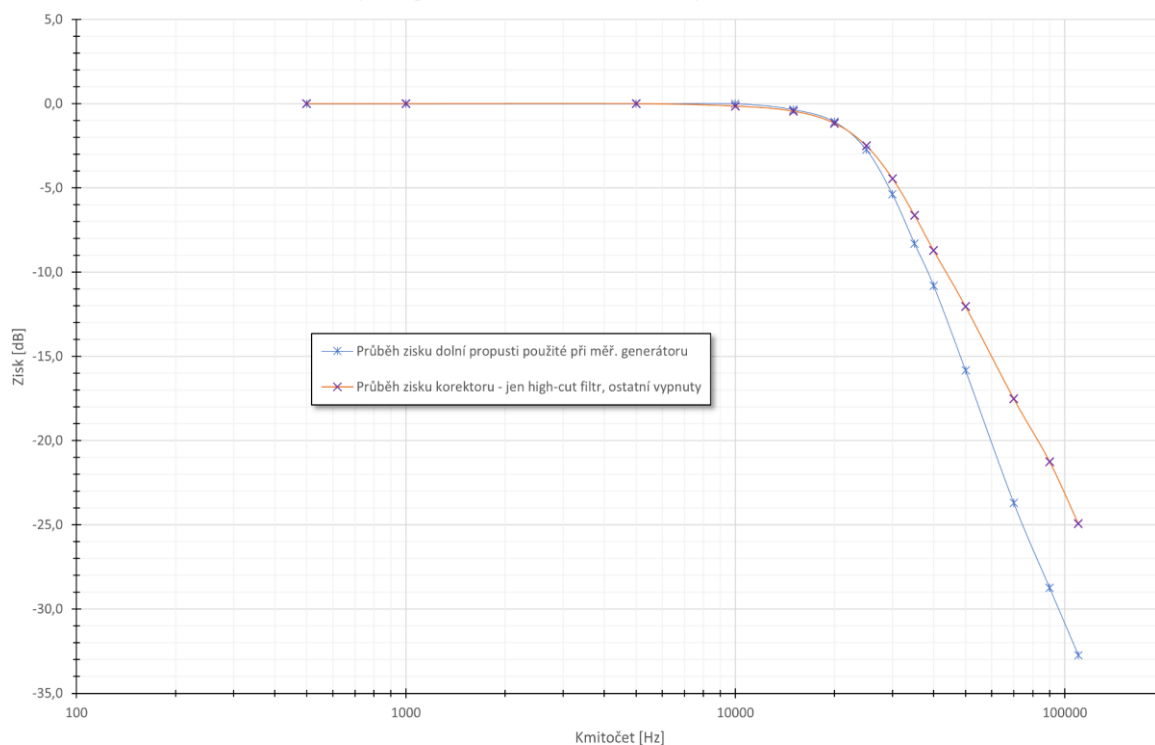


Závislost zisku na kmitočtu pro dolní propust použitou při měření generátoru
a pro high-cut filtr korektoru nastavený na maximální šířku



Z něho je viděti, že dolní Butterworthova propust má za bodem zlomu větší pokles než propust v korektoru, což může způsobit trochu menší harmonické zkreslení přes ni měřeného signálu generátoru (harmonické za poklesem budou mít logicky menší hodnotu), a tedy z rozdílu počítané THD korektoru by bylo trochu větší, ale to vzhledem k nepřesnostem měření zanedbávám. Z tabulek zisků se dá spočítat, že útlum high-cut filtru korektoru je asi 10,9 dB/oktávu (má být 12 dB/oktávu) a použité DP je asi 15,4 dB/oktávu.

