Găujăneanu Nicoleta Monica, 424D

Lucrarea nr. 6

Caracterizarea materialelor fero si ferimagnetice la semnal mic

1. Scopul lucrarii

Lucrarea pune în evidenţă comportarea în frecvenţă a miezurilor magnetice din materiale feromagnetice şi ferimagnetice, folosite în inductoare şi supuse unui regim de „semnal mic”.

2. Tabelele şi graficele cerute la fiecare punct împreună cu relaţiile de calcul folosite

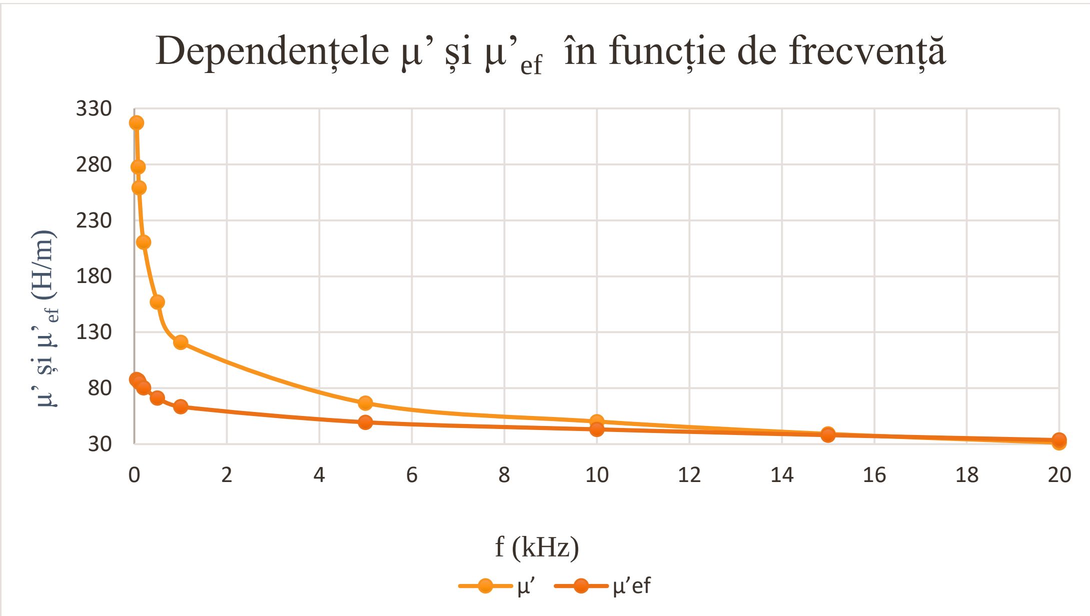
Tabel 6-1

f(kHz)		**0,05**	**0,08**	**0,1**	**0,2**	**0,5**	**1**	**5**	**10**	**15**	**20**
HL_m	L_m(mH)	610.71	534.01	500.54	407.30	302.07	237.06	134.57	95.267	72.716	57.651
	R_m(Ω)	51.269	64.423	73.353	117.78	245.36	445.42	2151	4435	6496	8326
L_{md}	L_{md}(mH)	170.14	167.14	165.03	155.16	136.17	119.18	93.68	82.219	72.785	64.351
	R_{md}(Ω)	4.845	7.097	8.681	17.251	44.880	88.147	661.76	1943	3590	5420
Lm_0	Lm_0(mH)	1.928	1.927	1.927	1.927	1.927	1.926	1.925	1.923	1.919	1.913
	Rm_0(Ω)	1.652	1.652	1.652	1.651	1.656	1.674	2.232	3.939	6.698	10.390
Calcule	μ’	316,79	277,13	259,77	211,37	156,72	123,08	69,910	49,54	37,892	30,136
	μ’’	81,958	64,837	59,249	47,955	40,275	36,689	35,549	36,691	35,898	34,609
	Q_m	3,865	4,274	4,384	4,407	3,89	3,354	1,966	1,35	1,055	0,87
	μ'_{ef}	88,2697	86,758	85,658	80,501	70,631	61,847	48,664	42,755	37,928	33,638
	μ''_{ef}	5,274	5,624	5,808	6,445	7,143	7,149	10,911	0,016	0,0171	0,0206
	$Q_{m_{ef}}$	16,7359	15,425	14,747	12,489	9,887	8,65	4,46	2,5868	2,206	1,626

