

FYZIKÁLNE PRAKTIKUM

Fyzikálne praktikum 3

Vypracoval: Patrik Žilka

Namerané: 19. apríla 2011

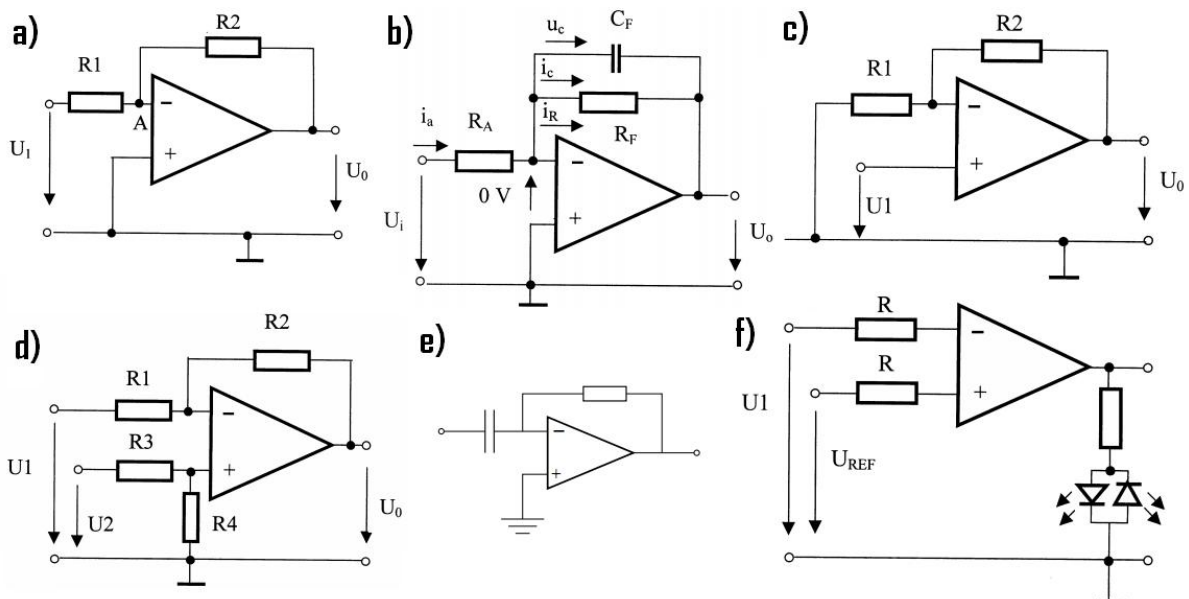
Obor: AF Ročník: II Semester: IV

Testované:

Úloha č. 7: Operačný zosilovač

1. Teória

Operačný zosilovač vytvára svojom výstupe napätie, ktoré je približne miliónkrát väčšie, ako rozdiel potenciálov medzi jeho dvoma vstupmi. Ideálny operačný zosilovač má nekonečné zosilnenie, nekonečný vstupný odpor, nulový výstupný odpor a nekonečnú šírku pásma (tj. zosilňuje všetky frekvencie rovnako). Obvody v reálnych operačných zosilovačoch väčšinou zaistujú zosilnenie väčšie ako 10000, vstupný odpor aspoň 50 kΩ, výstupný odpor okolo 50 Ω a šírku pásma niekoľko MHz.



Obr.č.1: a) Operačný zosilovač s invertujúcim vstupom, b) dolnofrekvenčný priepust', c) zosilovač s neinvertujúcim vstupom, d) rozdielový zosilovač, e) derivačný zosilovač, f) komparátor.

Pri zapojení zosilovača s invertujúcim vstupom je napätie na vstupe zosilnené a na výstupe sa objaví s opačnou polaritou. Výstupné napätie je privedené cez spätnoväzbový rezistor s odporom R_2 opäť na vstup a svojou opačnou polaritou znižuje napätie v bode A. Obvod sa ustáli v stave s nulovým napätím medzi vstupmi a pretože je neinvertujúci vstup uzemnený, na invertujúcom vstupe bude nulový potenciál. Elektrický prúd cez odpor R_1 je rovnaký ako cez odpor R_2 a teda tento operačný zosilovač zosilňuje vstupné napätie U_1 podľa vzťahu:

$$U_O = -\frac{R_2}{R_1}U_1$$

Pridaním kondenzátora do zosilovača s neinvertujúcim vstupom dostaneme dolnofrekvenčný priestup, ktorý iba nízke frekvencie vstupného signálu. Pridaný kondenzátor znižuje impedanciu spätnoväzbovej vetvy pre vysoké frekvencie, čo vedie k zosilneniu:

$$A_u = -\frac{R_F}{R_A} \frac{1}{(1 + i\omega C_F R_F)}$$

Pri zapojení zosilovača s neinvertujúcim vstupom je vstupné napätie privedené na invertujúci vstup. Ten je spojený so zemou cez odpor R_1 a spätná väzba je na ňu privedená cez rezistor R_2 . Pre zosilnenie v tomto prípade platí vzťah:

$$U_O = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)U_1$$

Kombináciou invertujúceho a neinvertujúceho zosilovača sa vytvorí zosilovač rozdielový a pre jeho výstupné napätie platí vzťah:

$$U_O = U_2 \frac{R_4(R_1 + R_2)}{R_1(R_3 + R + 4)} - U_1 \frac{R_2}{R_1}$$

Medzi zosilovačmi je tiež známy komparátor, ktorý s veľkou citlivosťou porovnáva dva vstupné signály. Výstupné napätie z derivačného zosilovača je zase priamo úmerné derivácii vstupného napätia podľa času.

Jednou z úloh tohto praktika je aj určenie šírky pásma operačného zosilovača. Šírka pásma (príp. prenosová oblasť zosilovača) je maximálna frekvencia, pri ktorej ešte operačný zosilovač pracuje dobre. Ako hranica sa udáva frekvencia, pri ktorej zosilnenie klesne o 3dB. Tento pokles odpovedá poklesu zosilnenia na hodnotu $A_{u,max}/\sqrt{2}$.

2. Meranie

2.1. Zapojenie zosilovača s invertujúcim vstupom

Odporý zapojených rezistorov: $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$

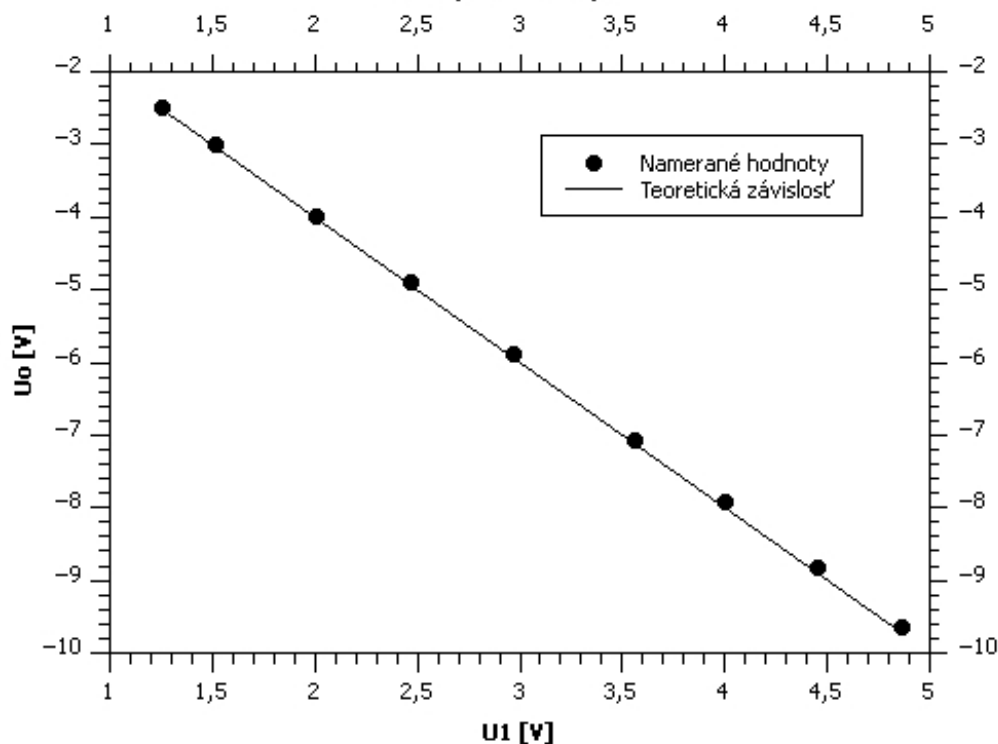
Tabuľka č.1: Namerané hodnoty vstupného a výstupného napätia a vypočítané zosilnenie:

n	U_1 [V]	U_O [V]	A
1	1,25	-2,49	-1,992
2	1,51	-2,99	-1,980
3	2,00	-3,98	-1,990
4	2,46	-4,89	-1,988
5	2,96	-5,88	-1,986
6	3,56	-7,05	-1,980
7	4,00	-7,92	-1,980
8	4,45	-8,81	-1,980
9	4,86	-9,62	-1,979

Teoretické zosilnenie: $A_T = \frac{U_O}{U_1} = -\frac{R_2}{R_1} = 2.0$

Namerané zosilnenie: $A = (-1.9840 \pm 0.0018)$ $\delta_r = 0.1\%$

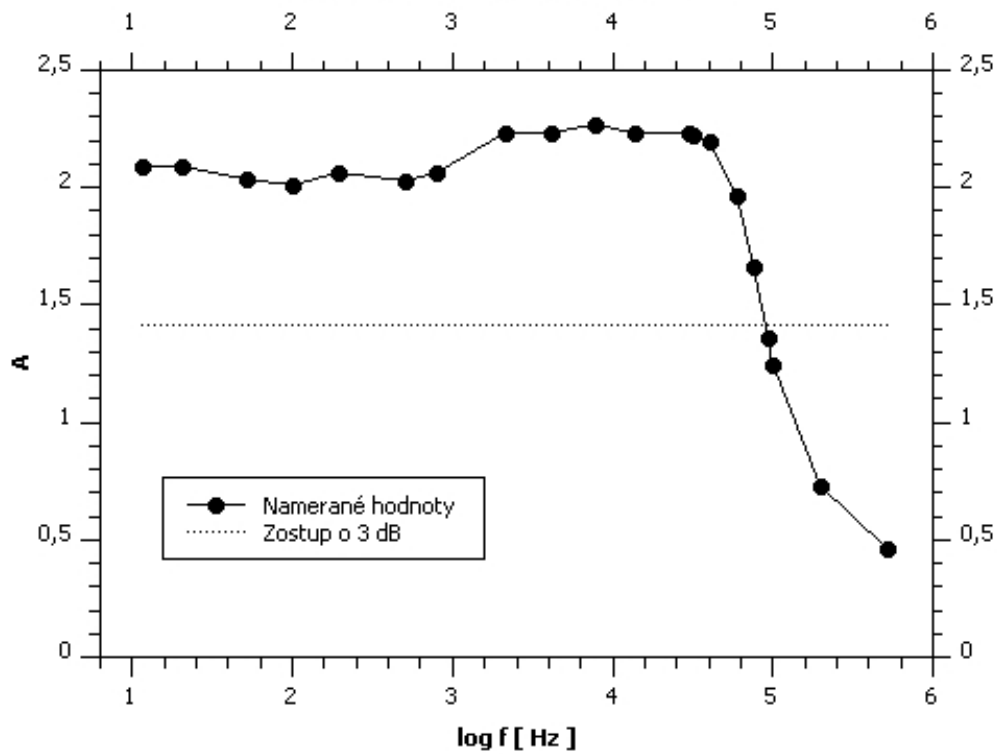
Graf č.1: Závislosť výstupného napätia od vstupného v zosilovači s invertujúcim vstupom



Tabuľka č.2: Namerané hodnoty vstupného a výstupného striedavého napätia pri danej frekvencii a vypočítané zosilnenie:

n	f [kHz]	U_1 [V]	U_O [V]	A
1	0,0114	2,96	6,2	2,09
2	0,0202	2,96	6,2	2,09
3	0,0508	3,04	6,2	2,04
4	0,0984	3,08	6,2	2,01
5	0,194	3,00	6,2	2,07
6	0,510	3,06	6,2	2,03
7	0,801	3,00	6,2	2,07
8	2,14	3,04	6,8	2,24
9	4,06	3,04	6,8	2,24
10	7,80	3,00	6,8	2,27
11	13,8	2,96	6,6	2,23
12	30,0	2,96	6,6	2,23
13	32,1	2,88	6,4	2,22
14	40,3	3,14	6,9	2,20
15	60,1	3,16	6,2	1,96
16	76,0	3,18	5,3	1,67
17	93,0	3,24	4,4	1,36
18	100	3,20	4,0	1,25
19	200	3,00	2,2	0,73
20	510	3,00	1,4	0,47

Graf č.2: Závislosť zosilnenia op. zosilovača s invertujúcim vstupom na zlogaritmovanej hodnote frekvencie



Pokles o 3 dB odpovedá zosilneniu približne $A' = 1,41$.

