

### L3. SEMNALE CU PURTĂTOR ARMONIC, MODULATE ÎN FRECVENȚĂ

✓ A, B, C) Caracteristica modulatorului de frecvență  $\beta(A_m)$ :

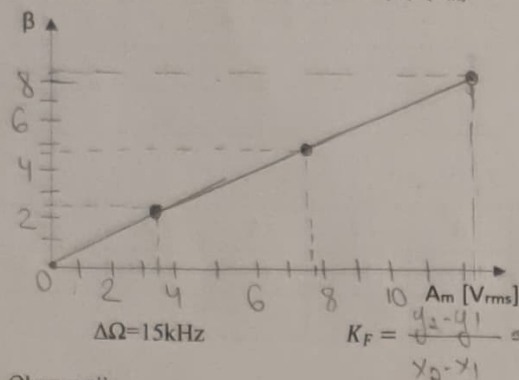
$\Delta\Omega=15\text{kHz}$

$A_m [\text{V}_{\text{rms}}]$	0	3,48	7,80	12,4
$\beta$	0	2,4	5,52	8,65

$\Delta\Omega=60\text{kHz}$

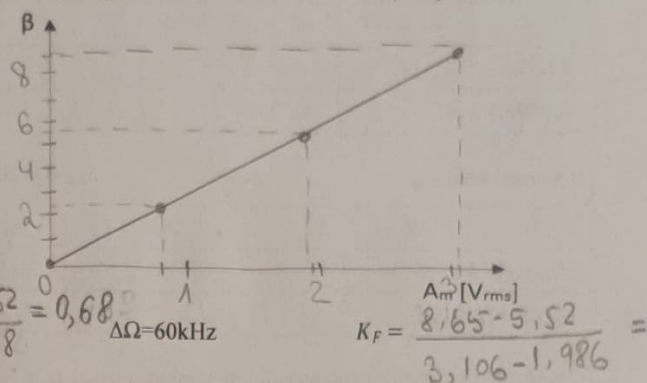
$A_m [\text{V}_{\text{rms}}]$	0	0,866	1,986	3,106
$\beta$	0	2,4	5,52	8,65

Caracteristica modulatorului de frecvență  $\beta(A_m)$



$\Delta\Omega=15\text{kHz}$  (stanga)

$\Delta\Omega=60\text{kHz}$  (dreapta)



Observații:

Dependenta caracteristicii modulației de frecvență este liniară. = 2,794

✓ D) Semnal armonic

$\beta=0,3$

$\Delta\Omega=15\text{kHz}$

$A_m [\text{V}_{\text{rms}}] = 0,44$

(am introdus 0,22 la generator)

N	-3	-2	-1	0	1	2	3
f [kHz]	970	980	990	1000	1010	1020	1030
$C_N [\text{dBm}]$	-49,6	-41,8	-17,6	-0,5	-17,5	-41,7	-51,5
$C_N [\text{V}]$	0,00049	0,00199	0,03159	0,22361	0,03159	0,00199	0,00063

✓ E) Semnal dreptunghiular

$\beta=0,3$

$\Delta\Omega=15\text{kHz}$

$A_m [\text{V}_{\text{rms}}] = 0,44$

N	-3	-2	-1	0	1	2	3
f [kHz]	970	980	990	1000	1010	1020	1030
$C_N [\text{dBm}]$	-39,3	-36,9	-18,1	-0,9	-18,7	-41,7	-41,2
$C_N [\text{V}]$	0,00251	0,00354	0,02483	0,22361	0,02815	0,00199	0,00199

