

Előerősítő 70 cm-es sávra

https://github.com/simonyisk/70cm_preamp

HA5KFU projekt

Kiss Ádám (HA8KDA), Bazsó Márton (HA7BM),
Keresztes Botond, Agócs Dániel, Pápay Levente (HA3PL)

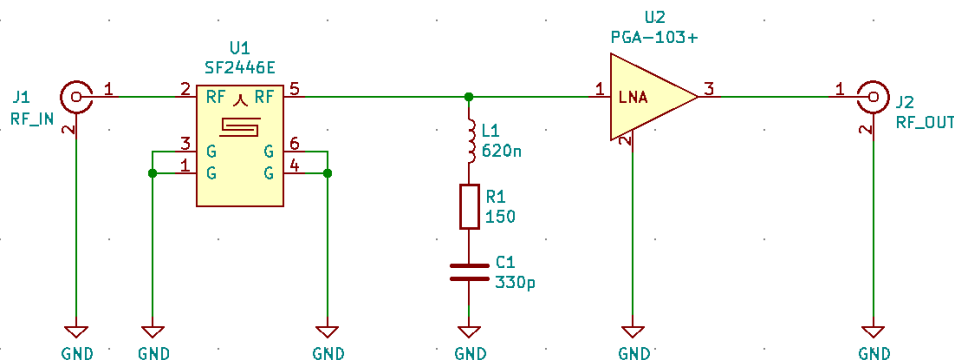
Célkitűzés

Az erősítő hivatása, hogy a Schönherz kollégium tetejére telepített 70 cm-es sávra készült antenna által fogott jeleket erősítse, közülük is elsősorban a SMOG-1 műholdét 437,345 MHz-en.

Kapcsolás

Mivel az erősítő egy rádiófrekvencián elég "szennyezett" környékre kerül felszerelésre, így fontos egy jó szűrő alkalmazása ebben a fokozatban. Az akusztikus felületi hullámszűrők kitűnőek ilyen feladatokra, ugyanis nagyon meredek levágást biztosítanak a sávszéleken. Egy ilyen alkatrészt fellelni sem volt egyszerű, de beszerezni még bonyolultabbnak bizonyult, de végül a mouseren keresztül valahogyan sikerült. A választás az SF2446E[1] néven futó áramkörre került, melynek a minimum beszerzési mennyisége 10 db volt.

Mint a legtöbb vevőláncban itt is egy alacsony zajú előerősítő kerül a vételi lánc elejére. Előzőekben már épült egy hasonló kapcsolás egy ADL5523-as IC felhasználásával, de amikor kiderült, hogy az akusztikus szűrőből minimum 10-et kell rendelnünk, felmerült az ötlet, hogy gyártunk le 10 db áramkört, és a maradékra majd valahonnan kerítünk vevőt – végül nem kellett sokat keresni, a nagy részük elkelt a klubon belül. Erősítőnek végül a Mini-Circuits PGA-103+[2] terméke került kiválasztásra – szintén a mouserről – ugyanis kellően alacsony a zajtényezője, valamint 22 dB erősítést ígér 400 MHz-en, és végül, de nem utolsó sorban olcsóbb, mint egy ADL5523-as.



1. ábra. Az előerősítő kapcsolása

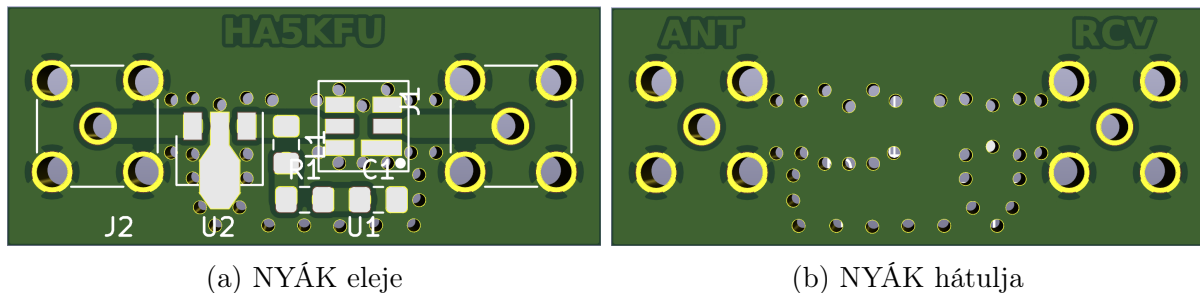
Alapesetben az erősítő a szűrő elé kerülne, ugyanis az eredő rendszernek így kedvezőbb lesz a jel-zaj viszonya. Viszont mint említésre került, a telepítési hely RF szempontból

elég "szennyezett", így félő, hogy a nagy sávszélességű erősítőknek könnyen túlvezérlik a számunkra érdektelen jelek. Ebből a megfontolásból a szűrőt az erősítő elé helyeztük, hogy csökkentsük a bele jutó összteljesítményt.

Amikor a NYÁK már majdnem gyártásba lett adva, Levente felhívta a figyelmünket egy kiegészítő dokumentumra[3], mely az erősítőhöz megad egy kompenzáló hálózatot, ugyanis nélküle az áramkör 100 MHz alatt nem lenne stabil. Így ez a 3 passzív alkatrészből álló kiegészítés az utolsó pillanatban még a tervre került. A végleges kapcsolás az 1-es ábrán látható.

NYÁK

A hordozót elég kis méretűre meg lehetett csinálni, ugyanis mindösszesen 7 alkatrészt tartalmaz. A jelet vivő tápvonal úgy lett kialakítva, hogy a hullámimpedanciája $50\ \Omega$ -os legyen, ez főként azért lett ilyenre megcsinálva, hogy Marci gyakorolja CST-s szimulációs képességeit. Az elkészült rajzolat a 2-es ábrán látható, mely egy kétrétegű, 1 mm vastag hordozóra lett elkészítve.



2. ábra. NYÁK terv a KiCAD 3D nézetében

Némi megfontolást igényelt, hogy az áramkörünk hordozóját az Elektronikai Technológia Tanszéken, vagy egy keleti üzemben gyártassuk le. A döntő szempont végül a sebesség volt, ugyanis a SMOG-1 indítása rohamosan közeledett, és szerettünk volna elkészülni vele, így az ETT-re esett a választás, ugyanis a keletről történő postázás időtartama viszonylag hosszú és kiszámíthatatlan.