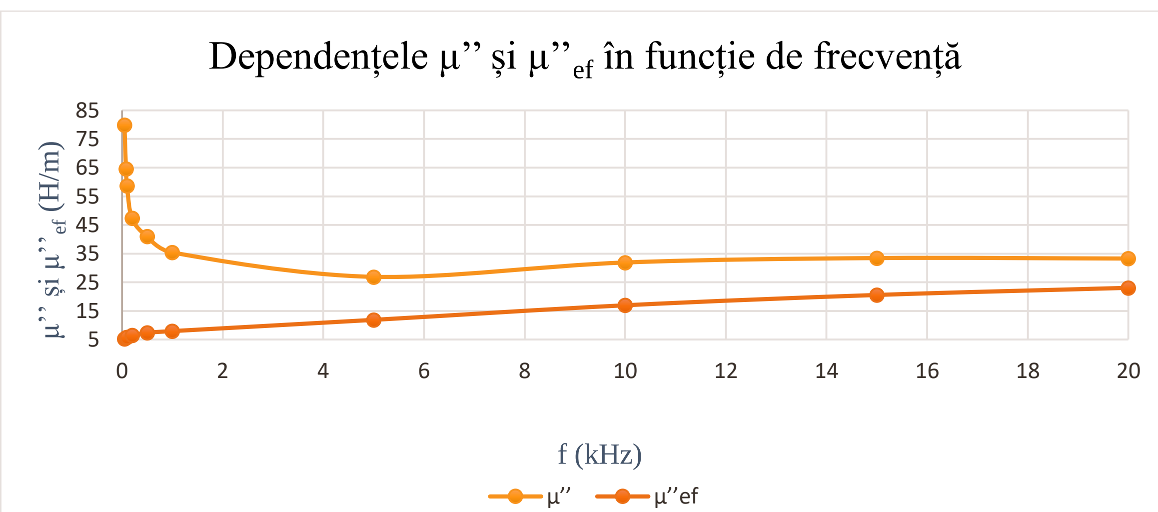
Pentru calcule am folosit formulele:

$\omega = 2\pi f$, $\mu' = L_m/L_{m0}$, $\mu'' = (R_m - R_{m0})/\omega L_{m0}$, $Q_m = \mu'/\mu''$,

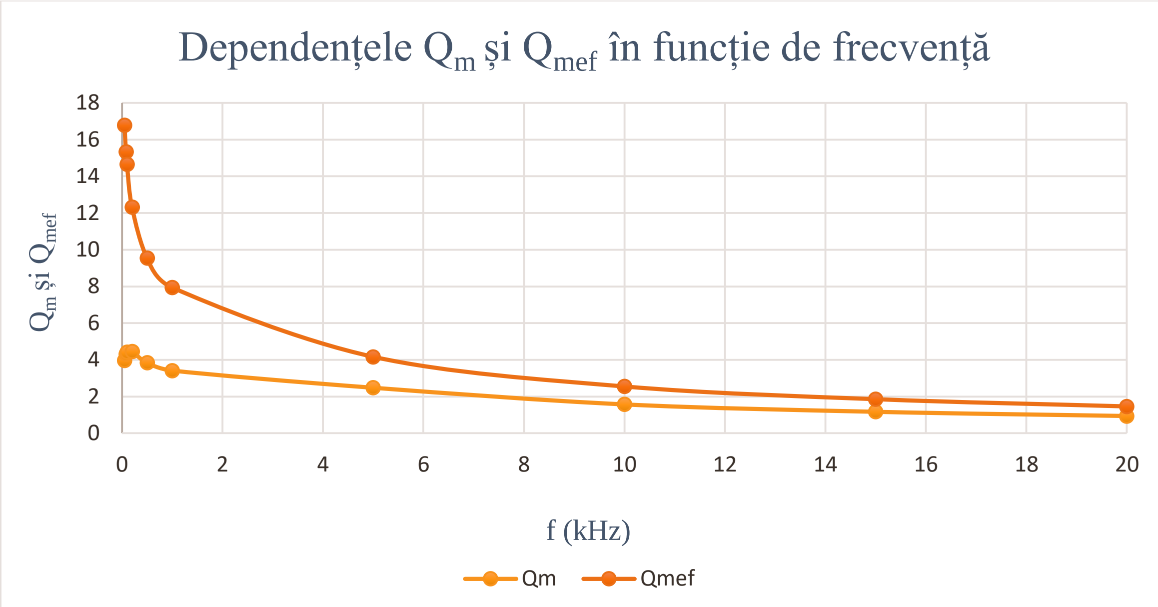
$\mu'_{ef} = L_{md}/L_{m0}$, $\mu''_{ef} = (R_{md} - R_{m0})/\omega L_{m0}$, $Q_m = \mu'_{ef}/\mu''_{ef}$.



Se observa ca valorile reale pentru cele doua bobine devin foarte apropiate pe masura ce frecventa incepe sa creasca.