Tabulky měření zisku popisované Butterworthovy dolní propusti a high-cut filtru korektoru pro jejich porovnání:

Průběh zisku dolní propusti použité při měř. generátoru

Kmitočet	U vstupní [V rms]	U výstupní [V rms]	Zisk [dB]
500 Hz	1,24	0,5200	0,00
1000 Hz	1,24	0,5200	0,00
5000 Hz	1,24	0,5200	0,00
10000 Hz	1,24	0,5200	0,00
15000 Hz	1,24	0,5000	-0,34
20000 Hz	1,24	0,4600	-1,06
25000 Hz	1,24	0,3800	-2,72
30000 Hz	1,24	0,2800	-5,38
35000 Hz	1,24	0,2000	-8,30
40000 Hz	1,24	0,1500	-10,80
50000 Hz	1,24	0,0840	-15,83
70000 Hz	1,24	0,0340	-23,69
90000 Hz	1,24	0,0190	-28,74
110000 Hz	1,24	0,0120	-32,74

Průběh zisku korektoru - jen high-cut filtr, ostatní vypnuty

Kmitočet	U vstupní [V rms]	U výstupní [V rms]	Zisk [dB]
500 Hz	1,40	1,2000	0,00
1000 Hz	1,40	1,2000	0,00
5000 Hz	1,40	1,2000	0,00
10000 Hz	1,40	1,1800	-0,15
15000 Hz	1,40	1,1400	-0,45
20000 Hz	1,40	1,0500	-1,16
25000 Hz	1,40	0,9000	-2,50
30000 Hz	1,40	0,7200	-4,44
35000 Hz	1,40	0,5600	-6,62
40000 Hz	1,40	0,4400	-8,71
50000 Hz	1,40	0,3000	-12,04
70000 Hz	1,40	0,1600	-17,50
90000 Hz	1,40	0,1040	-21,24
110000 Hz	1,40	0,0680	-24,93

Poznámka k následujícím výpočtům THD: protože Fourierova transformace použitá pro výpočet THD předpokládá periodický průběh zkoumaného signálu, musí být změřený signál ve většině případů na periodický upraven (tj. na celé kmity), což znamená úpravu tak, aby průběh začínal a končil ve stejném bodě (např. v průchodu nulou atp., přitom kde signál začíná není podstatné). Pokud nezačíná a nekončí ve stejném místě, může být spočítané THD i dost rozdílné proti skutečnosti, tj. větší (a možná) překvapivě i menší, protože neperiodicita způsobená tzv. „vocasem“ přidá harmonické, které v periodickém průběhu nejsou a výpočet THD mohou ovlivnit oběma směry.

Toto přibližně řeší zpracování neperiodického změřeného signálu přes tzv. okna, zde jsem použil okno typu Blackman. Okna signály na začátku a konci zpracovávaného průběhu různým způsobem plynule zeslabí až k nule, což tyto „vocasy“ potlačí. Ovšem při dobrém výběru period signálu je z nich spočítané THD o něco menší než THD počítané přes okna ze signálu bez úpravy na celé periody, takže výpočet THD přes Blackmanovo okno se k výpočtům THD korektoru zde nepoužívá. Ve výpočtech jen na ukázkou anebo pro případ, kdyby se výběr celých period nezdařil, tak aby byl výpočet aspoň nějaký.

Následují dvě tabulky se změřeným THD: v horní je THD celého korektoru kdy byl signál z generátoru měřen přes popisovanou dolní propust, v dolní je pro porovnání měření THD jen filtrů korektoru (vstupní deska korektoru byla odpojena odpájením) a v tomto případě byl signál z generátoru měřen samozřejmě přímo, bez dolní propusti.

Měřen celý korektor tak jak je zapojen, při jeho měření nebyla použita žádná DP a výstup korektoru byl zapojen přímo na osciloskop. Ovšem při měření generátoru pro výpočet THD generátoru byla použita popisovaná DP zapojená podle předchozího textu.