Mérések

Miután elkészült néhány példány az áramkörből, ezek bemérésre kerültek a BME V1 épületében található Rohde & Schwarz laboratóriumban egy vektor hálózat analizátoron, illetve mértünk rajtuk gerjedést az 1 MHz - 1 GHz tartományon egy jelanalizátorral, ezen mérési eredmények külön nem kerültek dokumentálásra. Az áramkörök táplálásához Yume tápfeladóját, és egy LM7805-öst használtunk.

A bemért áramkörök:

- #1 Szűrő + erősítő + kompenzáló hálózat
- #2 Szűrő + erősítő + kompenzáló hálózat

- #2.5 #2-es áramkör javítás után (nem megfelelő forrasztás)
- #3 Szűrő + erősítő

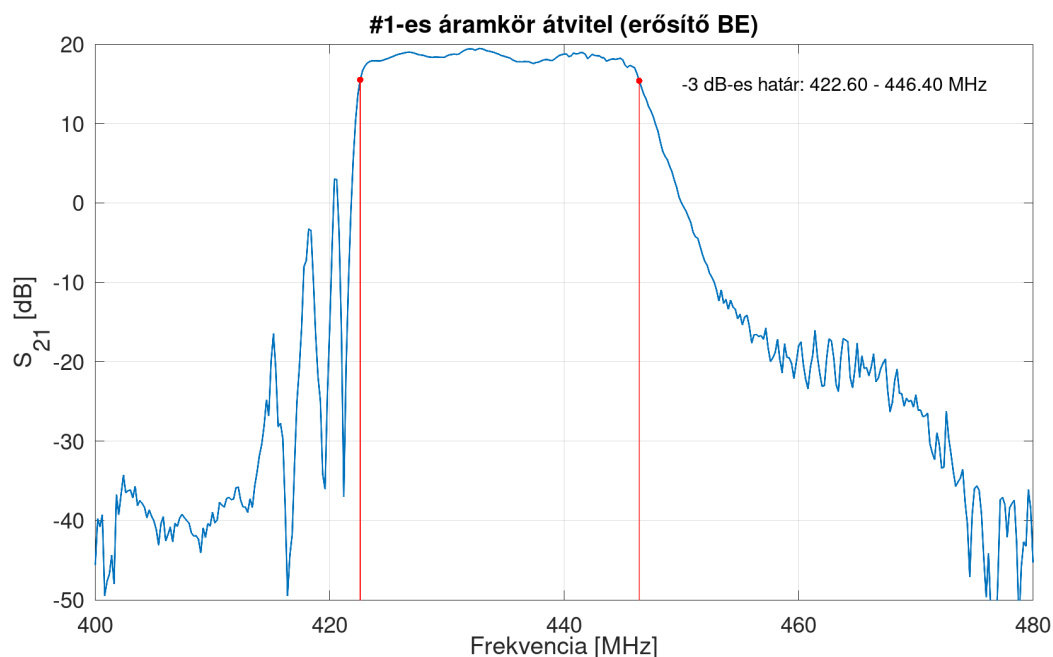
Mivel a klubban nem voltak fellelhetők a kompenzáló hálózathoz szükséges pontos értékek, így az a következő értékekkel lett megvalósítva:

- L1 220 nH
- R1 150 Ω
- C1 330 pF

Az áramkörökről összesen 14 mérés készült (ebből 13-at le is mentettünk, az utolsót elfelejtettük). A következőkben a legfontosabbak kerülnek ismertetésre, a többi pedig a Függelék tartalmazza.

#1-es áramkör

A 3-as ábrán az áramkör átvitele (S_{21} paraméter) látható.



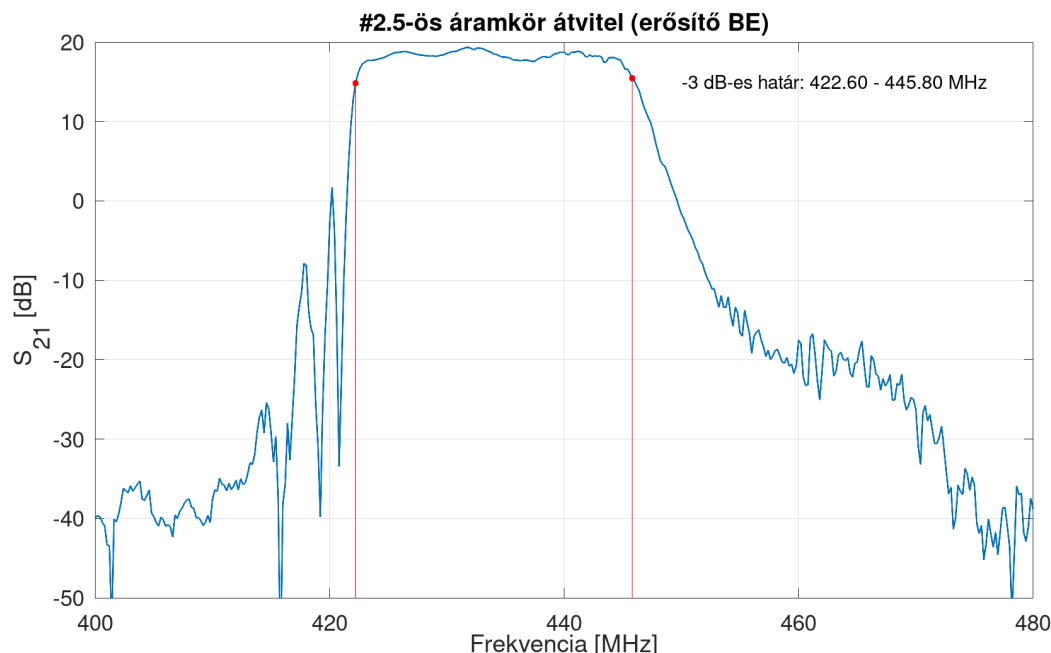
3. ábra. #1-es erősítő átvitele

A mérés nagyságrendileg megegyezik az elvárásokkal. Az erősítőtől ebben a tartományban 22 dB erősítést várunk, míg a szűrő nagyjából 2 dB-t csillapít, avagy közel a várt eredményt kaptuk. A sávszélesség is jól egyezik a szűrő adatlapjában[1] megadott 23 MHz-el, így összességében kijelenthető, hogy az áramkör az elvártnak megfelelően működik.