Semnal triunghiular

$\beta=0,3$

$\Delta\Omega=15\text{kHz}$

$A_m [\text{V}_{\text{rms}}] = 0,44$

N	-3	-2	-1	0	1	2	3
f [kHz]	970	980	990	1000	1010	1020	1030
$C_N [\text{dBm}]$	-41,6	-50,3	-16,5	-1,2	-16,5	-40,9	-49,9
$C_N [\text{V}]$	0,00199	0,00041	0,03544	0,19929	0,03544	0,00224	0,00049

$$\beta = A_m \cdot k \Rightarrow A_m = \frac{\beta}{k} = \frac{0,3}{0,68} = 0,44$$

$$\beta = \frac{k \cdot A_m}{\omega_m}$$

✓ F) &amp; N) Semnal armonic

 $\beta=1$  $\Delta\Omega=15\text{kHz}$  $A_m [\text{V}_{\text{rms}}] = 1,47$  $A_0 = 0,1998\text{V}$ 

N	-3	-2	-1	0	1	2	3
f [kHz]	920	980	990	1000	1010	1020	1030
$C_N^{\text{experimental}} [\text{dBm}]$	-33,1	-19,9	-7	-3,3	-6,9	-19,7	-37,7
$C_N^{\text{experimental}} [\text{V}]$	0,00501	0,02815	0,09388	0,15293	0,11204	0,02509	0,00316
$C_N^{\text{teoretic}} [\text{V}]$	0,00398	0,02297	0,0879	0,15289	0,0879	0,02297	0,00398

$$A_m = \frac{B}{K} = \frac{1}{0,68} = 1,47 \text{ V}$$

$$A_0 = \frac{C_0}{f_0(1)}$$

$$C_N^{\text{teoretic}} [\text{V}] = \frac{C_0}{f_0} = 0,2236 \cdot 10^{-20}$$

✓ G) Semnal armonic

 $\beta=4$  $\Delta\Omega=15\text{kHz}$  $A_m [\text{V}_{\text{rms}}] = \frac{4}{0,68} = 5,88\text{V}$  (2,94 pe gen)

N	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
f [kHz]	920	930	940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080
$C_N [\text{dBm}]$	-44,2	-38,1	-25,9	-14,8	-10,4	-4,4	-9,6	-20,6	-9,3	-20,4	-9,6	-4,3	-10,6	-14,3	-25,4	-31,1	-51,2

✓ H) Semnal armonic

 $\beta=9$  $\Delta\Omega=15\text{kHz}$  $A_m [\text{V}_{\text{rms}}] = \frac{9}{0,68} = 13,23\text{V}$  (6,61 pe gen)

N	-14	-13	-12	-11	-10	0	10	11	12	13	14
f [kHz]	860	870	880	890	900	1000	1100	1110	1120	1130	1140
$C_N [\text{dBm}]$	-44,5	-40,3	-30,9	-25,1	-18,3	-20,9	-19,1	-24,2	-33,3	-42,4	-54,1

✓ I) Banda de frecvență a generatorului de semnale modulate în frecvență:  $B = 1,25 - 0,72 = 0,53\text{MHz} = 530\text{kHz}$ 

✗ J) Ce se observă?

Nu am reușit să auzim mică frecvență radio, însă se puteau auzi câteva frecvențe care corespund posturilor de radio uzuale (91,4; 101,8)

✓ K) Se va reprezenta grafic pe hârtie milimetrică

 $B_{MF} = 1010 - 990 = 20\text{kHz}$  (b. îngustă)

✓ L) Calcul teoretic

$$A_0 = \frac{C_0}{f_0(0,3)} = \frac{0,22361}{0,9446} = 0,228$$

$$C_1^{\text{teoretic}} = 0,228 \cdot 0,1483$$

$$= 0,0338$$

$$C_2^{\text{teoretic}} = 0,228 \cdot 0,0112$$

$$= 0,0025$$

$$C_3^{\text{teoretic}} = 0,228 \cdot 0,000559$$

$$= 0,000124$$

✓ M) Se va reprezenta grafic pe hârtie milimetrică

semnal dreptunghiular:  $B_{MF} = 1010 - 940 = 70\text{kHz}$ semnal triunghiular:  $B_{MF} = 1010 - 990 = 20\text{kHz}$ 

Explicație:

Banda de frecvență a semnalului dreptunghiular este mai mare decât cea a semnalului triunghiular, dreptunghiular conținând mai multe elem.

