

Contractor: INCDIE ICPE-CA Bucuresti

Cod fiscal : RO13827850

(anexa la procesul verbal de avizare interna nr.)

De acord,

DIRECTOR GENERAL

Dr. Ing. Sergiu NICOLAIE

Avizat,

DIRECTOR DE PROGRAM

Dr. Ing. Georgeta ALECU

RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: 35N/2018

Proiectul: 18240301 - Senzori si dispozitive electronice de actiune realizate pe baza de noi materiale active

Faza: 4/2018

- **Realizare model experimental senzor de temperatura cu utilizare pentru medii agresive chimic si/sau corozive, pe baza de microfibre feromagnetice cu temperatura Curie joasa.**

Termen: 15.11.2018

Responsabil proiect

Dr. Ing. PISLARU-DANESCU Lucian

1. Obiectivul proiectului:

Obiectivul general al proiectului consta in:

- **Obiectiv 3: Senzor de temperatura cu utilizare pentru medii agresive chimic si/sau corozive, pe baza de microfibre feromagnetice cu temperatura Curie joasa**

2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:

- Un model experimental de senzor de temperatura in medii agresive chimic si/sau corozive;

3. Obiectivele fazei:

Obiectivele specifice pentru aceasta faza sunt:

- Realizare model experimental senzor de temperatura cu utilizare pentru medii agresive chimic si/sau corozive, pe baza de microfibre feromagnetice cu temperatura Curie joasa.

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului fazei:

- Realizarea modelului experimental al senzorului de temperatura ce utilizeaza ca element sensibil o microbobina avind ca miez magnetic 50 microfibre de aliaj Fe_{6,71}-Cr_{3,72}-Ni_{0,04}-Co_{79,45}-Si_{6,47}-B_{3,61}, cu temperatura Curie TC joasa de $T_c = 92\text{ }^{\circ}\text{C}$, (notat IA4, dupa codul microfirului folosit). Microbobina este activata de catre o bobina de activare alimentata la un curent de 50 mA;
- Realizarea modelului experimental al senzorului de temperatura ce utilizeaza ca element sensibil o microbobina avind ca miez magnetic 50 microfibre de aliaj Fe_{35,1}-Cr_{13,1}-Ni₄₃-Si_{5,9}-B_{2,9} cu temperatura Curie TC joasa de $T_c = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, (notat notat IA5, dupa codul microfirului folosit). Microbobina este activata de catre o bobina de activare alimentata la un curent de 50 mA;
- Realizarea modelului experimental al senzorului de temperatura ce utilizeaza ca element sensibil doua microbobine interioare cu temperatura Curie TC diferita unul de celalalt, de $T_c = 92\text{ }^{\circ}\text{C}$ respectiv $T_c = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Fiecare dintre aceste microbobine interioare are cate 50 de microfibre de aliaj Fe_{6,71}-Cr_{3,72}-Ni_{0,04}-Co_{79,45}-Si_{6,47}-B_{3,61} (notat IA4, dupa codul microfirului folosit) si respectiv aliaj Fe_{35,1}-Cr_{13,1}-Ni₄₃-Si_{5,9}-B_{2,9} (notat notat IA5, dupa codul microfirului folosit). Microbobinele sant activate de catre o bobina de activare alimentata la un curent de 50 mA.

5. Rezumatul fazei:

5.1 Introducere

In aceasta faza, utilizand datele de proiectare din faza precedenta, au fost realizate cele 3 modele experimentale de senzori. Compozitiile chimice ale aliajelor elaborate in vederea prepararii microfiredor (a se vedea Raportul de activitate al fazei 1/2018) sunt prezentate in Tabelul 1a. Dintre acestea, tinand cont de comportarea aliajelor la tragerea sub forma de microfir, au fost selectate doar doua compozitii (evidentiate in tabelul 1a cu bold), caracteristicile microfiredor realizate pe baza acestora fiind ilustrate in tabelul 1b.