A vizsgálatok során nem találtunk gerjedésre utaló jeleket, így kijelenthető az is, hogy az alternatív értékekből összerakott kompenzáló hálózat is megfelelően ellátja feladatát.

#2-es áramkör

Ez az áramkör először nem működött rendeltetésszerűen, ugyanis az erősítése gyanúsán alacsony volt. Egy gyors mikroszkóp alatti szemrevételezés után kiderült, hogy ennek oka, a nem megfelelően beforrasztott erősítő volt. A hiba javítása után a 4-es ábrán látható átvitelt kaptuk.



4. ábra. #2.5-ös erősítő átvitele

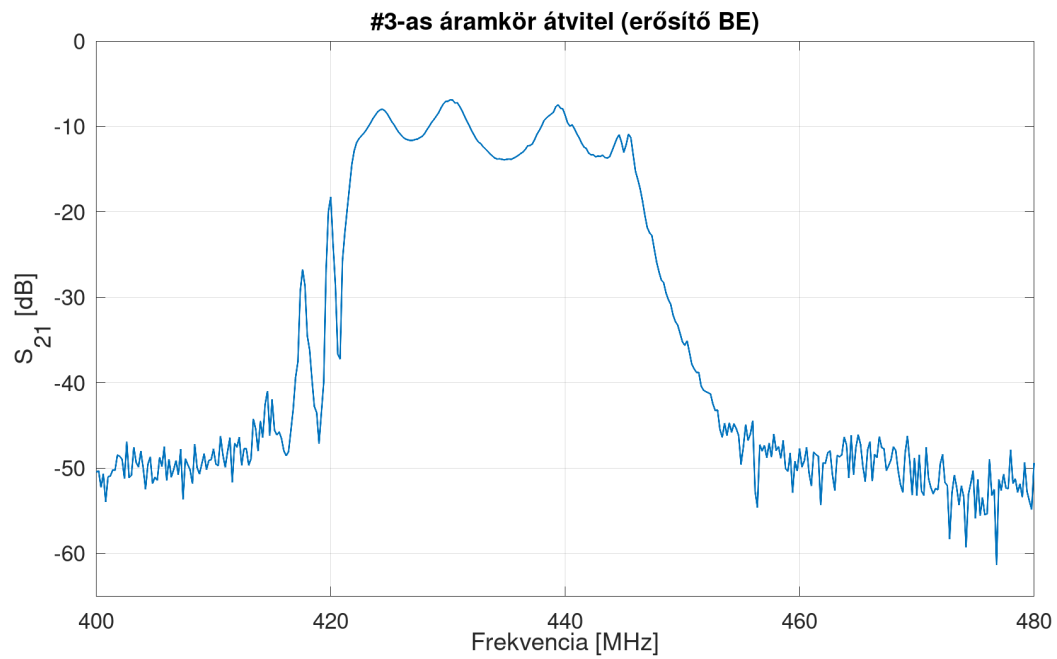
Látható, hogy az átvitel jellege megegyezik az #1-es áramkörnél mérttel, így erről is elmondható, hogy megfelelően működik. Ez a kapcsolás eleinte mutatott gerjedés gyanús jeleket, melyeket a későbbiek során nem sikerült reprodukálnunk. Feltételezhetően a spektrumbeli kitüremkedések egy tranziensjelenség miatt következtek be. A további mérések során az áramkör stabilnak bizonyult.

#3-as áramkör

Miután megtaláltuk a kiegészítőt az adatlaphoz[3], kíváncsiak voltunk, hogy vajon hogyan viselkedne az áramkör, ha nem építjük bele az ajánlott kompenzáló hálózatot. Ezért a harmadik áramkör csak a szűrő és az erősítőt tartalmazta. A mérés eredménye a 5-as ábrán látható.

Látszik, hogy a szűrő amplitúdómenete az áteresztő sávban jóval hullámosabb az adatlapban[1] és az előző mérésekben látottnál. Ez a szűrő illesztetlenségére utalhat, ami azért különös, mert elméletileg minden eszközünk ki- és bemeneti impedanciája is $50\ \Omega$ -os. Látható az is, hogy az erősítő bekapcsolásakor is csak -10 dB az átvitel, ami nem éppen nevezhető erősítőnek. Ezt a kapcsolást is megvizsgáltuk gerjedés szempontjából, de itt sem tapasztaltunk semmi ráutaló jelet.

1-2 nappal a mérések után felmerült bennem, hogy lehet, ennél a kapcsolásnál is volt nem megfelelő forrasztás, ugyanis szerintem a kompenzáló hálózat hiányának nem szabadna ekkora csillapítást okoznia (30 dB-lel voltunk az elvárt szint alatt). A szűrőnek



5. ábra. #3-as erősítő átvitele

a megváltozott amplitúdómenetéből valószínűsíthető, hogy összességében a kompenzáló-hálózat hiánya befolyással van az áramkör viselkedésére, viszont nem zárható ki, hogy volt egyéb tényező – a kiegészítő hálózaton kívül – ami befolyásolta az eredményt. Ezért szerintem nem jelenthető ki, hogy ez a mérés a kompenzáló hálózat átvitelre gyakorolt hatását szemlélteti.