Nameraná šírka pásma použitého zosilovača: $f = (90 \pm 10)$ kHz $\delta_r = 11\%$

2.2. Dolnofrekvenčná priepusť

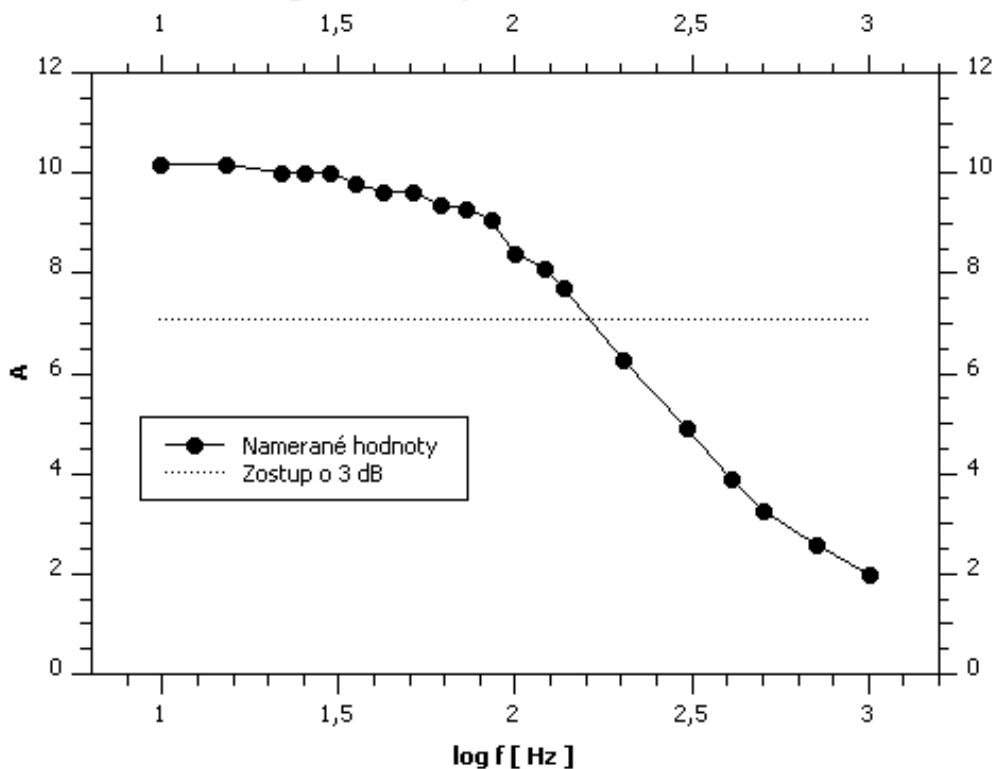
Tabuľka č.3: Namerané hodnoty vstupného a výstupného striedavého napätia pri danej frekvencii a vypočítané zosilnenie dolnofrekvenčnej priepusti:

n	f [Hz]	U_1 [V]	U_O [V]	A	n	f [Hz]	U_1 [V]	U_O [V]	A
1	9,9	1,08	11,0	10,2	11	85,0	1,06	9,6	9,06
2	15,0	1,02	10,4	10,2	12	100,0	1,13	9,5	8,41
3	21,6	1,10	11,0	10,0	13	120,8	1,06	8,6	8,11
4	25,2	1,06	10,6	10,0	14	137,4	1,06	8,2	7,74
5	29,8	1,06	10,6	10,0	15	200,0	1,10	6,9	6,27
6	34,9	1,04	10,2	9,81	16	304,9	1,06	5,2	4,91
7	41,8	1,10	10,6	9,64	17	409,0	1,10	4,3	3,91
8	51,0	1,10	10,6	9,64	18	500,0	1,10	3,6	3,27
9	61,0	1,10	10,3	9,36	19	714,3	1,08	2,8	2,59
10	72,5	1,10	10,2	9,27	20	1000	1,10	2,2	2,00

Pokles o 3 dB odpovedá zosilneniu približne $A' = 7,07$.