Tabel 1a. Compozitii chimice ale aliajelor elaborate (in % masice)

Cod aliaj	Compozitie chimica (% masice)						
	Fe	Cr	Ni	Co	B	Si	Mn
IA 1	62.25	3.4	33.5	-	-	0.45	0.4
IA 2	51.8	11	34	-	-	0.2	3
IA 3	53.8	11	35	-	-	0.2	-
IA 4	6.71	3.72	0.04	79.45	3.61	6.47	-
IA 5	35.1	13.1	43	-	2.9	5.9	-

Tabel 1b. Caracteristicile microfirelor utilizate in realizarea modelelor de senzori

Cod aliaj	Compozitie chimica (% masice)						Dimensiune microfir (medie)		Temperatura Curie (°C)
	Fe	Cr	Ni	Co	B	Si	Ø microfir (µm)	Ø miez metalic (µm)	
IA 4	6.71	3.72	0.04	79.45	3.61	6.47	23.5	15.5	92
IA 5	35.1	13.1	43	-	2.9	5.9	22.8	17.5	100

5.2 Model senzor simplu cu microfire de aliaj Fe_{6,71}-Cr_{3,72}-Ni_{0,04}-Co_{79,45}-Si_{6,47}-B_{3,61} (cod IA4) si Fe_{35,1}-Cr_{13,1}-Ni₄₃-Si_{5,9}-B_{2,9} (cod IA5)

Acest tip de model este format dintr-un ansamblu de doua bobine: o bobina exterioara si una interioara, Fig. 1-2.

Caracteristici bobina exterioara:

Carcasa: teflon

Dimensiuni: h = 13mm, Ø= 8mm

Infasurare: 136 spire din sarma CuEm, diametru spira 0.315 mm

Caracteristici bobina interioara:

Carcasa: teflon

Dimensiuni: h = 7mm, Ø= 4mm

Infasurare: 1000 spire din sarma CuEm, diametru spira 0.06 mm.

La interiorul bobinei interioare s-au inserat 50 de microfire de aliaj Fe_{6,71}-Cr_{3,72}-Ni_{0,04}-Co_{79,45}-Si_{6,47}-B_{3,61} (cod IA4) pentru primul model experimental si 50 microfire de aliaj Fe_{35,1}-Cr_{13,1}-Ni₄₃-Si_{5,9}-B_{2,9} (cod IA5) pentru al doilea model experimental.

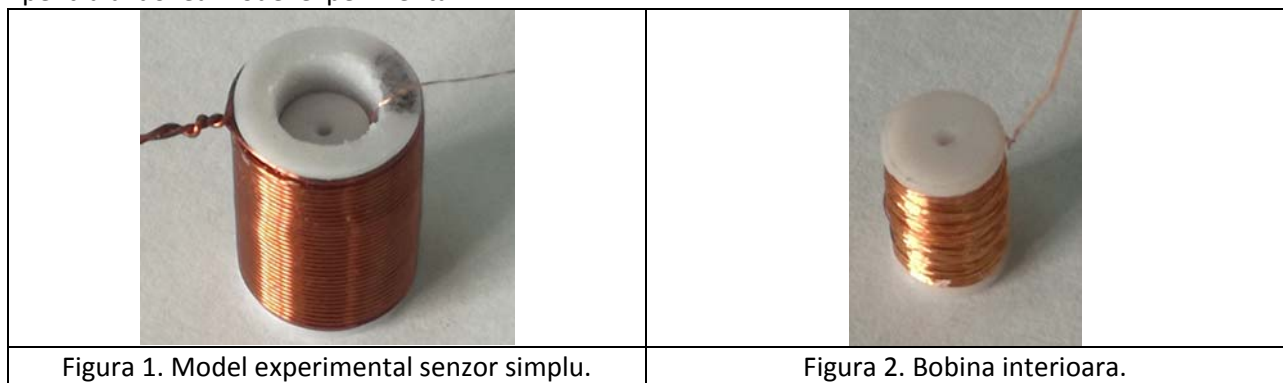


Figura 1. Model experimental senzor simplu.

Figura 2. Bobina interioara.

5.3 Model senzor dublu

Acest tip de model este format dintr-un ansamblu de trei bobine: o bobina exterioara si doua bobine interioare identice, Fig. 3-4.

Caracteristici bobina exterioara:

Carcasa: teflon

Dimensiuni: h = 13mm, Ø= 12mm

Infasurare: 136 spire din sarma CuEm, diametru spira 0.315 mm

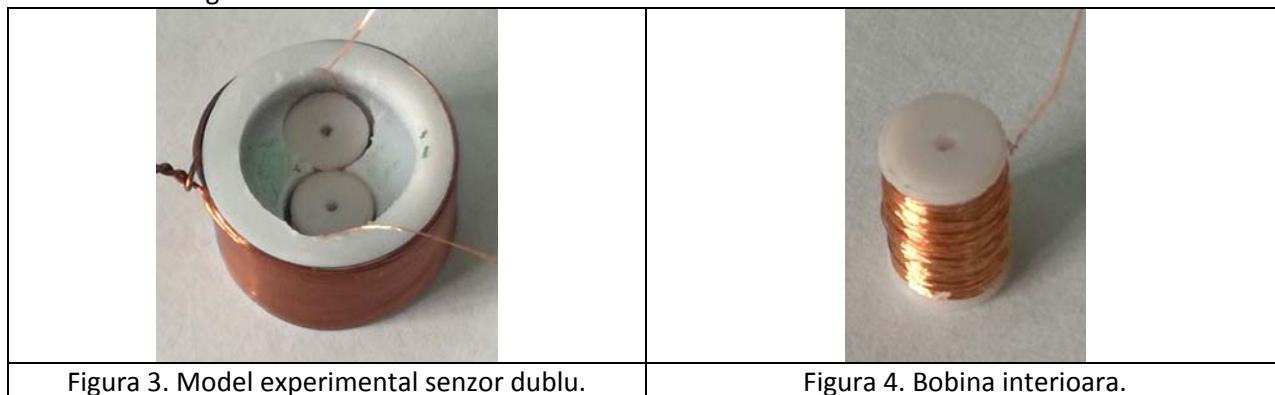
Caracteristici bobina interioara:

Carcasa: teflon

Dimensiuni: h = 7mm, Ø= 4mm

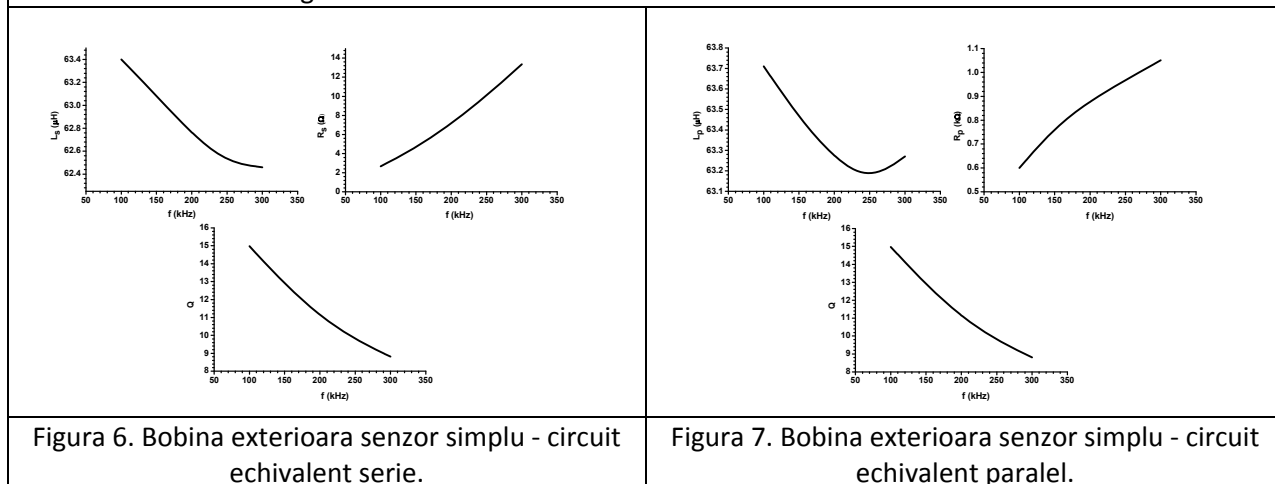
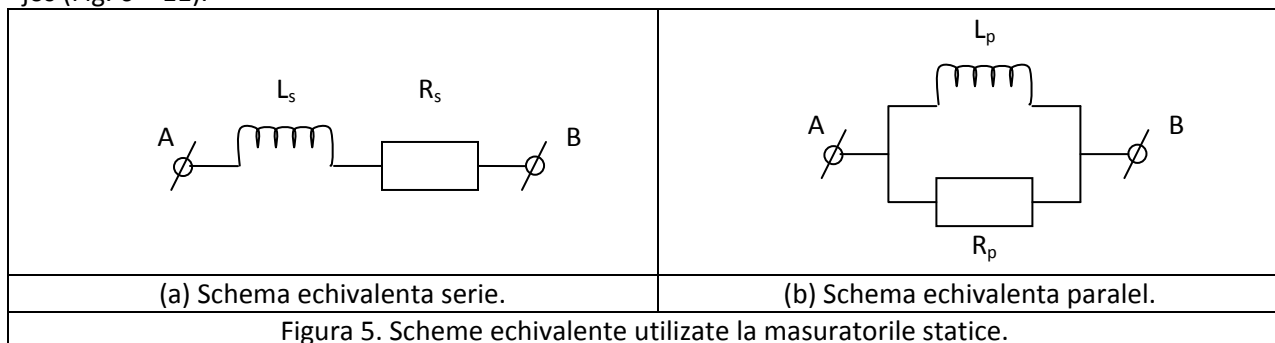
Infasurare: 1000 spire din sarma CuEm, diametru spira 0.06 mm