Se observa ca valoarea reala a permitivitatii celor 2 bobine devine constanta pe masura ce frecventa creste.



Se observa ca dependența factorului de calitate al miezului magnetic pentru cele două bobine este relativ asemănătoare. Pentru frecvențe uzuale pentru aceste materiale (50 Hz, 100 Hz), Q_m tinde să crească și Q_{mef} scade, iar la frecvențe mari (10 kHz, 20 kHz), ambele tind să scadă, atingând valori foarte apropiate.

Tabel 6-3

F (kHz)		50	80	100	200	500	800	1000	1500	2000
Bobina L_{m1}	L_{m1}(mH)	0.2206	0.220	0,219	0.221	0.225	0.232	0.238	0.253	0.272
	R_{m1}(Ω)	1.208	1.671	4.488	67.578	35.781	74.899	132.715	412.524	858.92
Bobina L_{01}	L_{01}(mH)	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.0019	0.0019	0.0019
	R_{01}(Ω)	18.958	14.678	0.154	0.195	0.280	0.337	0.376	0.466	0.557
Calcule	k	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	μ’	110,3	110	109,5	221	112,5	116	125,263	133,158	143,158
	μ’’	28,264	12,945	3,450	5,3648	5,653	7,420	11,091	23,022	35,96
	Q	3,902	8,497	31,848	4,119	19,9	15,632	11,294	5,783	3,98

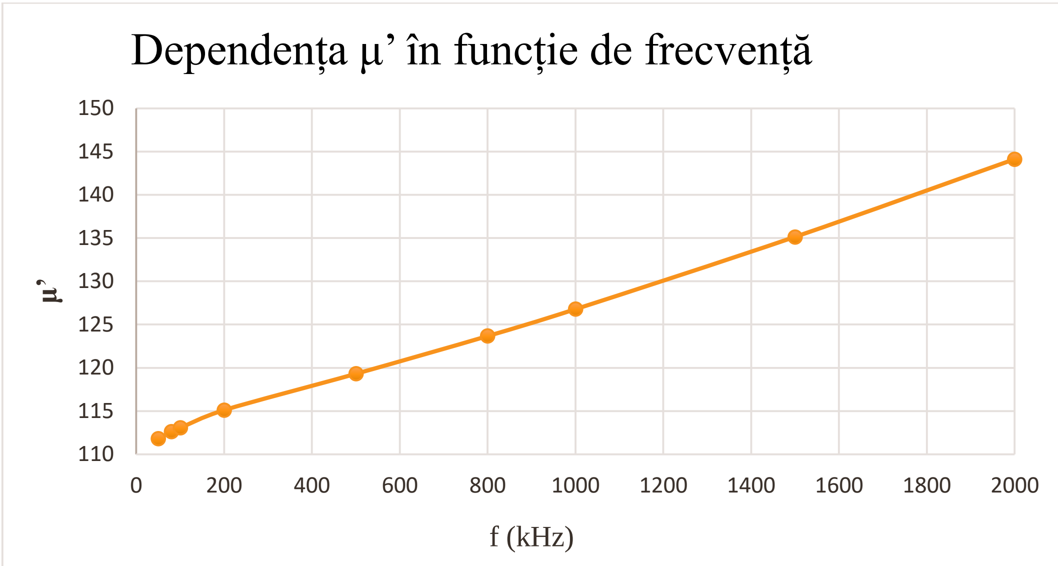
Pentru valorile la frecventele 50 si 80KHz am folosit modulul pentru valoarea permitivitatii magnetice imaginare.

Pentru a completa partea de calcule a tabelului am folosit urmatoarele formule:

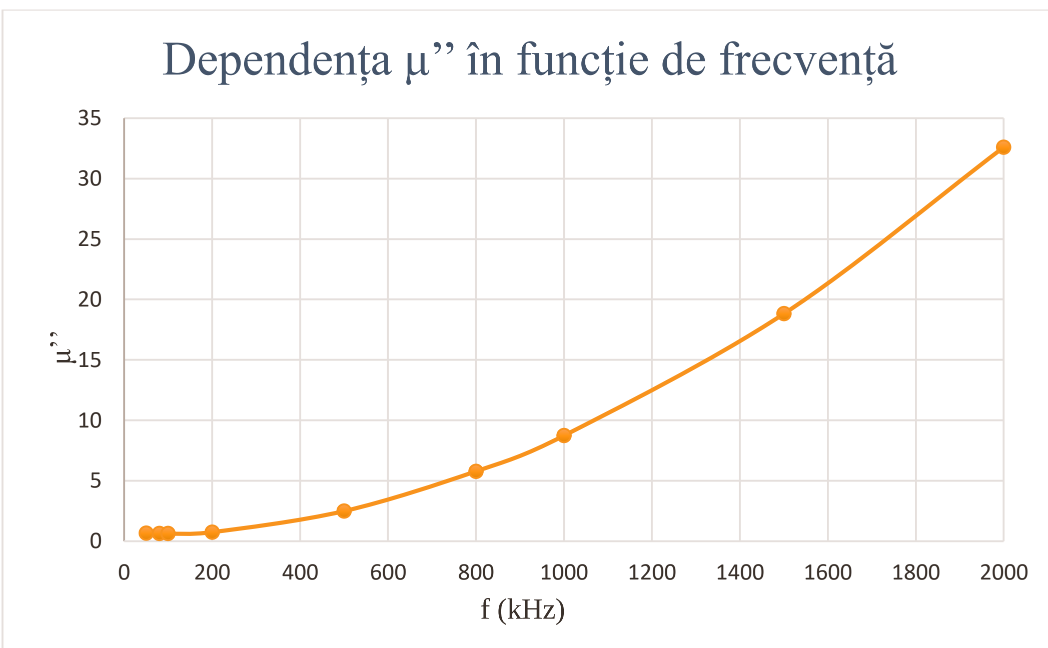
-partea reala a permeabilitatii magnetice relative : $\mu' = \frac{L}{k*L_0}$

-partea imaginara a permeabilitatii magnetice relative: $\mu'' = \frac{R-R_0}{2pi*f*L_0}$

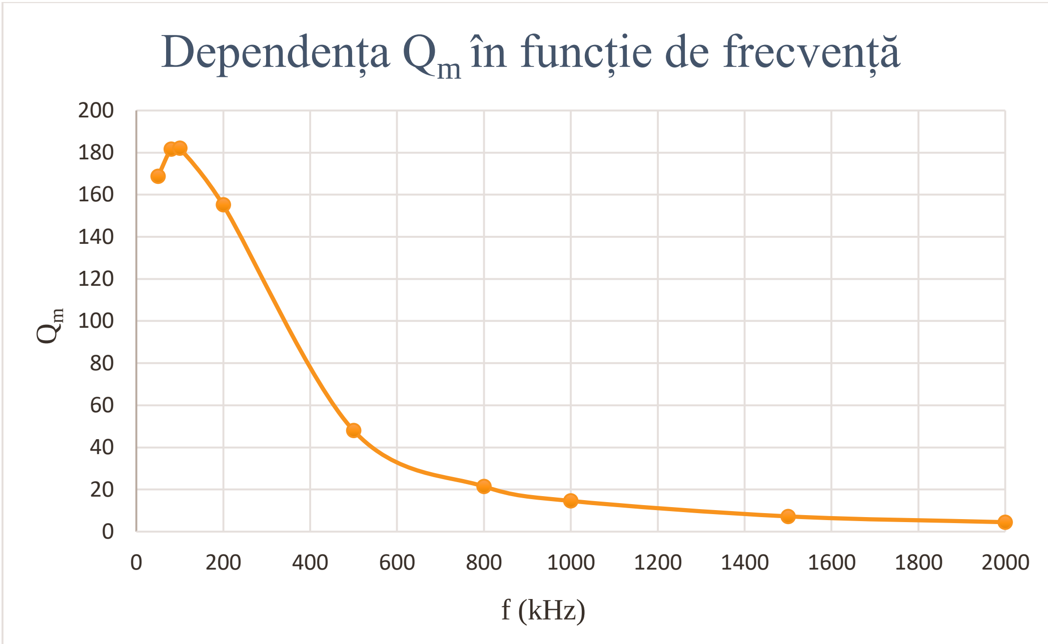
-factorul de calitatate: $Q_m = \frac{\mu'}{\mu''}$ / $Q_m ef = \frac{\mu'_{ef}}{\mu''_{ef}}$



Se observa faptul ca valoarea partii reale a permitivitatii creste liniar cu cresterea frecventei.



Se observa ca de la valoarea de 500Khz valoarea imaginara incepe sa creasca liniar.