Függelék

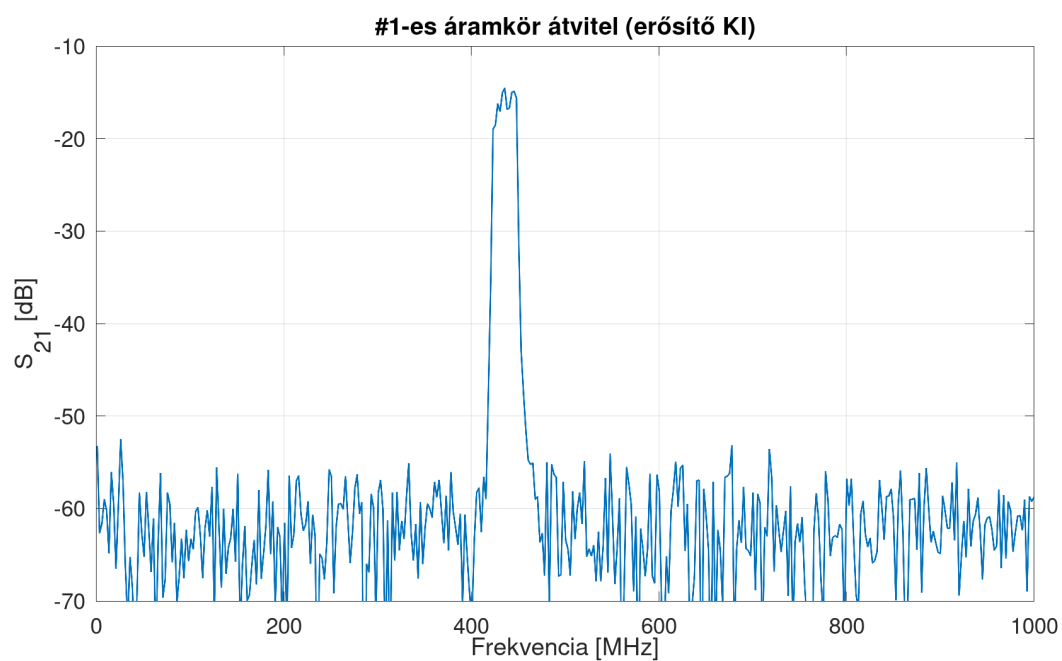
Hivatkozások

- [1] SF2446E <https://www.rfmi.co/pdf/Datasheet/sf2446e.pdf>
- [2] PGA-103+ <https://www.minicircuits.com/pdfs/PGA-103+.pdf>
- [3] PGA-103+ kompenzáló hálózat <https://www.minicircuits.com/app/AN60-064.pdf>

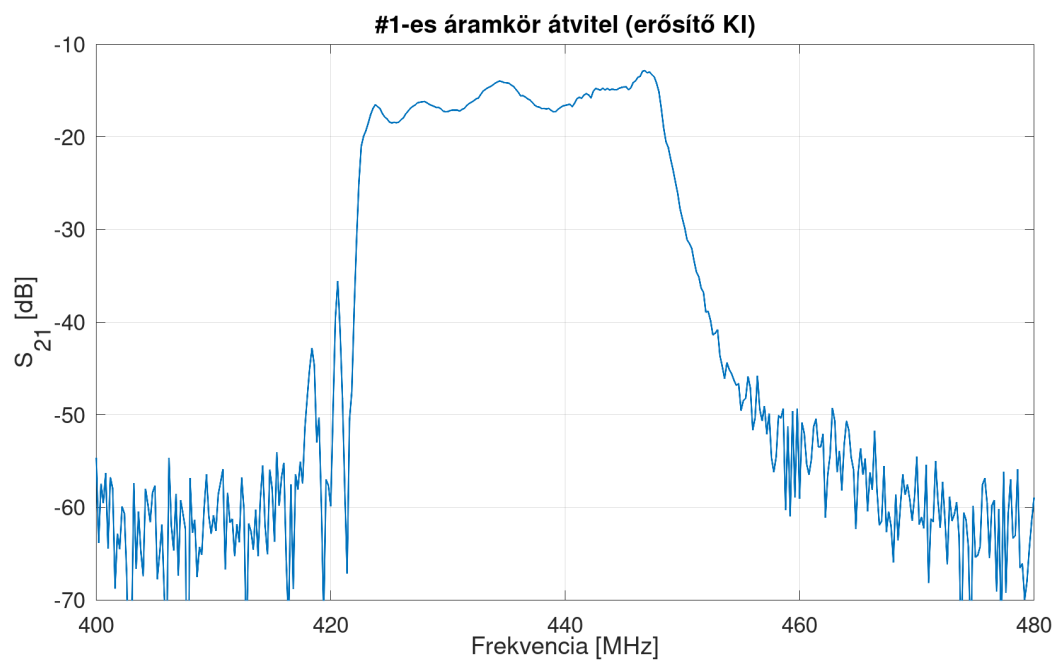
Ábrák jegyzéke

1. Az előerősítő kapcsolása	1
2. NYÁK terv a KiCAD 3D nézetében	2
3. #1-es erősítő átvitele	3
4. #2.5-ös erősítő átvitele	4
5. #3-as erősítő átvitele	5
6. #1-es erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő KI	7
7. #1-es erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő KI	7
8. #1-es erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő BE	8
9. #1-es erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő BE	8
10. #2-es erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő KI	9
11. #2-es erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő KI	9
12. #2-es erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő BE	10
13. #2-es erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő BE	10
14. #2.5-ös erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő BE	11
15. #3-as erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő KI	11
16. #3-as erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő KI	12
17. #3-as erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő BE	12
18. #3-as erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő BE	13