La interiorul celor doua bobine interioare s-au inserat 50 microfire aliaj Fe6,71-Cr3,72-Ni0,04-Co79,45-Si6,47-B3,61 (cod IA4) pentru bobina din dreapta si 50 microfire Fe35,1-Cr13,1-Ni43-Si5,9-B2,9 (cod IA5) pentru bobina din stanga.



5.4 Masuratori statice efectuate asupra bobinelor utilizate la realizarea modelelor experimentale de senzor

Pentru realizarea masuratorilor statice s-a utilizat Multimetrul Agilent E4980A. In Fig. 5 se prezinta schemele echivalente utilizate la masuratorile statice. Rezultatele masuratorilor sunt redade in figurile de mai jos (Fig. 6 – 11).



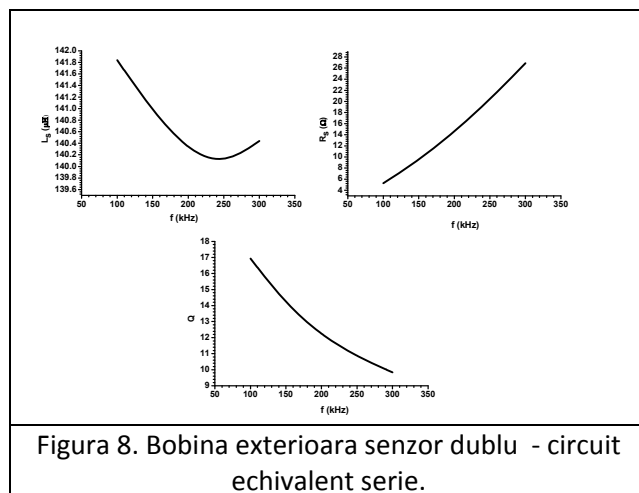


Figura 8. Bobina exterioara senzor dublu - circuit echivalent serie.

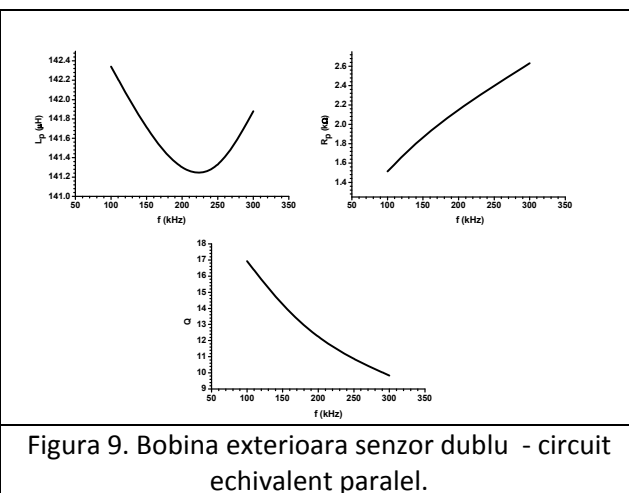


Figura 9. Bobina exterioara senzor dublu - circuit echivalent paralel.

Din analiza Fig. 6-9 putem trage urmatoarele concluzii:

- Inductanta are o comportare parabolica in functie de frecventa, atat pentru circuitul echivalent serie cat si pentru cel paralel;
- Atat rezistenta Rs cat si rezistenta Rp au o variatie liniara crescatoare in functie de frecventa, atat pentru circuitul echivalent serie cat si pentru cel paralel;
- Factorul de calitate Q descreste cvasiliniar cu frecventa, atat pentru circuitul echivalent serie cat si pentru cel paralel.