N) experimental  $B_{MF} = 1030 - 940 = 90\text{kHz}$  teoretic $B_{MF} = 60\text{kHz}$ 

Explicație:

Volajerea benzii experimentale coincide cu volajerea benzii teoretice, fapt care arată că măsurătorile au fost apropiate de realitate

O)  $P_{\text{teoretic}} = 0,0236\text{W}$  $P_{\text{experimental}} = 0,022385\text{W}$ 

$$\text{verif: } P = \frac{A_0^2}{2} = 0,01992\text{W}$$

P) experimental  $B_{MF} = 1070 - 930 = 140\text{kHz}$  teoretic $B_{MF} = 140\text{kHz}$ 

Explicație:

Volajerea benzii calculate experimental coincide cu cea teoretică, fapt care arată că în frecvențele critice sunt într-adevăr incluse în bandă

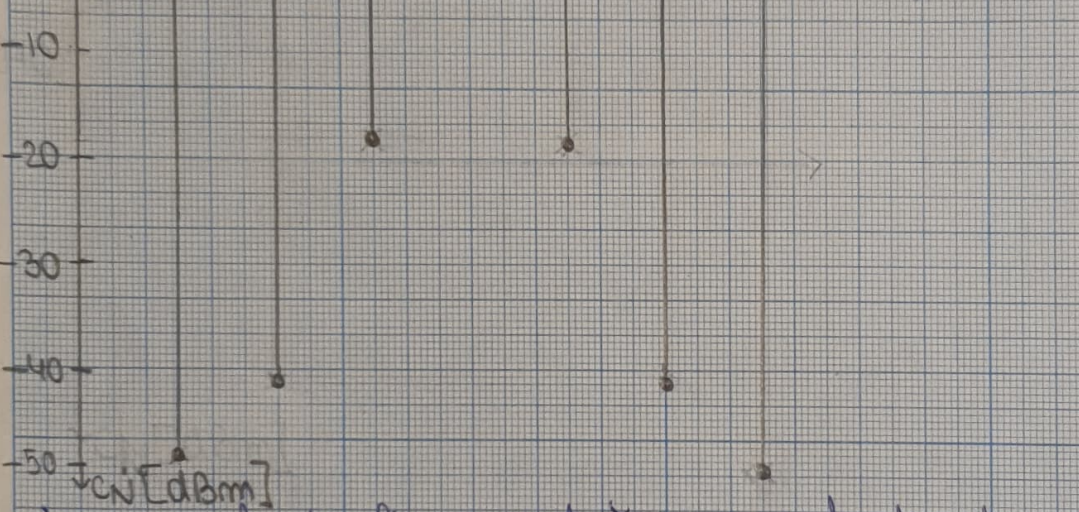
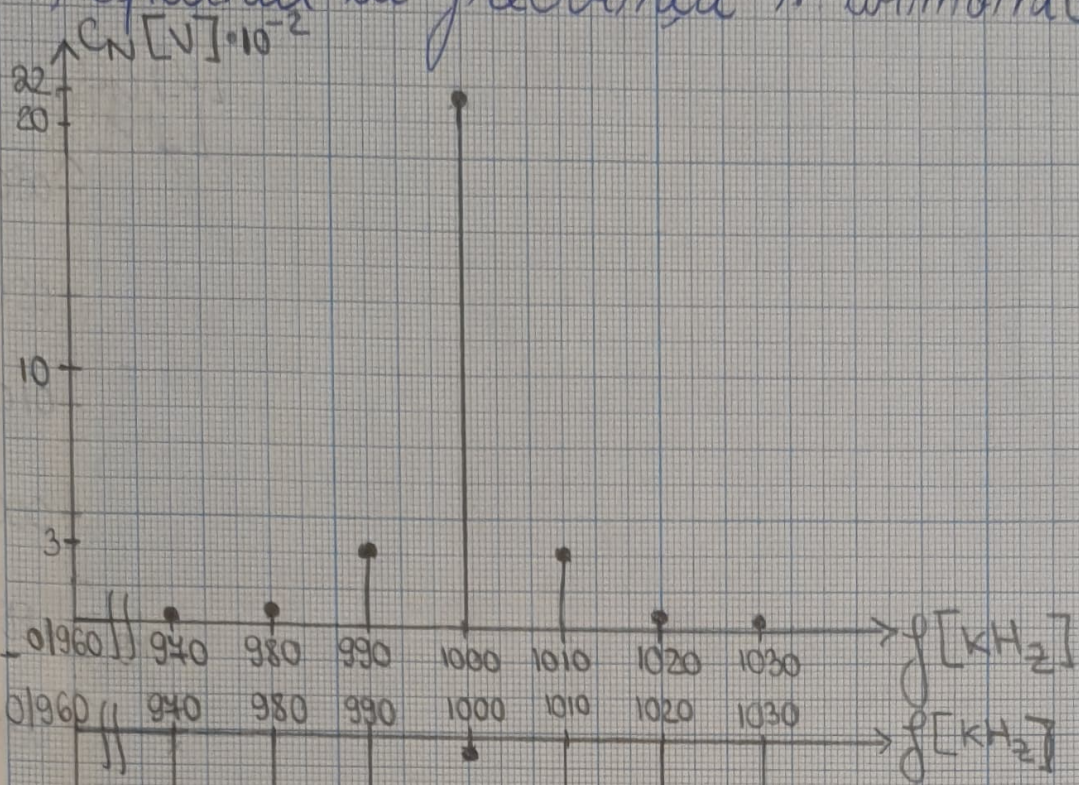
R) experimental  $B_{MF} = 1120 - 880 = 240\text{kHz}$  teoretic $B_{MF} = 280\text{kHz}$ 