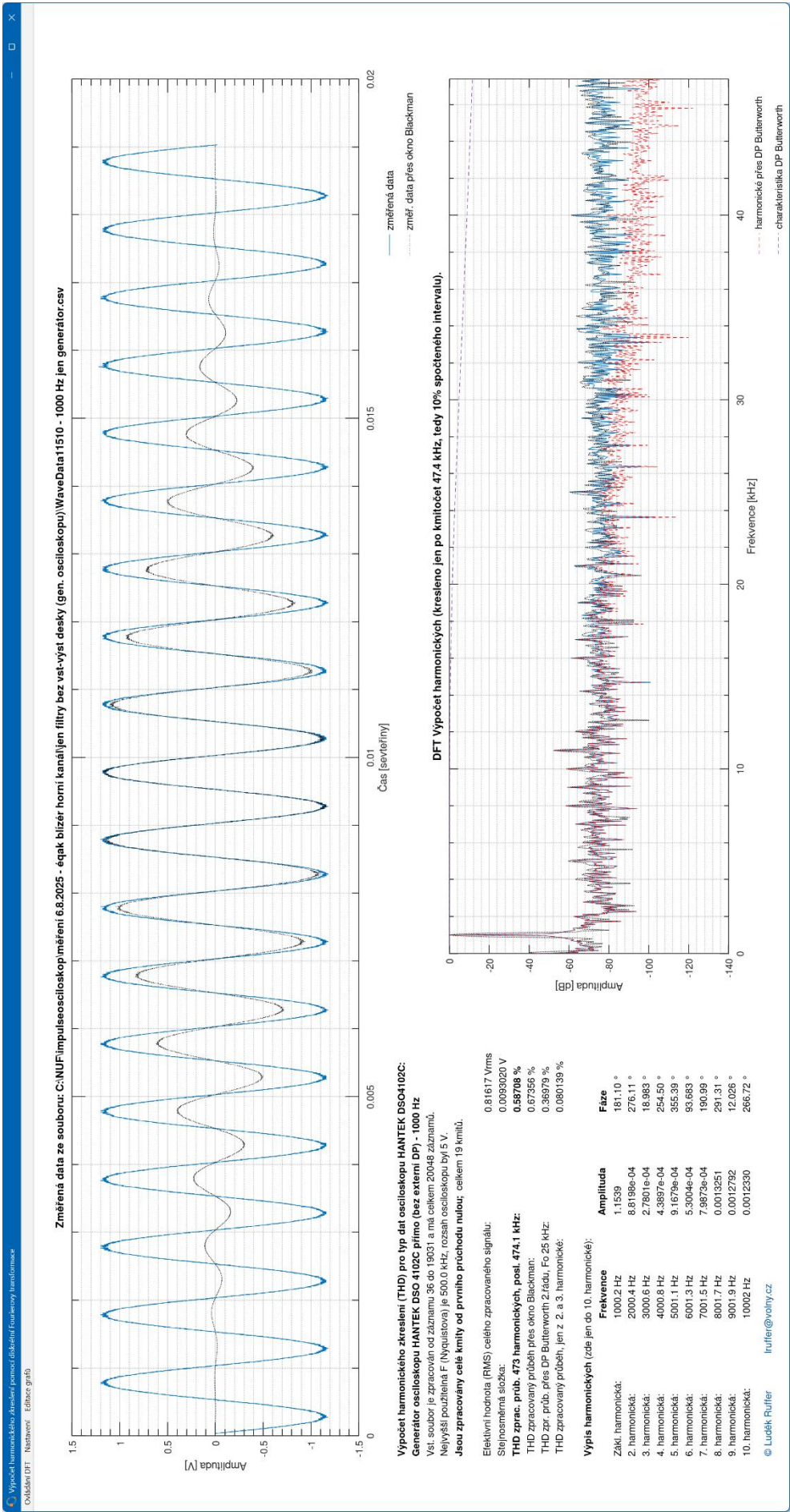
Kmitočet	THD generátor osciloskopu Hantek DSO4102C s DP typu Buterworth s jednou cívkou 680 μ H a F_s = cca 25 kHz	THD korektoru dle Urei 546, vyrovnaná charakteristika, vše zapnuto	THD jen korektoru, bez THD generátoru
20 Hz	0,326 %	0,635 %	0,309 %
25 Hz	0,336 %	0,542 %	0,206 %
50 Hz	0,367 %	0,587 %	0,220 %
100 Hz	0,359 %	0,568 %	0,210 %
500 Hz	0,373 %	0,607 %	0,234 %
1000 Hz	0,373 %	0,583 %	0,210 %
5000 Hz	0,404 %	0,579 %	0,175 %
10000 Hz	0,478 %	0,579 %	0,101 %
15000 Hz	0,374 %	0,506 %	0,132 %
20000 Hz	0,472 %	0,626 %	0,154 %
THD korektoru průměr:			0,195 %

