0.0016	0.0047
624	34.516	34.7534	0.2374	0.6831	34.5168	0.0008	0.0024
625	34.575	34.8110	0.2360	0.6779	34.5750	0.0000	0.0000
626	34.635	34.8686	0.2336	0.6700	34.6358	0.0008	0.0022
627	34.694	34.9262	0.2322	0.6649	34.6965	0.0025	0.0072
628	34.754	34.9838	0.2298	0.6570	34.7573	0.0033	0.0094
629	34.813	35.0415	0.2285	0.6520	34.8180	0.0050	0.0144
630	34.873	35.0991	0.2261	0.6441	34.8788	0.0058	0.0165
631	34.932	35.1567	0.2247	0.6391	34.9396	0.0076	0.0215
632	34.992	35.2143	0.2223	0.6313	35.0003	0.0083	0.0236
633	35.051	35.2719	0.2209	0.6263	35.0611	0.0101	0.0286
634	35.111	35.3295	0.2185	0.6185	35.1218	0.0108	0.0307
635	35.171	35.3871	0.2161	0.6108	35.1826	0.0116	0.0328
636	35.230	35.4447	0.2147	0.6059	35.2434	0.0134	0.0377
637	35.290	35.5024	0.2124	0.5982	35.3041	0.0141	0.0398
638	35.350	35.5600	0.2100	0.5905	35.3649	0.0149	0.0418
639	35.410	35.6176	0.2076	0.5828	35.4256	0.0156	0.0439
640	35.470	35.6752	0.2052	0.5752	35.4864	0.0164	0.0460
641	35.530	35.7328	0.2028	0.5676	35.5472	0.0172	0.0480
642	35.590	35.7904	0.2004	0.5600	35.6079	0.0179	0.0501
643	35.650	35.8480	0.1980	0.5524	35.6687	0.0187	0.0521
644	35.710	35.9057	0.1957	0.5449	35.7294	0.0194	0.0541
645	35.770	35.9633	0.1933	0.5374	35.7902	0.0202	0.0562
646	35.830	36.0209	0.1909	0.5299	35.8510	0.0210	0.0582
647	35.890	36.0785	0.1885	0.5225	35.9117	0.0217	0.0602
648	35.950	36.1361	0.1861	0.5150	35.9725	0.0225	0.0622
649	36.010	36.1937	0.1837	0.5076	36.0332	0.0232	0.0642
650	36.071	36.2513	0.1803	0.4975	36.0940	0.0230	0.0634
651	36.131	36.3089	0.1779	0.4901	36.1548	0.0238	0.0654
652	36.191	36.3666	0.1756	0.4828	36.2155	0.0245	0.0674
653	36.252	36.4242	0.1722	0.4727	36.2763	0.0243	0.0667
654	36.312	36.4818	0.1698	0.4654	36.3370	0.0250	0.0686
655	36.373	36.5394	0.1664	0.4554	36.3978	0.0248	0.0679
656	36.433	36.5970	0.1640	0.4482	36.4586	0.0256	0.0698
657	36.494	36.6546	0.1606	0.4382	36.5193	0.0253	0.0691
658	36.554	36.7122	0.1582	0.4310	36.5801	0.0261	0.0710
659	36.615	36.7699	0.1549	0.4211	36.6408	0.0258	0.0703
660	36.675	36.8275	0.1525	0.4140	36.7016	0.0266	0.0722
661	36.736	36.8851	0.1491	0.4042	36.7624	0.0264	0.0715
662	36.797	36.9427	0.1457	0.3944	36.8231	0.0261	0.0707
663	36.858	37.0003	0.1423	0.3846	36.8839	0.0259	0.0699
664	36.918	37.0579	0.1399	0.3776	36.9446	0.0266	0.0719
665	36.979	37.1155	0.1365	0.3679	37.0054	0.0264	0.0711

666	37.040	37.1731	0.1331	0.3582	37.0662	0.0262	0.0704
667	37.101	37.2308	0.1298	0.3485	37.1269	0.0259	0.0696
668	37.162	37.2884	0.1264	0.3389	37.1877	0.0257	0.0689
669	37.223	37.3460	0.1230	0.3293	37.2484	0.0254	0.0681
670	37.284	37.4036	0.1196	0.3198	37.3092	0.0252	0.0674
671	37.345	37.4612	0.1162	0.3102	37.3700	0.0250	0.0666
672	37.406	37.5188	0.1128	0.3007	37.4307	0.0247	0.0659
673	37.467	37.5764	0.1094	0.2912	37.4915	0.0245	0.0651
674	37.528	37.6341	0.1061	0.2818	37.5522	0.0242	0.0644
675	37.590	37.6917	0.1017	0.2697	37.6130	0.0230	0.0610
676	37.651	37.7493	0.0983	0.2603	37.6738	0.0228	0.0603
677	37.712	37.8069	0.0949	0.2510	37.7345	0.0225	0.0596
678	37.773	37.8645	0.0915	0.2417	37.7953	0.0223	0.0588
679	37.835	37.9221	0.0871	0.2297	37.8560	0.0210	0.0555
680	37.896	37.9797	0.0837	0.2205	37.9168	0.0208	0.0548
681	37.958	38.0373	0.0793	0.2086	37.9776	0.0196	0.0514
682	38.019	38.0950	0.0760	0.1994	38.0383	0.0193	0.0507
683	38.081	38.1526	0.0716	0.1876	38.0991	0.0181	0.0474
684	38.142	38.2102	0.0682	0.1785	38.1598	0.0178	0.0467
685	38.204	38.2678	0.0638	0.1667	38.2206	0.0166	0.0434
686	38.265	38.3254	0.0604	0.1576	38.2814	0.0164	0.0427
687	38.327	38.3830	0.0560	0.1460	38.3421	0.0151	0.0394
688	38.389	38.4406	0.0516	0.1343	38.4029	0.0139	0.0361
689	38.450	38.4983	0.0483	0.1253	38.4636	0.0136	0.0354
690	38.512	38.5559	0.0439	0.1138	38.5244	0.0124	0.0322
691	38.574	38.6135	0.0395	0.1022	38.5852	0.0112	0.0289
692	38.636	38.6711	0.0351	0.0907	38.6459	0.0099	0.0257
693	38.698	38.7287	0.0307	0.0793	38.7067	0.0087	0.0224
694	38.760	38.7863	0.0263	0.0679	38.7674	0.0074	0.0192
695	38.822	38.8439	0.0219	0.0565	38.8282	0.0062	0.0160
696	38.884	38.9015	0.0175	0.0451	38.8890	0.0050	0.0128
697	38.946	38.9592	0.0132	0.0338	38.9497	0.0037	0.0095
698	39.008	39.0168	0.0088	0.0225	39.0105	0.0025	0.0064
699	39.070	39.0744	0.0044	0.0112	39.0712	0.0012	0.0032
700	39.132	39.1320	0.0000	0.0000	39.1320	0.0000	0.0000