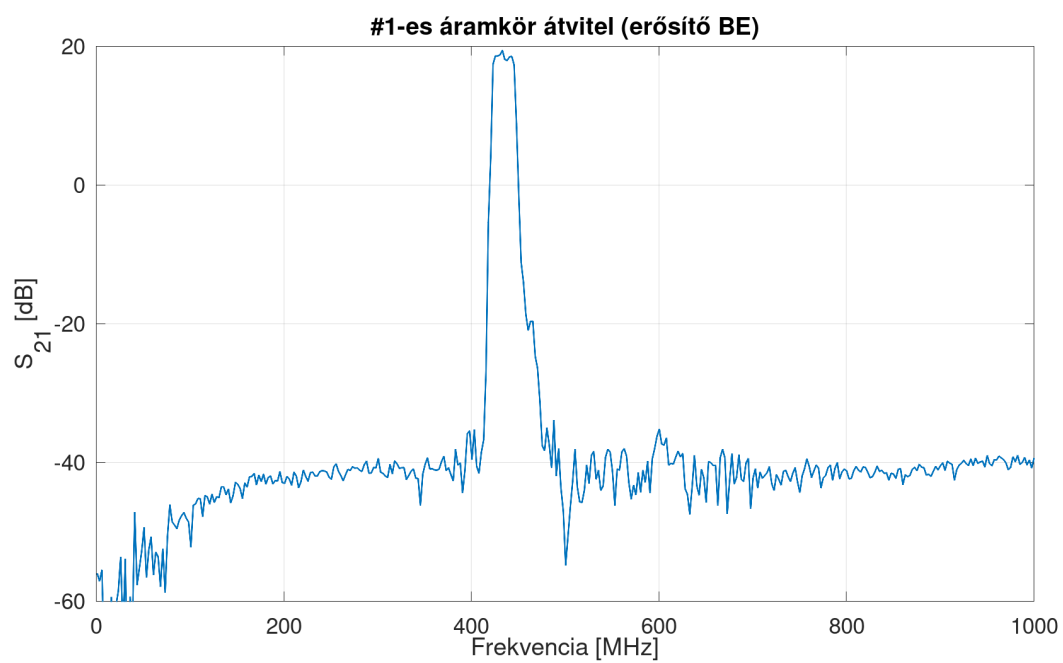
Mérési eredmények



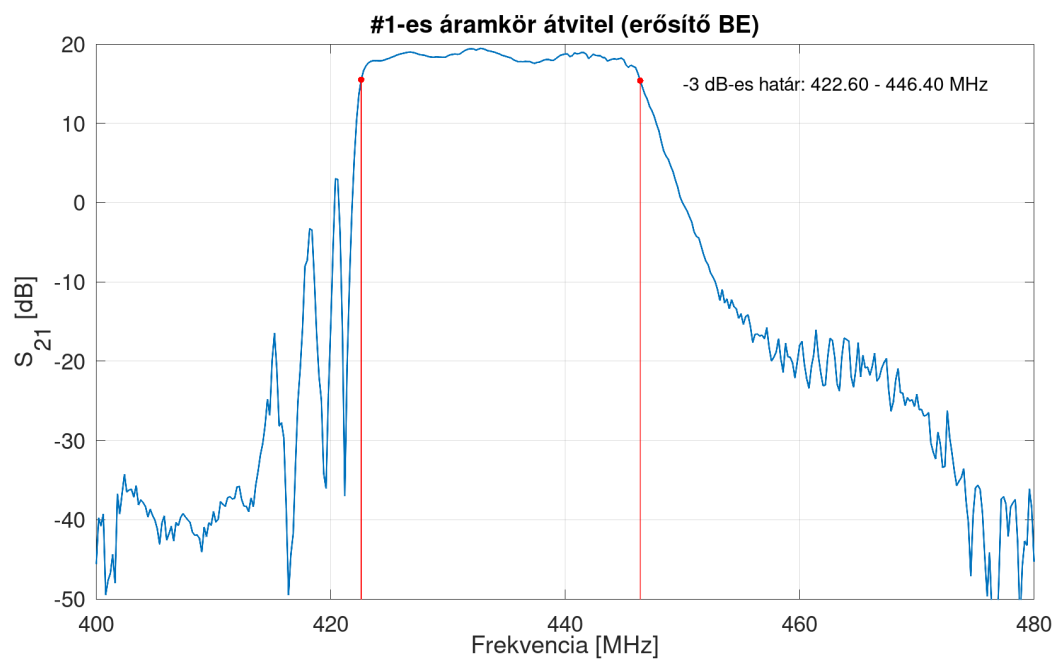
6. ábra. #1-es erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő KI



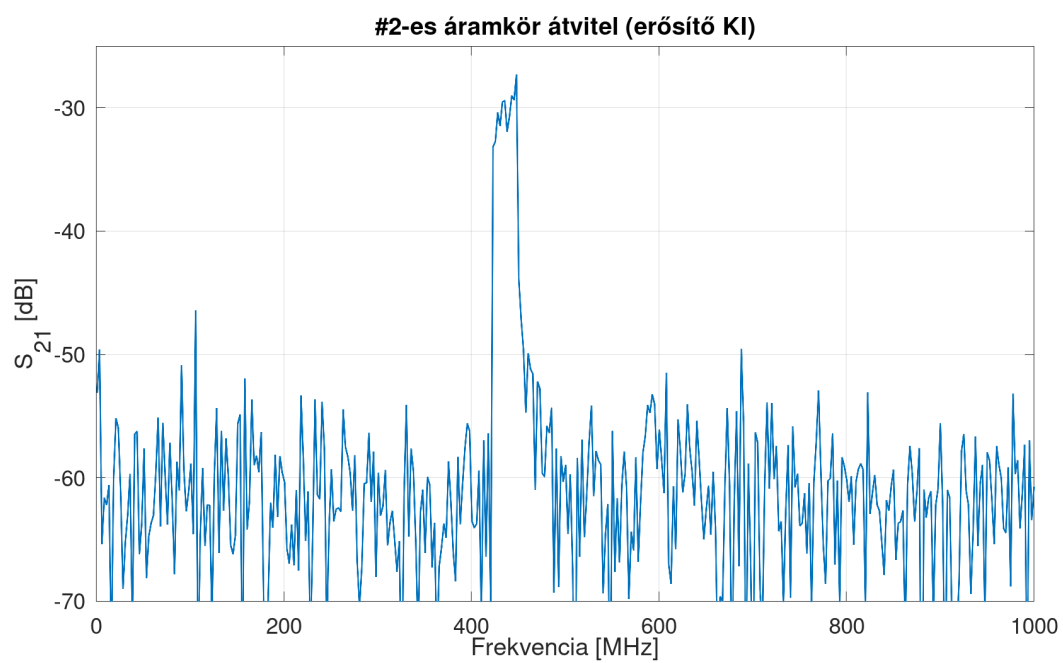
7. ábra. #1-es erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő KI