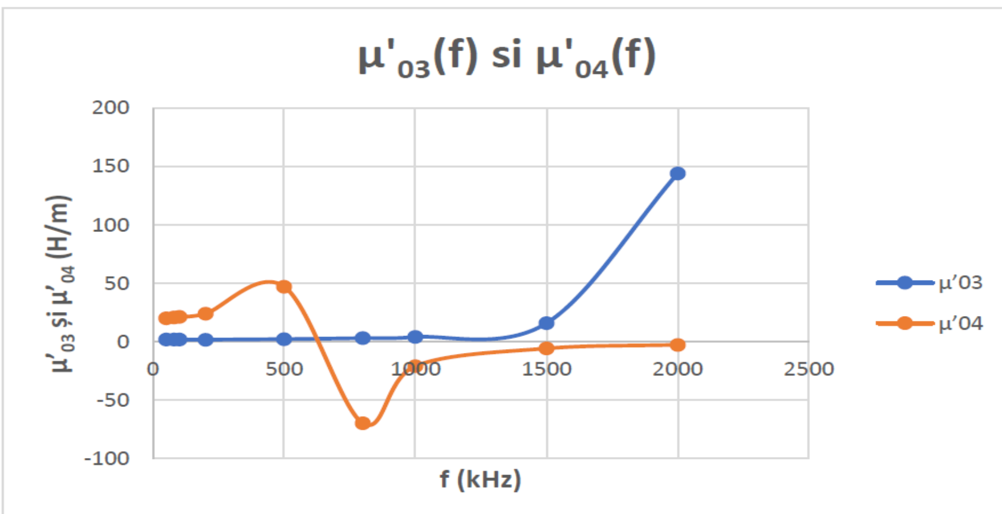
Se observa ca factorul de calitate creste abrupt la frecventa de 100KHz, apoi scade.

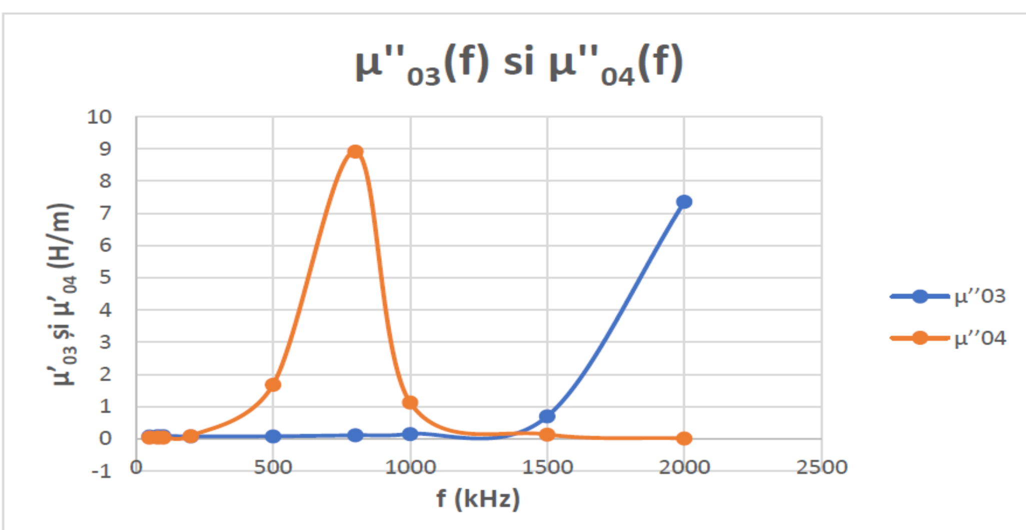
f (kHz)		50	80	100	200	500	800	1000	1500	2000
Bobina L_{02}	L_{02} (mH)	0.076	0.074	0.073	0.069	0.067	0.068	0.070	0.076	0.087
	R_{02} (Ω)	1.732	3.209	4.149	7.465	12.718	17.627	21.280	33.610	56.207
Bobina L_{03}	L_{03} (mH)	0.255	0.251	0.249	0.244	0.254	0.285	0.325	0.626	-1.868
	R_{03} (Ω)	3.648	6.578	8.275	14.411	30.353	56.891	89.710	536.788	8102
Bobina L_{04}	L_{04} (mH)	1.543	1.552	1.563	1.666	3.171	-4.738	-1.453	-0.428	-0.217
	R_{04}(Ω)	2.725	4.852	6.242	15.368	367.021	3069	518.410	133.051	76.211
	k	1	1	1	1	1	1	1	1	1