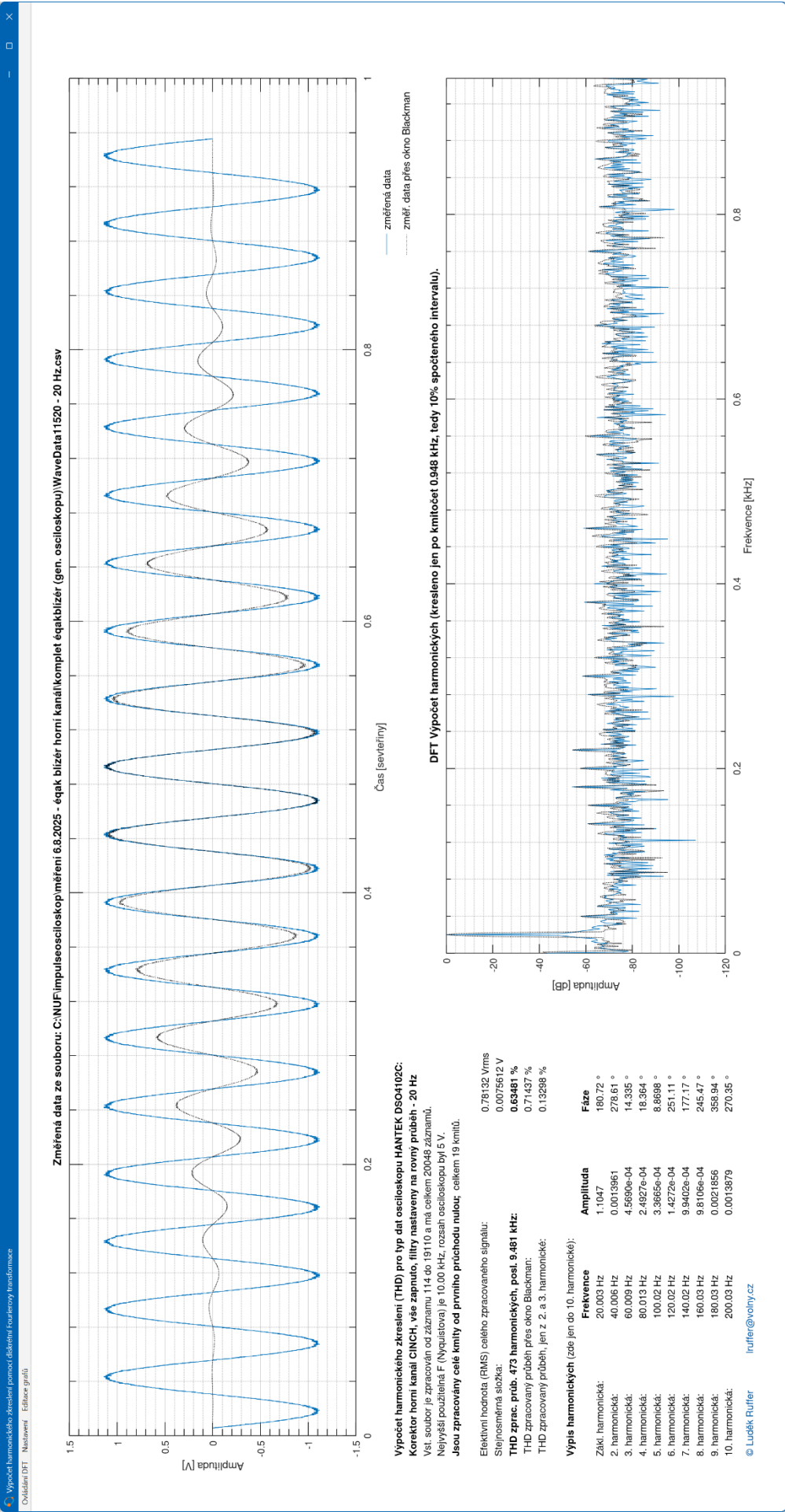
Měřeny JEN všechny čtyři filtry tak jak jsou zapojeny, bez vstupně-výstupní desky, jejíž výstup byl odpájen. Žádná DP nepoužita – vše bylo zapojeno přímo na osciloskop.