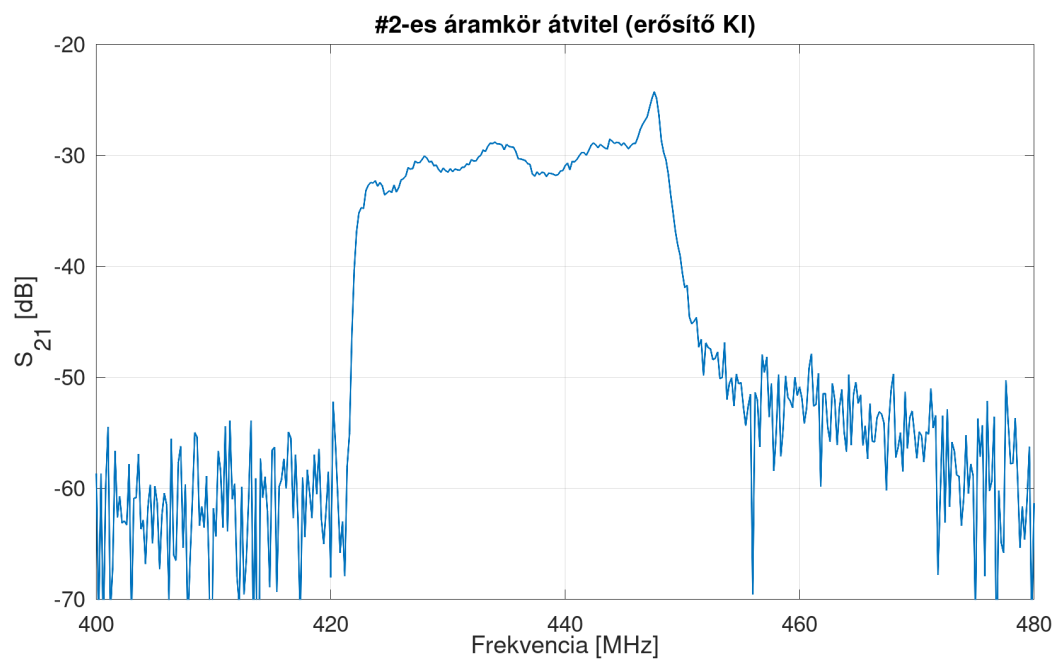
8. ábra. #1-es erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő BE



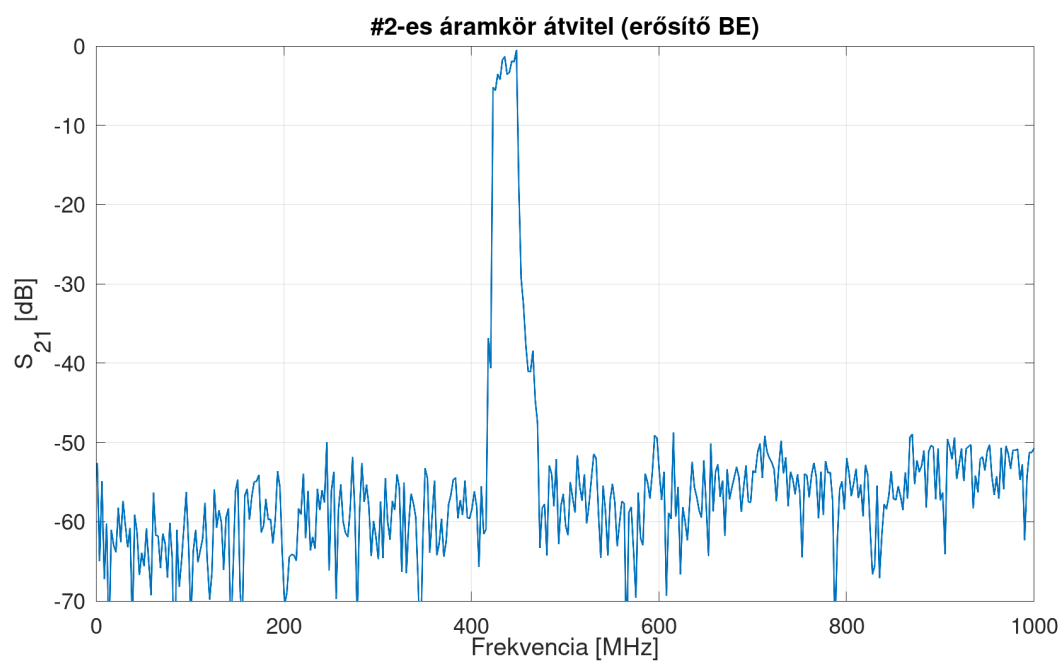
9. ábra. #1-es erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő BE



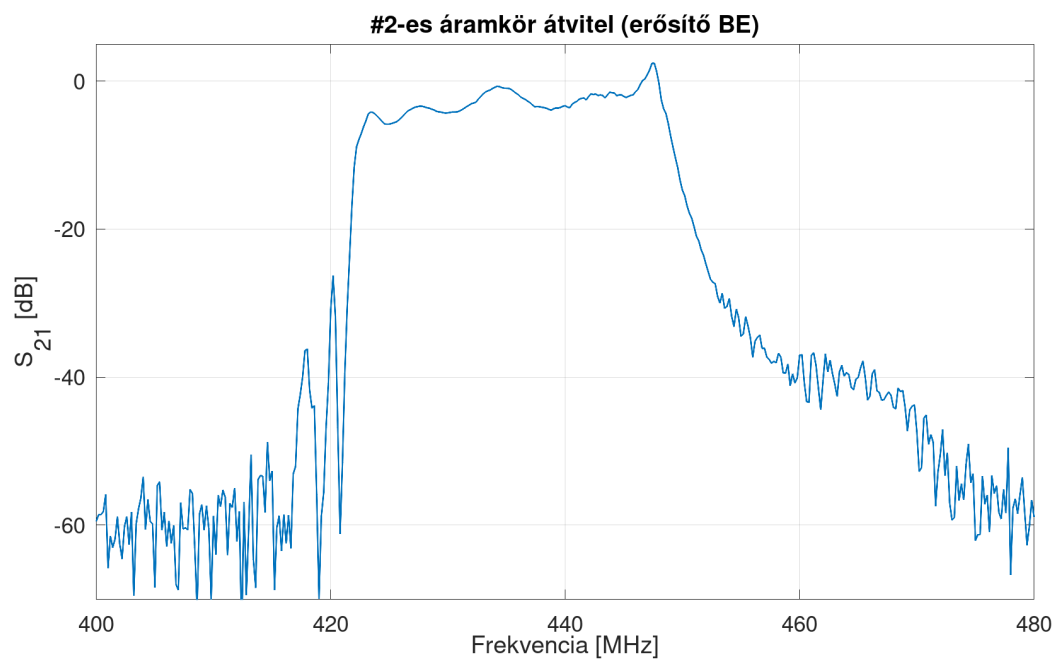
10. ábra. #2-es erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő KI