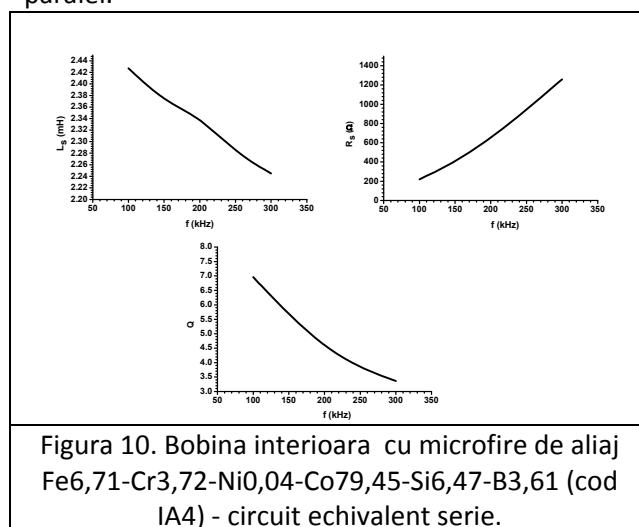


Figura 10. Bobina interioara cu microfire de aliaj Fe6,71-Cr3,72-Ni0,04-Co79,45-Si6,47-B3,61 (cod IA4) - circuit echivalent serie.

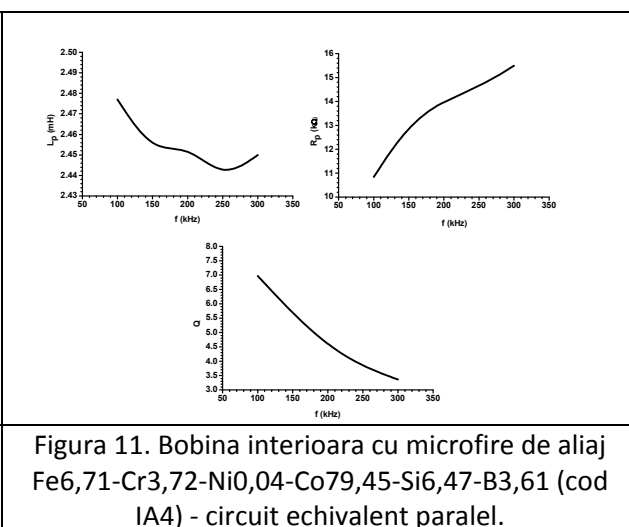


Figura 11. Bobina interioara cu microfire de aliaj Fe6,71-Cr3,72-Ni0,04-Co79,45-Si6,47-B3,61 (cod IA4) - circuit echivalent paralel.

Din analiza Fig. 10-11 putem trage urmatoarele concluzii:

- Inductanta are o comportare cvasiliniara descrescatoare in functie de frecventa, atat pentru circuitul echivalent serie cat si pentru cel paralel;
- Atat rezistenta Rs cat si rezistenta Rp au o variatie cvasiliniara crescatoare in functie de frecventa, atat pentru circuitul echivalent serie cat si pentru cel paralel;
- Factorul de calitate Q descreste cvasiliniar cu frecventa, atat pentru circuitul echivalent serie cat si pentru cel paralel.

Corespunzator acestor valori, reactanta inductiva se poate calcula in cazul circuitului echivalent serie respectiv in cazul circuitului echivalent paralel:

$$X_{Ls} = \omega L_s = 2\pi f L_s \quad ; \quad X_{Lp} = \omega L_p = 2\pi f L_p$$

Impedanta echivalenta se poate calcula in ambele cazuri dupa formula:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Rezultatele sunt sintetizate in Tabelul 2.

Tabelul 2. Reactanta inductiva si impedanta echivalenta in cazul circuitului echivalent serie respectiv in cazul circuitului echivalent paralel, pentru frecventele de $f=100\text{kHz}$ si $f=300\text{kHz}$

	$f=100\text{kHz}$			$f=300\text{kHz}$		
	$X_{Ls}[\Omega]$	$X_{Lp}[\Omega]$	$Z_{Lp}[\Omega]$	$X_{Ls}[\Omega]$	$X_{Lp}[\Omega]$	$Z_{Lp}[\Omega]$
Bobina exterioara simpla	39.8152	40.0098	40.02	117.6746	119.2006	119.2
Bobina exterioara dubla	89.0755	89.3895	89.39	264.5889	267.3019	276.3
Bobina interioara	1524.156	1555.55	1556.3	4615.8	4593.19	4593.44

5.5 Masuratori in regim dinamic efectuate asupra bobinelor utilizate in realizarea celor trei modele experimentale de senzor

Măsurătorile s-au realizat utilizând circuitul prezentat in figura 12. Tensiunea de alimentare 5Vcc. Pentru realizarea capturilor de osciloscop s-a utilizat softul TekView de la National Instrument.