Explicație:

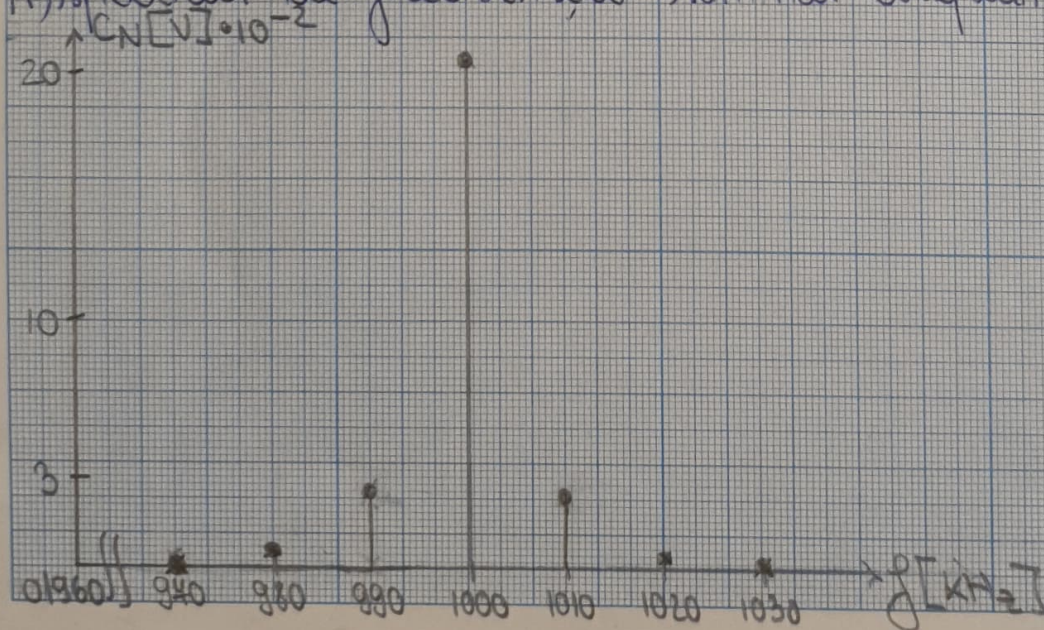
Banda teoretică este mai mare, fapt care arată că în frecvențele critice ar fi trebuit incluse în bandă, însă experimental existând mici erori de măsurare acest lucru nu s-a întâmplat.