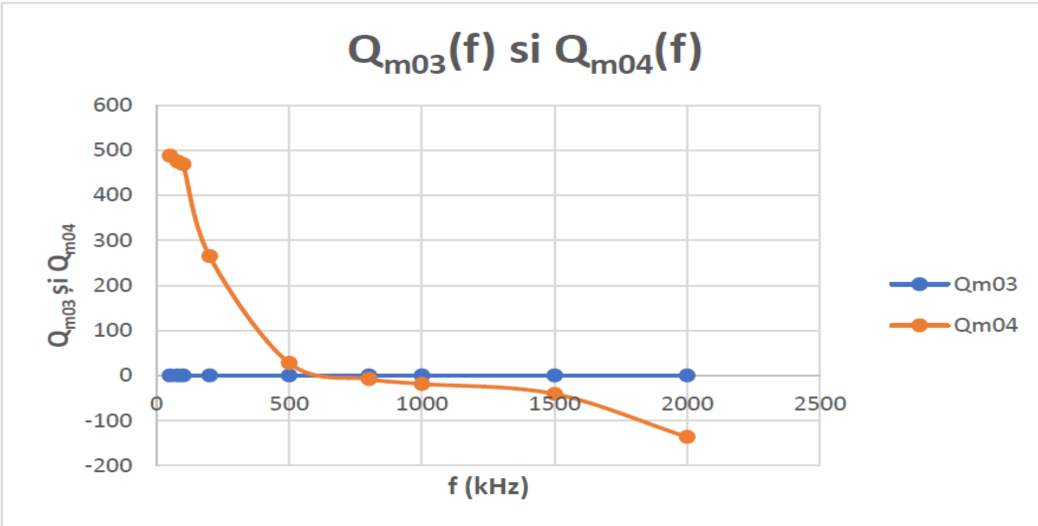
	μ'_{03}	2.106	2.049	1.994	1.930	2.386	3.227	4.21	15.971	144.145
	μ''_{03}	0.080	0.090	0.089	0.080	0.083	0.114	0.155	0.702	7.359
	Q_{m03}	0.524	0.28	0.221	0.120	0.056	0.035	0.027	0.015	0.0097
	μ'_{04}	20.302	20.972	21.410	24.144	47.328	-69.676	-20.757	-5.631	-2.494
	μ''_{04}	0.041	0.044	0.045	0.091	1.683	8.92	1.130	0.138	0.018
	Q_{m04}	488.15	474.8	469.19	264.89	28.11	-7.80	-18.363	-40.563	-136.314

$\mu'_{03} = L_{03}/kL_{02}$ **$\mu''_{03} = (R_{03} - R_{02})/\omega L_{02}$** **$Q_{m03} = \mu'_{03}/\ \mu''_{03}$**

$\mu'_{04} = L_{04}/kL_{02}$ **$\mu''_{04} = (R_{04} - R_{02})/\omega L_{02}$** **$Q_{m04} = \mu'_{04}/\ \mu''_{04}$**

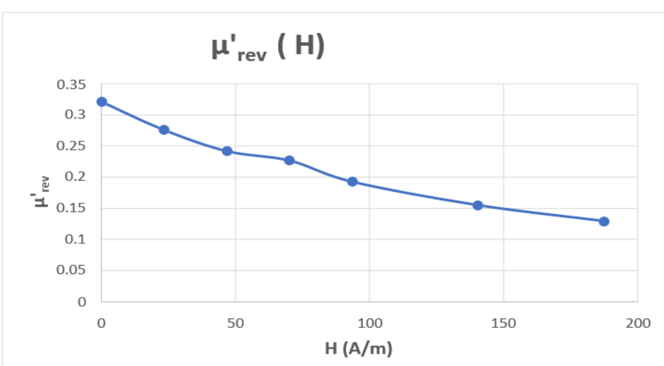






Tabel 6-4

Înfăşurarea L_{m2}	I_s [mA]	0	50	100	150	200	300	400
	L_{m2} [µH]	170	146	128	120	102	82190	68669
Calcule	H [A/m]	0	2340583	4681166	7021749	9362332	140435	1872466
	µ'rev	0.321111	0.275778	0.241778	0.226667	0.192667	0.155248	0.129708



$$H = \frac{N_s I_s}{l_e} \qquad L_{o2} = \mu_o \frac{N_p^2 A_e}{l_e} \qquad \mu'_{rev} = \frac{L_{m2}}{L_{o2}}$$

Se observa ca valorile µ'$_{rev}$ scad pe masura ce H creste.

3. Calculul parametrilor domeniului de substituție pentru miezul de tip oală 18 × 11 cu dimensiunile:

$2r_1 = 32$ mm, $2r_2 = 58$ mm, $2r_3 = 15,4$ mm,

$2r_4 = 18$ mm, $l_1 = l_3 = 7,7$ mm; $h = 13$ mm.