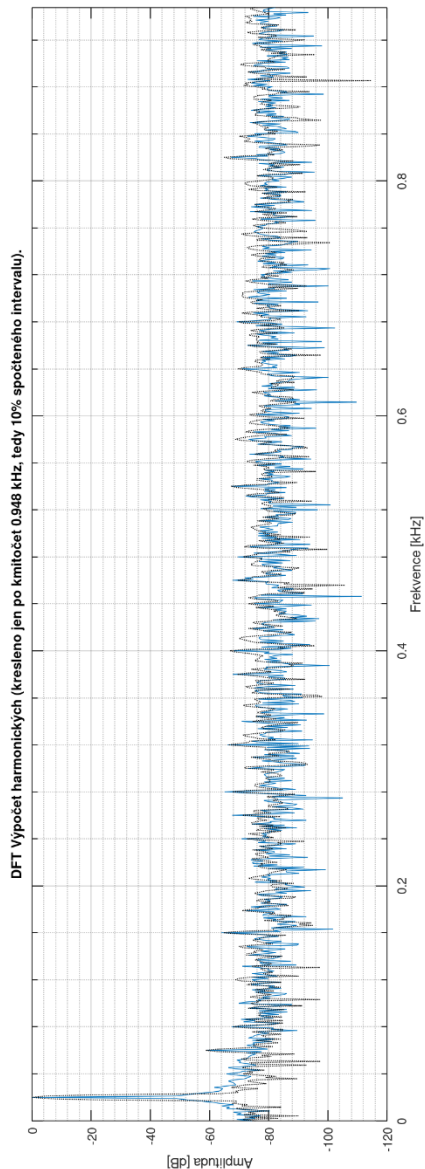
Kmitočet	THD generátor osciloskopu Hantek DSO4102C	THD JEN filtrů korektoru podle Urei 546, vyrovnaná charakteristika, bez vstupně-výstupní desky.	THD jen filtrů korektoru, bez THD generátoru
20 Hz	0,644 %	0,755 %	0,111 %
25 Hz	0,602 %	0,694 %	0,093 %
50 Hz	0,637 %	0,805 %	0,168 %
100 Hz	0,613 %	0,819 %	0,206 %
500 Hz	0,600 %	0,787 %	0,187 %
1000 Hz	0,587 %	0,874 %	0,287 %
5000 Hz	0,611 %	0,770 %	0,159 %
10000 Hz	0,612 %	0,760 %	0,148 %
15000 Hz	0,546 %	0,696 %	0,150 %
20000 Hz	0,629 %	0,716 %	0,087 %
THD korektoru průměr:			0,160 %