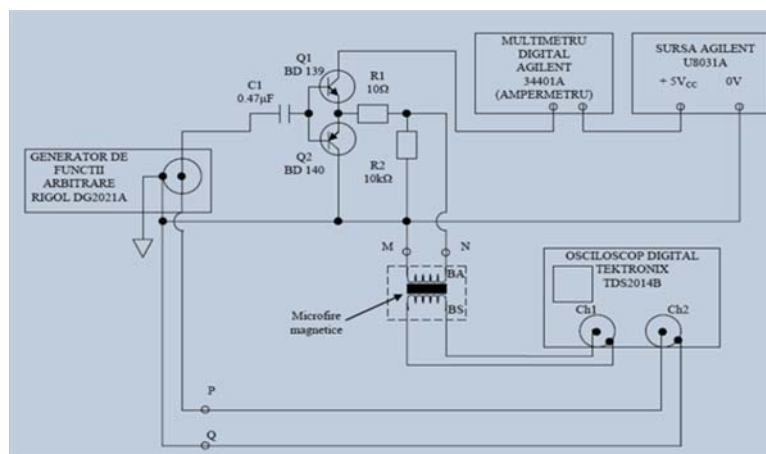


Figura 12. Montajul electronic utilizat la efectuarea măsurătorilor in regim dinamic asupra modelelor experimentale de senzor.

In figura 13. Se prezinta modelului experimental (ME) de senzor, in decursul testărilor, efectuate pentru studiul regimului dinamic.

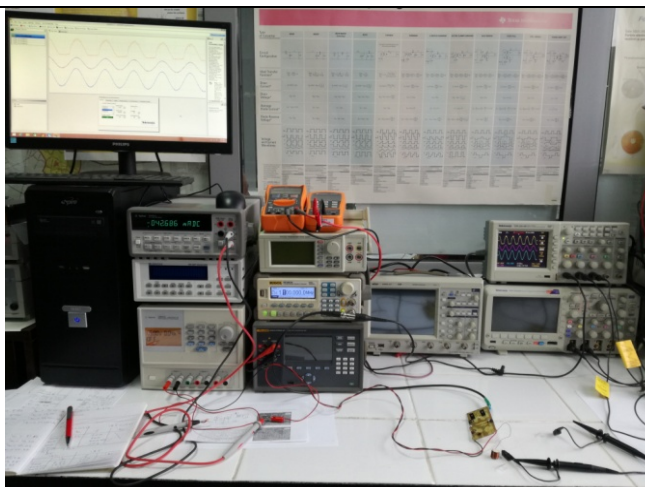
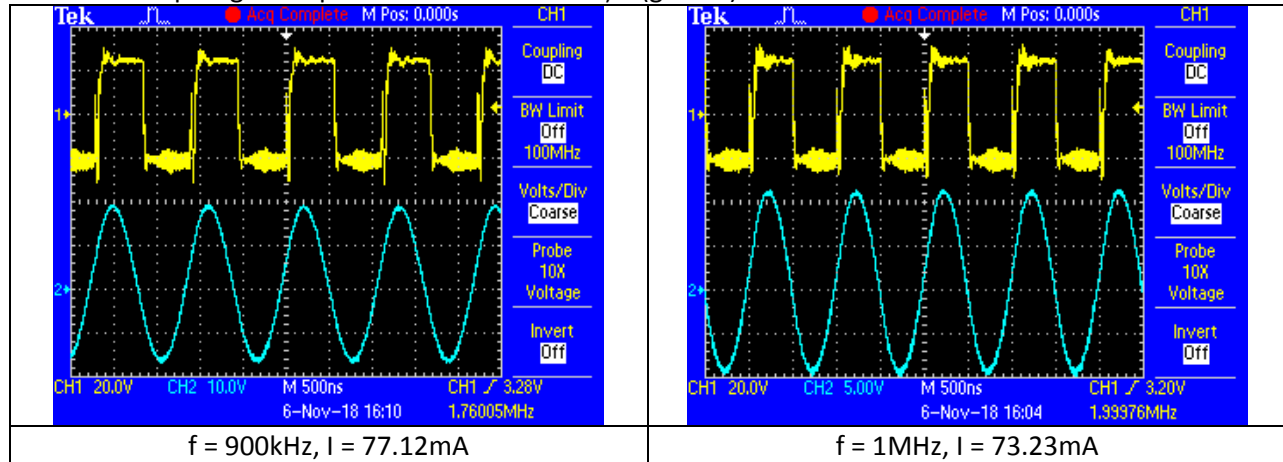


Figura 13. Testarea modelului experimental (ME) de senzor, măsurători in regim dinamic.