Šírka pásma meranej dolnofrekvenčnej priepusti: $f = (170 \pm 30)$ Hz $\delta_r = 18\%$

Graf č.3: Závislosť zosilnenia dolnofrekvenčnej priepusti na zlogaritmovanej hodnote frekvencie



2.3. Zapojenie zosilovača s neinvertujúcim vstupom

Odpory zapojených rezistorov: $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$

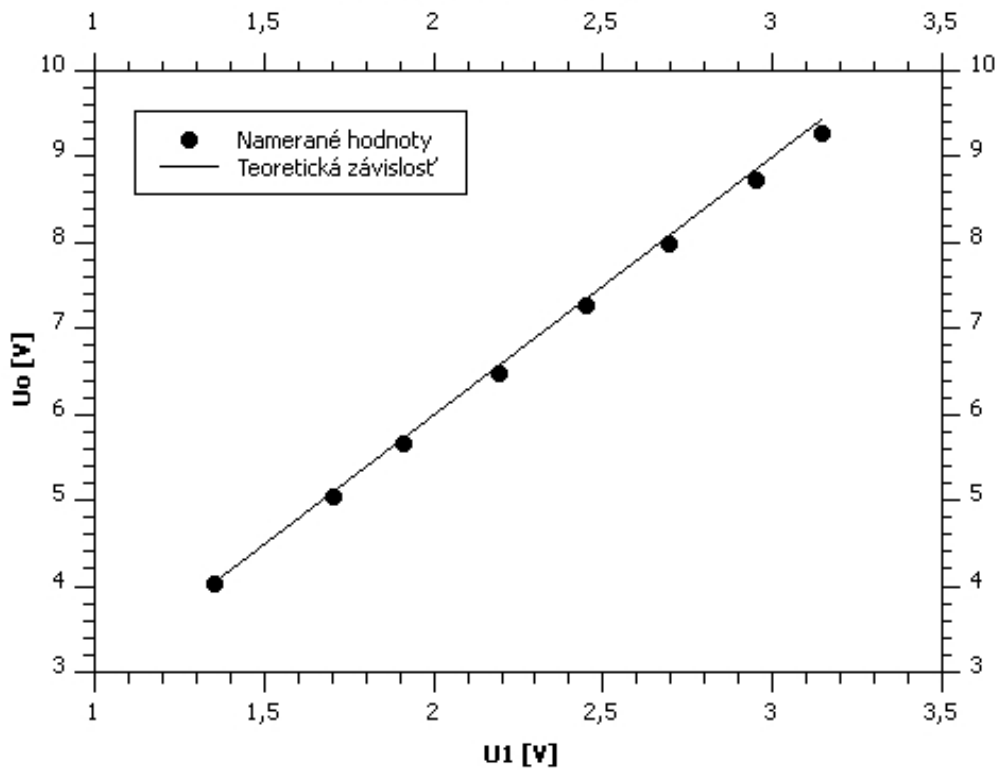
Tabuľka č.4: Namerané hodnoty vstupného a výstupného napätia a vypočítané zosilnenie:

n	U_1 [V]	U_O [V]	A
1	1,35	4,03	2,985
2	1,70	5,06	2,976
3	1,91	5,66	2,963
4	2,19	6,50	2,968
5	2,45	7,28	2,971
6	2,69	7,99	2,970
7	2,95	8,75	2,966
8	3,14	9,29	2,959

Teoretické zosilnenie: $A_T = \frac{U_O}{U_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 3.0$

Namerané zosilnenie: $A = (2.9699 \pm 0.0031) \quad \delta_r = 0.1\%$

Graf č.4: Závislosť výstupného napätia od vstupného v zosilovači s neinvertujúcim vstupom



2.4. Zapojenie rozdielového zosilovača

Odporý zapojených rezistorov: $R_1 = R_3 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = R_4 = 20 \text{ k}\Omega$.