$$A_1 = \pi(r_4^2 - r_3^2) = \pi(81 - 59,29) = 68,169 \text{ mm}^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{A_1 = 68,169 \text{ mm}^2}$$

$$A_3 = \pi(r_2^2 - r_1^2) = \pi(841 - 256) \Rightarrow \boxed{A_3 = 1836,9 \text{ mm}^2}$$

$$\frac{l_2}{A_2} = \frac{1}{\pi \cdot h} \cdot \ln \frac{r_3}{r_2} \Rightarrow \frac{l_2}{A_2} = \frac{1}{\pi \cdot 13} \cdot \ln \frac{7,7}{29} =$$

$$= \frac{1}{40,82} \cdot \underbrace{\ln 0,265}_{-1,32} = -0,0132 \Rightarrow l_2 = -0,032 \cdot A_2$$

$$\frac{l_2}{A_2^2} = \frac{1}{2\pi^2 h^2} \cdot \frac{r_3 - r_2}{r_3 \cdot r_2} \Rightarrow \frac{-0,032\, A_2}{A_2^2} = \frac{1}{2 \cdot 9,18 \cdot 169} \cdot$$

$$\cdot \frac{7,7-29}{7,7 \cdot 29} \Rightarrow -\frac{0,032}{A_2} = -\frac{21,3}{3332,68 \cdot 223,3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 21,3\, A_2 = 23813,998 \Rightarrow \boxed{A_2 = 1118,028 \text{ mm}^2}$$

$$\boxed{l_2 = 35{,}776 \text{ mm}}$$

$$s_2 = \sqrt{\frac{r_3^2 + r_4^2}{2}} - r_3 = \sqrt{\frac{59{,}29 + 81}{2}} - 7{,}7 = 0{,}675 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \boxed{s_2 = 0{,}675 \text{ mm}}$$

$$A_4 = \frac{\pi}{2}\left(r_4^2 - r_3^2 + 2 r_3 h\right) = \frac{\pi}{2}\left(81 - 59{,}29 + 200{,}2\right) =$$

$$= \frac{\pi}{2} \cdot 221{,}91 \Rightarrow \boxed{A_4 = 348{,}398 \text{ mm}^2}$$

$$A_5 = \frac{\pi}{2}\left(r_2^2 - r_1^2 + 2 r_2 h\right) = \frac{\pi}{2}\left(841 - 256 + 2 \cdot 29 \cdot 13\right) =$$

$$= \frac{\pi}{2} \cdot 1339 \Rightarrow \boxed{A_5 = 2102{,}23 \text{ mm}^2}$$

$$s_1 = r_2 - \sqrt{\frac{r_2^2 + r_1^2}{2}} = 29 - \sqrt{\frac{1097}{2}} = 29 - \sqrt{548{,}5} =$$

$$= 29 - 23{,}42 \Rightarrow \boxed{s_1 = 5{,}58 \text{ mm}}$$

$$l_5 = \frac{\pi}{4}\left(2 s_1 + h\right) = \frac{\pi}{4}\left(2 \cdot 5{,}58 + 13\right) = \frac{\pi}{4} \cdot 24{,}16 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{l_5 = 18{,}965 \text{ mm}}$$

$$l_4 = \frac{\pi}{4}\left(2 s_2 + h\right) = \frac{\pi}{4}\left(1{,}35 + 13\right) = 11{,}264 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{l_4 = 11{,}264 \text{ mm}}$$

4. Concluzii

În lucrarea prezentată se observă efectul întrefierului acesta reducând magnetizația, rezultând valori mult mai scăzute pentru μ' în cazul bobinei L_{md}. De asemenea, pentru această bobină și valorile μ'' și ~~pentru~~ factorul de calitate sunt mai reduse.

În cazul bobinei cu miez, atât μ' cât și μ'' cresc odată cu frecvența.

Valorile negative pentru μ' în cazul bobinelor L_{03} și L_{04} apar deoarece s-a depășit frecvența de rezonanță, iar ~~magnetizația~~ acestea nu se mai magnetizează.

Se observă că atunci când μ' scade foarte mult, μ'' crește și Q scade.

Comportarea celor 3 tipuri de bobine (cu miez, fără miez și cu miez întrefier) s-a analizat urmărind caracteristicile permeabilității complexe relative magnetice și a factorului de calitate în funcție de frecvență.