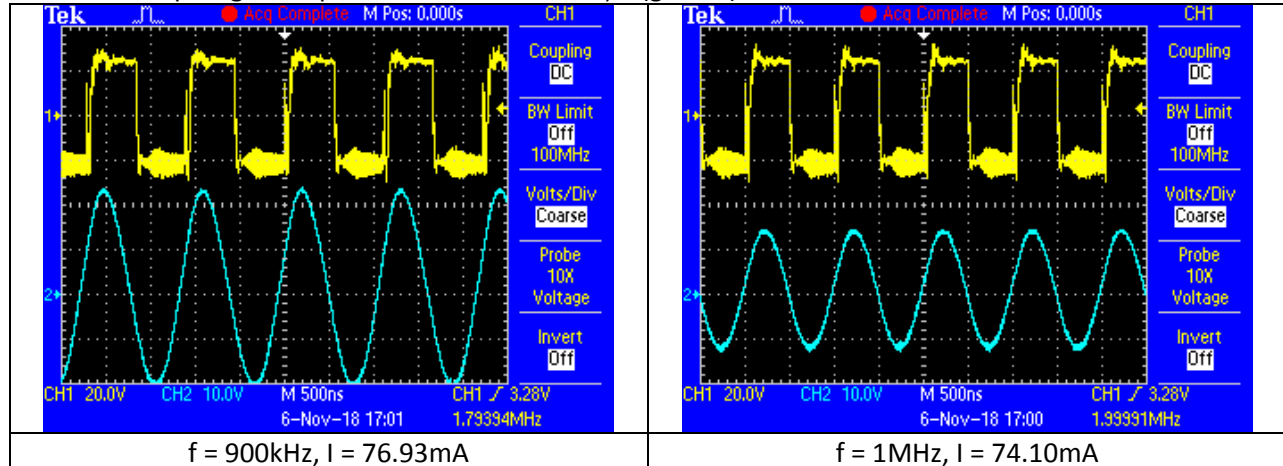
5.5.1 Rezultatele masuratorilor in regim dinamic pentru ME senzor simplu IA4

- Semnal dreptunghiular pentru bobina de excitație (galben)



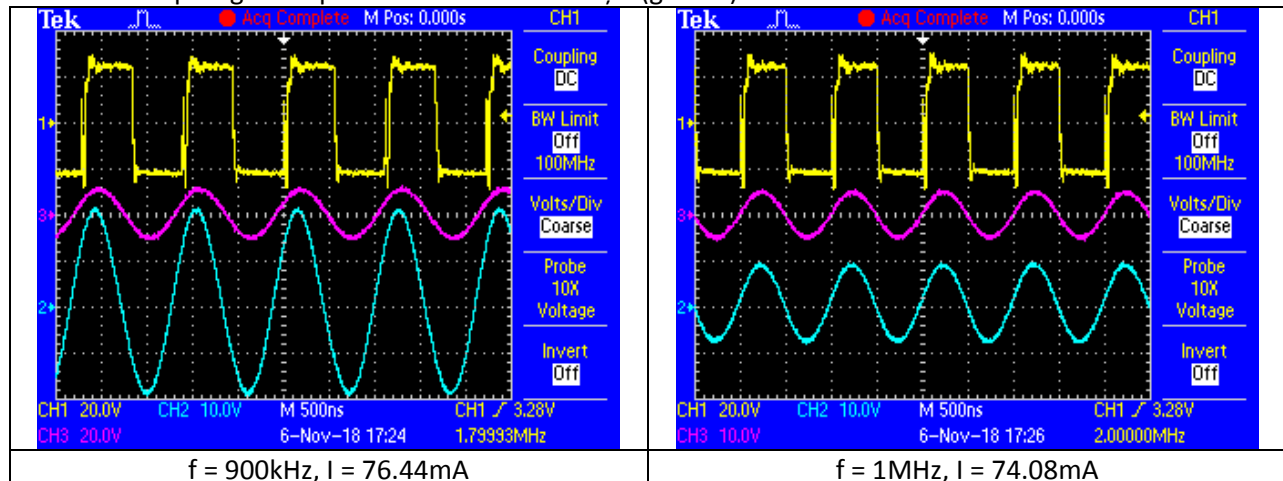
5.5.2 Rezultatele masuratorilor pentru ME senzor simplu IA5

- Semnal dreptunghiular pentru bobina de excitație (galben)



5.5.3 Rezultatele măsurătorilor pentru ME senzor dublu IA4 - IA5

- Semnal dreptunghiular pentru bobina de excitație (galben)



6. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului
(se vor preciza stadiul de implementare a proiectului, gradul de indeplinire a obiectivului cu referire la tintele stabilite si indicatorii asociati pentru monitorizare si evaluare).