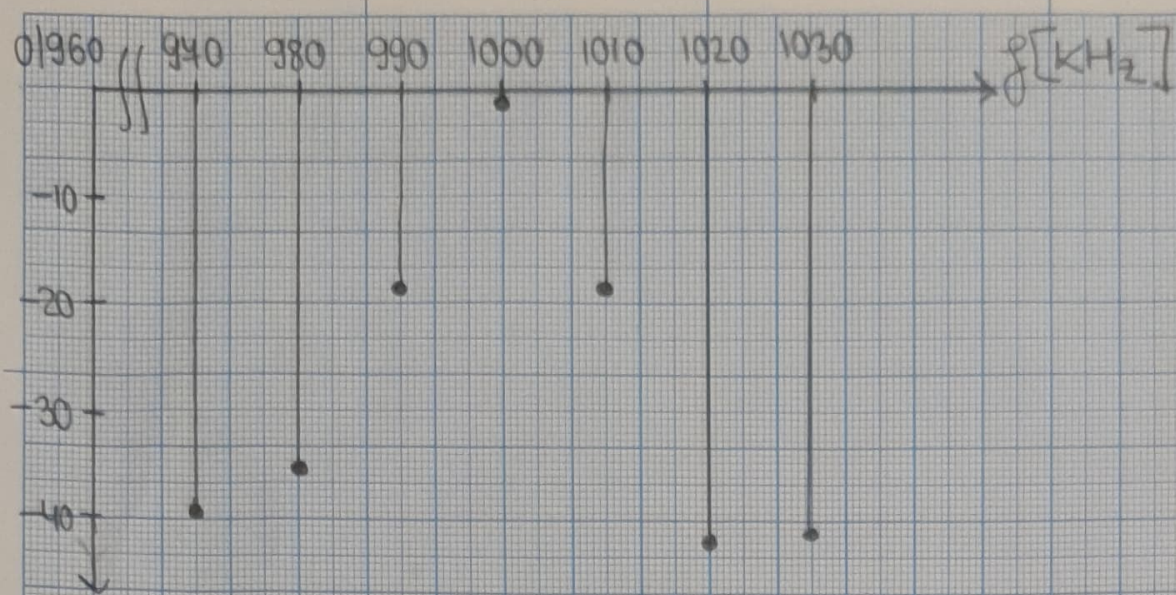
K) Spectrul de frecvență armonice



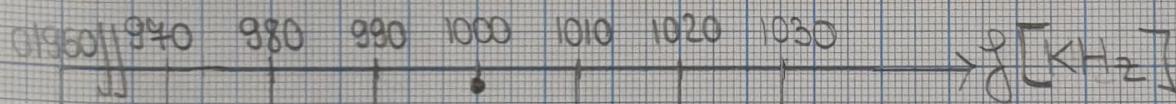
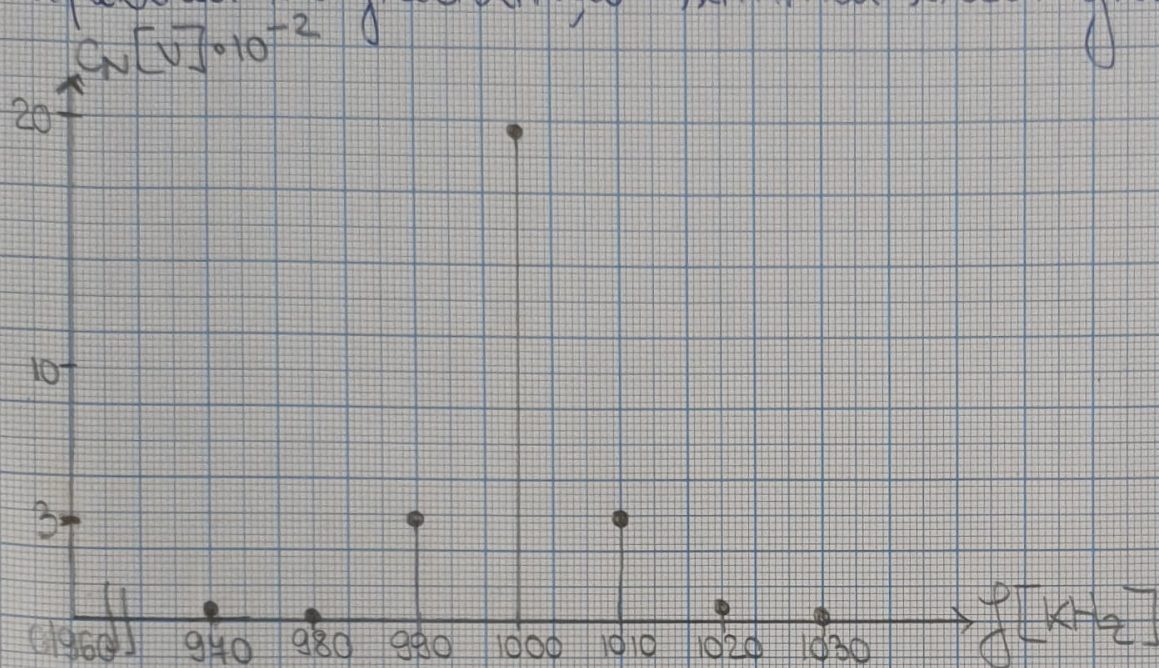
M) Spectrul de frecvență - semnal dreptunghiular