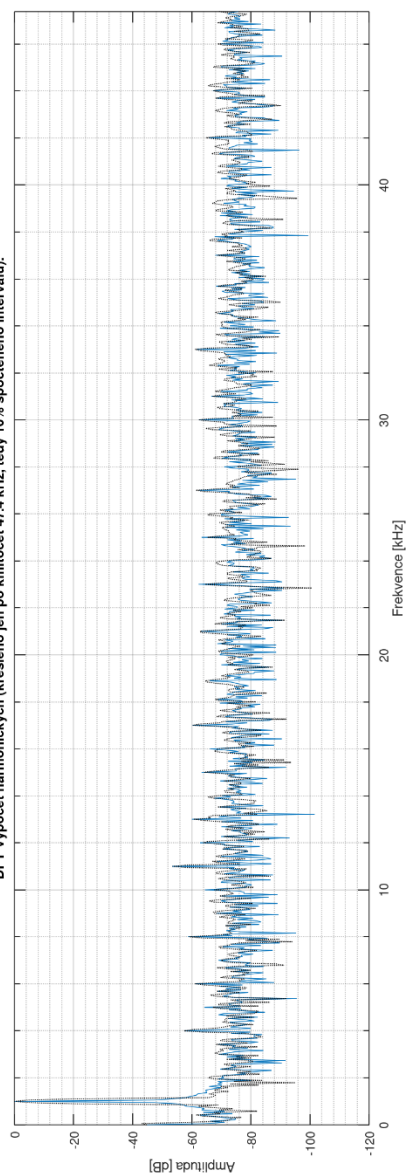
Protože výše popisovaná DP se samozřejmě dá udělat taky v prostředí Octave, doplnil jsem ji tam a vyzkoušel. Ovšem zde třeba u kmitočtů 10 až 20 kHz byly výsledky odlišné od měření přes fyzickou DP a úplně nevím proč, tak jsem je zde nepoužil. Je ale logické, že když je kmitočet zlomu dolní propusti 25 kHz a měří se např. kmitočet 20 kHz, tak bude propustí hodně utlumena už i druhá harmonická (40 kHz) a ještě víc také vyšší harmonické, takže THD neodpovídá. Ovšem nezdálo se mě (a nespál jsem), že by se toto nějak významně projevilo při měření přes fyzickou propust, takže zatím nevím...

Zde uvádím jako příklad výpočet THD z měření generátoru osciloskopu na kmitočtu 1 kHz bez externí DP, kde je i výpočet THD přes DP počítanou v programu Octave a toto THD celkem sedí.









© Luděk Ruffer
lruffer@volny.cz

truffer@volny.cz

Dodatek autora:

Na závěr ještě poznámka k ceně korektoru takto vyrobeného: téměř vše, kromě několika vyjímek, které jsem měl doma, jsem pro výrobu korektoru kupoval. A asi proto, že už jsem dlouho nic nebastlil, mně výsledná cena dost nepříjemně překvapila. Po sečtení účtů z několika nákupů a včetně hliníkového plechu na šasi (kupoval jsem postupně) a přibližném odečtení součástek kupovaných jako rezerva a do zásoby jsem dospěl k velmi přibližné částce někde okolo 3000 Kč, čekal jsem o dost míň. No, co se dá dělat, nakonec jsem rád, že prodejny GM electronic ještě vůbec existují a nemusím nakupovat přes internet a platit k tomu ještě poštovné (ale když není jiná možnost tak přes internet samozřejmě nakupuji a taky záleží na tom, co vyjde levněji), nebo nakupovat z Číny s nejistým výsledkem co dostanu, navíc z Číny samozřejmě není možnost dobírky, takže po zaplacení předem.

Upozornění:

Použití čehokoliv z tohoto popisu je na Vaše vlastní nebezpečí, autor za to nepřebírá žádnou odpovědnost, a to ani za škody způsobené použitím, nebo nemožností použití postupů a zapojení zde popisovaných. Pokud s tímto prohlášením nesouhlasíte, nic z tohoto popisu nepoužívejte.

Luděk Ruffer

25. listopadu 2025