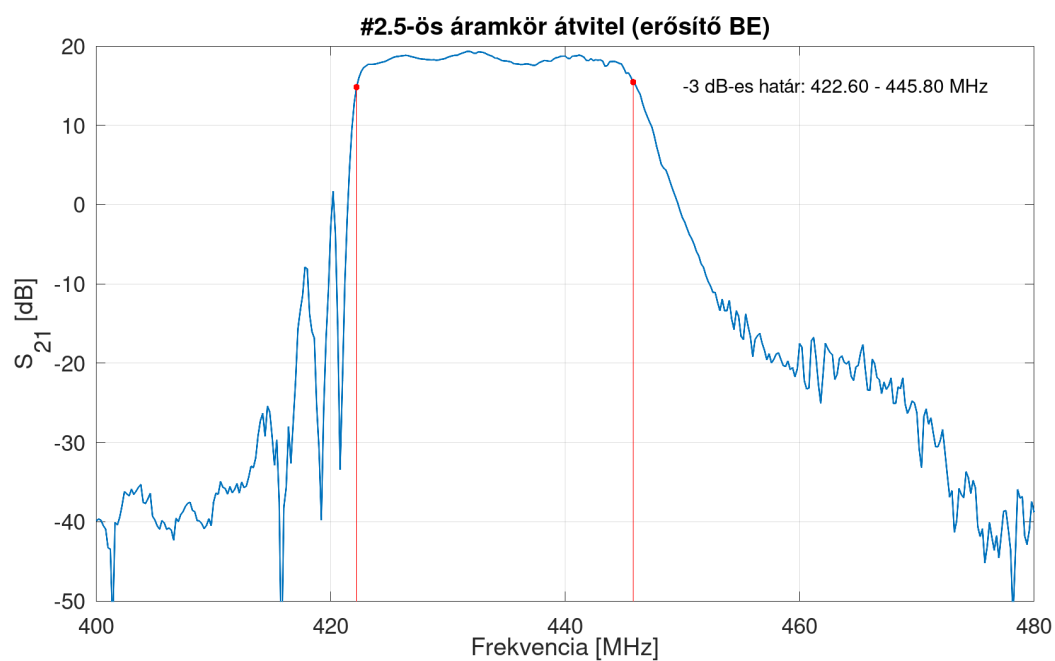
11. ábra. #2-es erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő KI



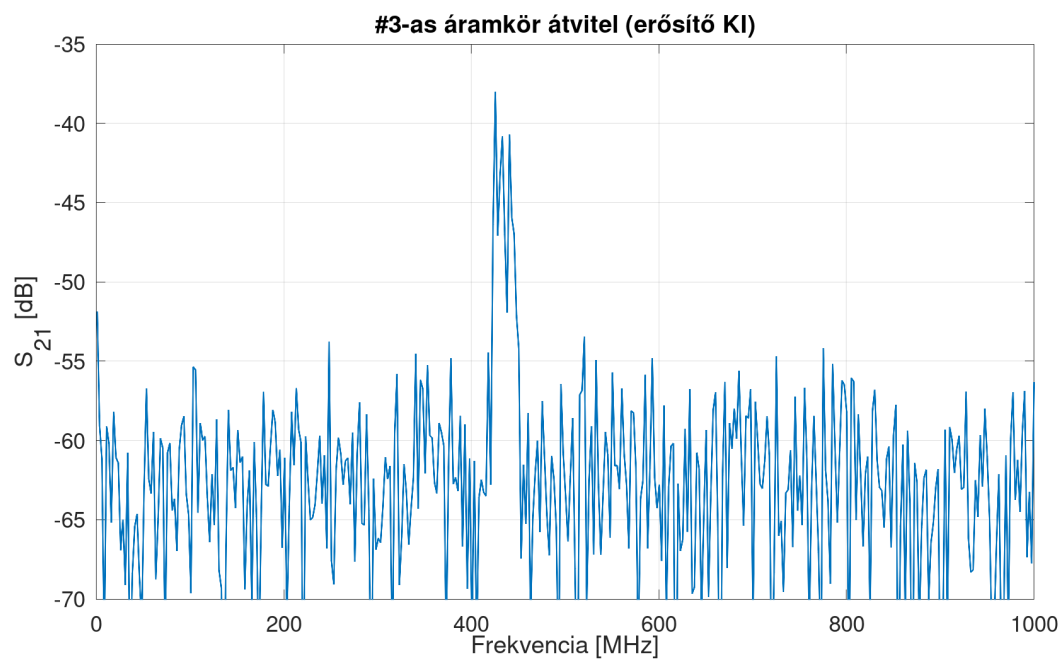
12. ábra. #2-es erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő BE