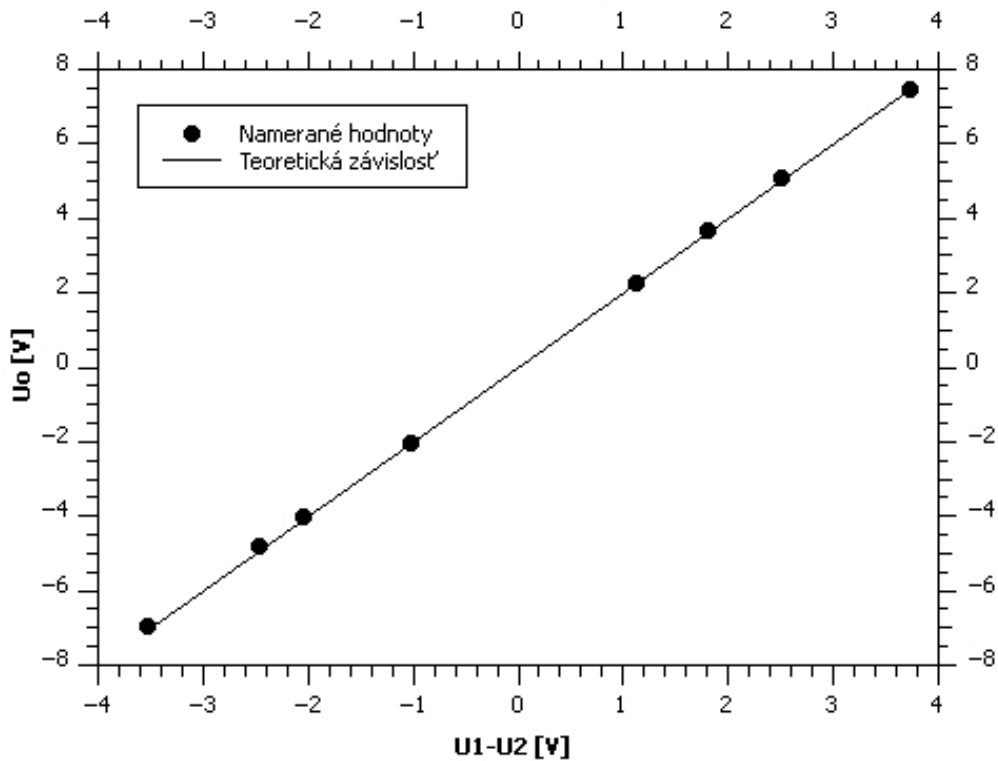
Tabuľka č.5: Namerané hodnoty vstupných napätí U_1 a U_2 a výstupného napätia a vypočítané zosilnenie rozdielu vstupných napätí:

n	U_2 [V]	U_1 [V]	$U_2 - U_1$ [V]	U_O [V]	A
1	1,46	1,46	0	0,04	-
2	1,46	2,50	-1,04	-2,00	1,92
3	1,46	3,51	-2,05	-3,98	1,94
4	1,46	5,00	-3,54	-6,92	1,95
5	2,49	1,38	1,11	2,28	2,05
6	2,49	4,96	-2,47	-4,76	1,93
7	4,99	1,28	3,71	7,51	2,02
8	4,99	2,50	2,49	5,09	2,04
9	4,99	3,19	1,80	3,73	2,07

Teoretické zosilnenie rozdielu napätí v tomto prípade: $A_T = \frac{U_O}{U_2 - U_1} = 2.0$

Namerané zosilnenie rozdielu napätí: $A = (1.993 \pm 0.023) \quad \delta_r = 1.2\%$

Graf č.5: Závislosť výstupného napätia od rozdielu vstupných napätí v rozdielovom zosilovači



3. Záver

Z grafov a z nameraných hodnôt z tabuliek je vidieť, že vzťahy vyjadrujúce dané zosilnenia napätí boli overené a teda platia. Mierne odchyľky vo výsledných hodnotách mohli byť spôsobené neistotami meracích prístrojov alebo neistotami hodnôt použitých rezistorov. V tejto úlohe bola tiež nameraná šírka pásma použitého operačného zosilovača a to na hodnotu približne 90 kHz. Použitou dolnofrekvenčnou priepusťou sa táto šírka pásma zmenšila na približne 170 Hz. Neistota šírky pásma je spôsobená hlavne nedostatkom meraní.