6.1 Rezultate

- S-a realizat un model de senzor simplu cu microfire de aliaj Fe_{6,71}-Cr_{3,72}-Ni_{0,04}-Co_{79,45}-Si_{6,47}-B_{3,61} (cod IA4);
- S-a realizat un model de senzor simplu cu microfire de aliaj Fe_{35,1}-Cr_{13,1}-Ni₄₃-Si_{5,9}-B_{2,9} (cod IA5);
- S-a realizat un model de senzor dublu, cu microfire de aliaj Fe_{6,71}-Cr_{3,72}-Ni_{0,04}-Co_{79,45}-Si_{6,47}-B_{3,61} (cod IA4) si cu microfire de aliaj Fe_{35,1}-Cr_{13,1}-Ni₄₃-Si_{5,9}-B_{2,9} (cod IA5);
- S-a realizat un driver electronic utilizat la efectuarea măsurătorilor in regim dinamic asupra modelelor experimentale de senzor;
- S-au realizat masuratori statice efectuate asupra bobinelor utilizate la realizarea modelelor experimentale de senzor
- S-au realizat masuratori in regim dinamic pentru ME senzor simplu IA4;
- S-au realizat masuratori in regim dinamic pentru ME senzor simplu IA5;
- S-au realizat masuratori in regim dinamic pentru ME senzor dublu IA4 - IA5.

6.2 Stadiul realizarii obiectivului fazei

Obiectivele specifice ale etapei corespund cu obiectivele impuse in proiect si sunt realizate integral.

6.3 Concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului

6.3.1 Concluzii generale

1. S-au obtinut 3 modele experimentale de senzor cu microfire cu temperatura Curie scazuta, astfel:
 - Primul model experimental de senzor de temperatura, utilizeaza ca element sensibil o microbobina avind ca miez magnetic un manunchi de 50 de microfire de aliaj Fe_{6,71}-Cr_{3,72}-Ni_{0,04}-Co_{79,45}-Si_{6,47}-B_{3,61} (cod IA4);
 - Cel de-al doilea model experimental de senzor de temperatura, utilizeaza ca element sensibil o microbobina avind ca miez magnetic un manunchi de 50 de microfire de aliaj Fe_{35,1}-Cr_{13,1}-Ni₄₃-Si_{5,9}-B_{2,9} (cod IA5);
 - Cel de-al treilea model experimental de senzor de temperatura, utilizeaza ca element sensibil doua microbobine, prima microbobina cu un manunchi de 50 microfire de aliaj Fe_{6,71}-Cr_{3,72}-Ni_{0,04}-Co_{79,45}-Si_{6,47}-B_{3,61} (cod IA4) si cea de-a doua microbobina cu un manunchi de 50 microfire de aliaj Fe_{35,1}-Cr_{13,1}-Ni₄₃-Si_{5,9}-B_{2,9} (cod IA5);
2. Asupra celor 3 modele experimentale de senzor s-au efectuat măsurători statice si măsurători dinamice.
3. Factorul de calitate Q descrește cvasiliniar cu frecventa, atât pentru circuitul echivalent serie cat si pentru cel paralel, pentru toate modelele experimentale de senzor.
4. Comportarea in regim dinamic este foarte buna, studiul dezvăluind ca frecventa de 1 MHz este cea mai potrivita pentru tensiunea aplicata bobinei de excitație.
5. Semnalul de la ieșirea bobinelor interioare care au ca miez magnetic microfitele magnetice este de tip sinusoidal atât pentru semnal sinusoidal aplicat bobinei de excitație, cat si pentru semnal dreptunghiular aplicat bobinei de excitație. Putem utiliza un oscilator care sa genereze o forma de unda dreptunghiulara cu frecventa de 1 MHz.

6.3.2 S-a indeplinit obiectivul cu referire la tintele stabilite in cadrul proiectului Nucleu PN 18240301/2018 prevazute in Faza 4/15.10.2018. Propunem continuarea proiectului cu urmatoarele obiective:

- 1. Realizare prototip de senzor de temperatura cu utilizare pentru medii agresive chimic si/sau corozive, pe baza de microfire feromagnetice cu temperatura Curie joasa.**
- 2. Realizare model functional de senzor de temperatura si camp magnetic, pe baza de microfire feromagnetice cu temperatura Curie joasa.**

Responsabil proiect

Dr. Ing. PISLARU-DANESCU Lucian