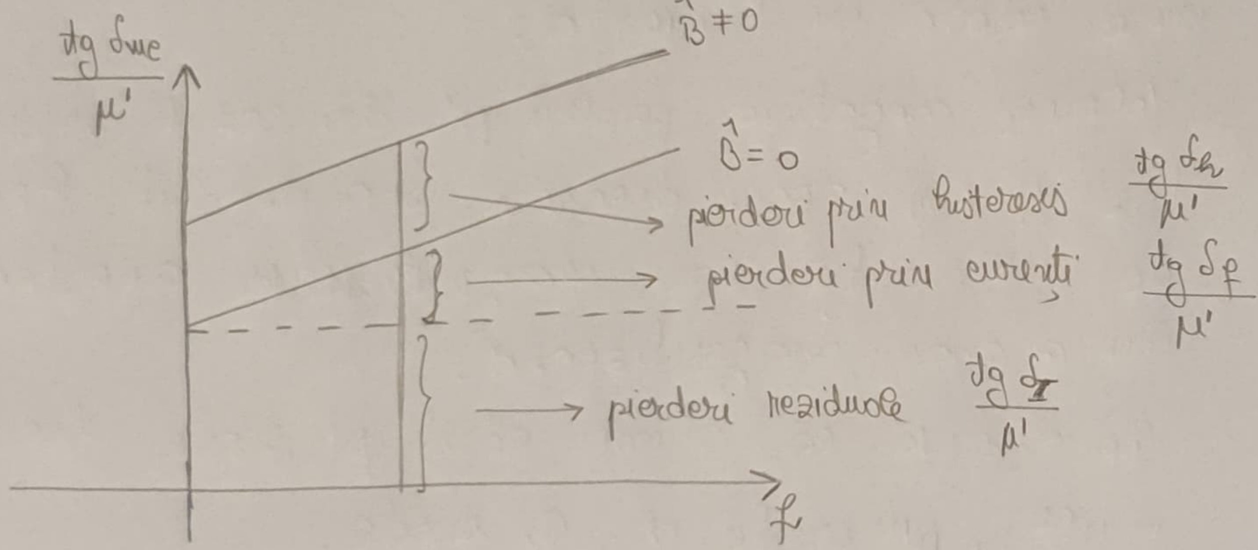
5. Întrebări și probleme.

1.

$$\frac{tg\,\delta_m}{\mu_e'} = \frac{1}{2\pi}\left(a\cdot \hat{B}_e + e\cdot f + c\right)$$

$$\hat{B} \approx 0 \Rightarrow \frac{tg\,\delta_{me}}{\mu_e'} = \frac{1}{2\pi}\left(ef + c\right) \quad \Rightarrow \quad e = 2{,}5\cdot 10^{-6}, \quad c = -1{,}63\cdot 10^{-5}$$

$$tg\,\delta_{me} = \frac{1}{Q} = \frac{R}{\omega L} \quad \begin{cases} 80\,Hz \Rightarrow 0{,}004 \\ 500\,Hz \Rightarrow 0{,}02 \end{cases}$$



2. Identificare bobină cu miez mag. întrefier.

$$\delta \ll l_e \Rightarrow \mu_e' = \frac{C_1}{\frac{\delta}{A_\delta} + \frac{C_1}{\mu'}} \quad \text{(pt. b cu întrefier)}$$

$$\mu_e' = \mu \quad \text{(pt. bobina fără întrefier)}$$

6. Pentru o bobină cu inductanța $L = 100\,\mu H$ și rezistența serie de pierderi $r = 0{,}85\,\Omega$ să se calculeze factorul de calitate și tangenta unghiului de pierderi la frecvențele de 100 Hz și 250 KHz.

$L = 100\,\mu H$, $r = 0{,}85\,\Omega$

$$Q = \frac{\omega \cdot L}{r} = \frac{2\pi f \cdot L}{r}$$

$$Q_1 = \frac{2\pi \cdot 100 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}{0{,}85} = 0{,}074$$

$$Q_2 = \frac{2\pi \cdot 25\cancel{0} \cdot \cancel{10^{3}} \cdot 100 \cdot \cancel{10^{-6}}}{0{,}85} = 184{,}7.$$

$$tg_1 \delta = \frac{1}{Q_1} = \frac{1}{0{,}074} = 13{,}531$$

$$tg_2 \delta = \frac{1}{Q_2} = \frac{1}{184{,}7} = 0{,}0054.$$

* se observă că factorul de calitate crește odată cu frecvența.

7. Pentru o bobină cu valoarea nominală de $L = 125\ \mu H$, frecvența proprie de rezonanță $f_R = 135\ KHz$ și rezistența serie de pierderi $R = 27\ \Omega$, să se calculeze capacitatea parazită a bobinei ~~d~~ și factorul de calitate al acesteia la frecvența de lucru de 23 KHz.

$L = 125\ mH$, $f_R = 135\ KHz$, $R = 27\ \Omega$.

$f = 23\ KHz$.

$$f_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_p}} \Rightarrow f_R \cdot 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C_p} = 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4\pi^2 \cdot f_R^2 \cdot L \cdot C_p = 1 \Rightarrow C_p = \frac{1}{4\pi^2 \cdot f_R^2 \cdot L} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_p = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 135^2 \cdot 10^6 \cdot 125 \cdot 10^{-3}} = 1{,}388 \cdot 10^{-12}\ F \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_p = 1{,}388\ pF.$$

$$Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi f \cdot L}{R} = \frac{2\pi \cdot 23 \cdot 10^{\cancel{3}} \cdot 125 \cdot 10^{\cancel{-3}}}{27} = 669{,}04$$