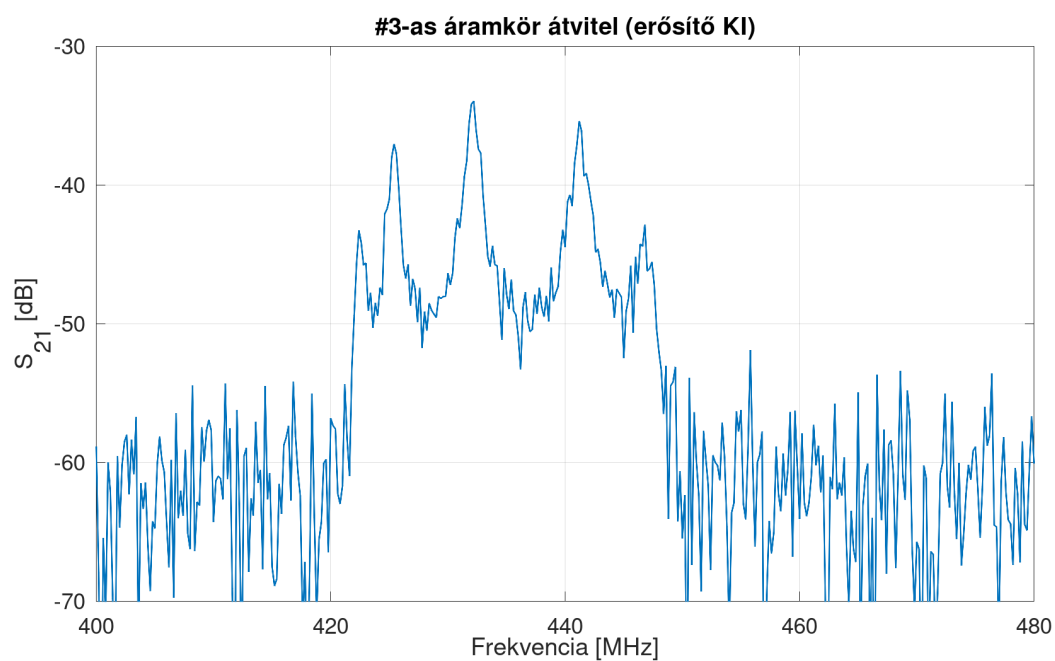
13. ábra. #2-es erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő BE



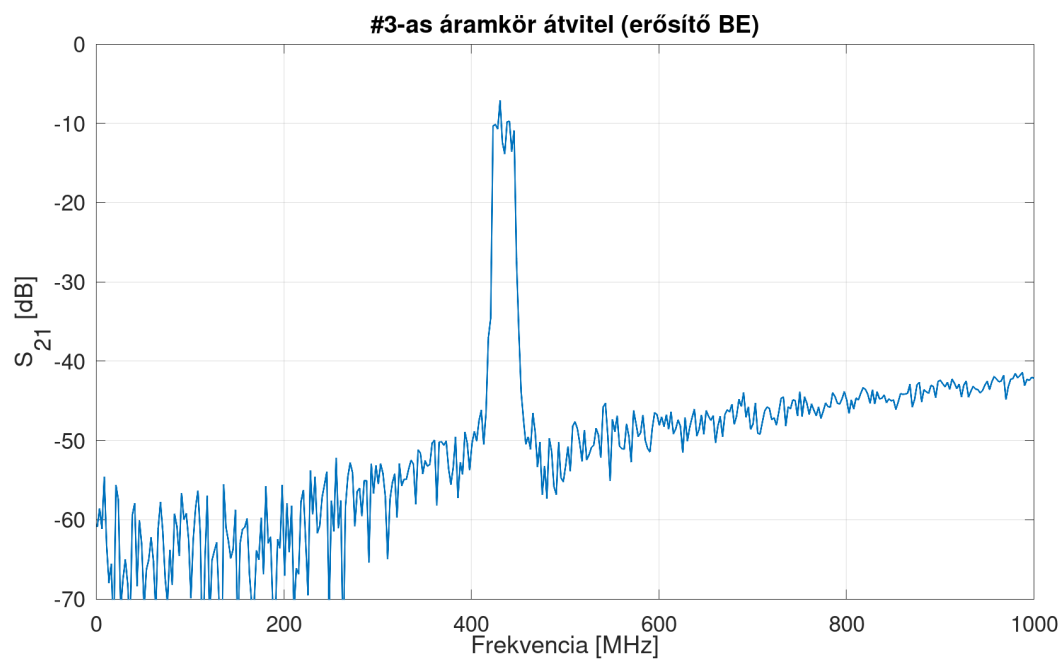
14. ábra. #2.5-ös erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő BE



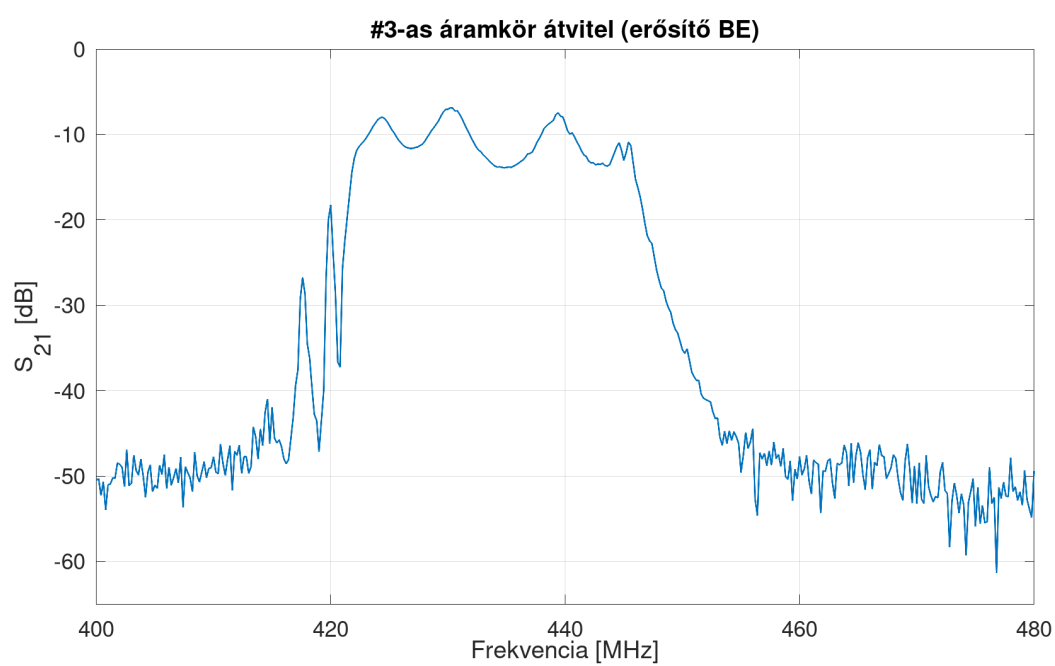
15. ábra. #3-as erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő KI



16. ábra. #3-as erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő KI



17. ábra. #3-as erősítő 1 MHz - 1 GHz, erősítő BE



18. ábra. #3-as erősítő 400 MHz - 480 MHz, erősítő BE