spectrul de frecvență - semnal triunghiular





$$J_0(1) = 0,4652, \quad J_1(1) = 0,4401$$

$$\boxed{J_{k+1}(P) + J_{k-1}(P) = J_k(P) \cdot \frac{2k}{P}}$$

$$P=1, \quad k=1: \quad J_2(1) = J_1(1) \cdot 2 - J_0(1) = 2J_1(1) - J_0(1) =$$

$$\Rightarrow J_2(1) = 2 \cdot 0,4401 - 0,4652 = 0,115 \Rightarrow \boxed{J_2(1) = 0,115}$$

$$P=1, \quad k=2: \quad J_3(1) = 4J_2(1) - J_1(1) = 4 \cdot 0,115 - 0,4401 =$$

$$\Rightarrow \boxed{J_3(1) = 0,0199}$$

$$\boxed{J_k(P) = (-1)^k \cdot J_{-k}(P)} \Rightarrow J_{-k}(P) = (-1)^k \cdot J_k(P) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{J_{-3}(1) = -0,0199}; \quad \boxed{J_{-2}(1) = 0,115}, \quad \boxed{J_{-1}(1) = -0,4401}$$

$$\boxed{C_N^{\text{theoretic}} = A_0 |J_N(1)|}$$

$$A_0 = \frac{C_0}{J_0(1)} = \frac{0,1529}{0,4652} = 0,19981 \text{ V} \Rightarrow \boxed{A_0 = 0,19981 \text{ V}}$$

$$C_1^{\text{theoretic}} = C_{-1}^{\text{theoretic}} = 0,19981 \cdot 0,4401 = 0,0849 \text{ V}$$

$$C_0^{\text{theoretic}} = A_0 \cdot J_0(1) = 0,19981 \cdot 0,4652 = 0,15289 \text{ V}$$

$$C_2^{\text{theoretic}} = C_{-2}^{\text{theoretic}} = 0,02297 \text{ V}$$

$$C_3^{\text{theoretic}} = C_{-3}^{\text{theoretic}} = 0,00398 \text{ V}$$

$$P_{MF} = \frac{C_0^2 + C_{-3}^2 + C_{-2}^2 + C_{-1}^2 + C_1^2 + C_2^2 + C_3^2}{2} \Rightarrow$$

$$P_{MF}^{\text{exp}} = 0,02369 \text{ W}$$

$$P_{MF}^{\text{theoretic}} = 0,022385 \text{ W}$$

$$\text{vérifions: } P_{MF} = \frac{A_0^2}{2} = 0,01992 \text{ W}$$