

KV pásmové filtry pro 160-10m

ING. TOMÁŠ KAVALÍR, OK1GTH, kavalir.t@seznam.cz, <http://ok1gth.nagano.cz>

V tomto technicky zaměřeném článku jsou popsány KV pásmové filtry pro šest základních KV kmitočtových pásem (1,8 - 28 MHz). Tyto filtry jsou navrženy a konstruovány především s ohledem na maximální jednoduchost, opakovatelnost konstrukce a finanční dostupnost všech komponentů při zachování „rozumných“ parametrů celé konstrukce. Celá konstrukce je umístěna v relativně malé hliníkové krabici o velikosti 130x220x60mm.

Na trhu se vyskytuje poměrně velké množství různě řešených pásmových filtrů pro KV pásma. Některé z nich jsou i dobře popsány [1] jiné jsou vyloženě komerčního charakteru [2]. Před vlastní stavbou je nutné si uvědomit, k čemu vlastně tyto filtry jsou, jak mohou pomoci a čemu naopak nepomůžou. Ve většině případů se tyto filtry používají v kolektivních stanicích při celosvětových závodech v kategoriích M/S, M2 a MM. Zde se tyto filtry používají především z důvodu ochrany přijímače a omezení rušení mezi jednotlivými pracovišti. Tyto pásmové filtry mají dostatečné potlačení sousedních pásem a zamezí tak ve většině případů například poškození vstupů radiostanice v případě nedostatečné izolace mezi anténními systémy. Zároveň dodatečně zlepši potlačení vyzařování harmonických produktů koncového stupně radiostanice. Z důvodu konstrukce (napěťové a proudové dimenzování) je možné poměrně snadno tyto filtry (zpravidla vázané rezonanční obvody) vyrobit pro nízké hodnoty přenášeného výkonu – cca 100 W. Pro vyšší výkony se tyto filtry realizují výrazně obtížněji a také prudce stoupá cena použitého materiálu. Největší problém bývají použité kondenzátory, které musí vykazovat nízké ztráty, nízké ESR a zároveň musí mít dostatečnou napěťovou pevnost. Speciální RF diskové kondenzátory na vysoké napětí (kV), které jsou pro tyto aplikace konstruovány, se již shánějí obtížně a cena nově vyráběných je vysoká. Proto se ve většině případů spokojíme s kompromisem a pásmové propusti zařazujeme na pozici mezi radiostanicí a koncovým stupněm na relativně nízké úrovni průchozího výkonu. V tomto případě nám většinou postačí použít dostupné kondenzátory na 500 V se slídovým dielektrikem [3]. Toto řešení má ale nevýhodu, protože neumožňuje odstranění (potlačení) harmonických produktů, které vznikají až za výkonovým zesilovačem. Podmínkou tohoto řešení je použití lineární PA s nízkým intermodulačním a harmonickým zkreslením, případně PA, který má sám o sobě dostatečné potlačení harmonických produktů (tranzistorové PA s přepínatelnými dolními propustmi, elektronkové PA s s výstupním obvodem PI-L nebo s vhodně zvoleným vyšším provozním Q).

Teoretický návrh filtrů:

Před vlastním návrhem filtrů jsem si zadal tyto základní podmínky:

- využití dostupných slídových kondenzátorů od firmy MICA v normalizované řadě
- vstupní – výstupní impedance blízká 50 Ω , celkový průchozí útlum pod 1dB od 160 do 10m
- výkonové dimenzování pro max. 100 W, vstupní – výstupní ČSV pod 1,5
- plochá charakteristika s malým zvlněním v propustném pásmu
- dostatečná šířka propustného pásma pro práci jak v CW, tak i SSB segmentu
- preferovat vzduchové cívky, tzn. minimalizovat velikost hodnot indukčností
- co nejmenší počet „drahých“ toroidních jader Amidon

- realizace na DPS, zlacené kontakty použitých relé pro spolehlivé spínání i při RX

Jak se posléze při návrhu ukázalo, tak omezujících podmínek bylo zadáno poměrně hodně a nestačilo tak jen zadat požadované hodnoty do simulátoru. Každé pásmo proto bylo laděno postupnými kroky někdy i několika desítek iterací pro získání vyhovujících parametrů. Nejnižší pásmo (1,8 MHz) bylo realizováno jen formou dolní propusti, protože výsledné indukčnosti by vycházely pro řešení pásmové propusti příliš vysoké (rozměrné). Podobným způsobem byla realizována i zadrž (horní propust) pro nejvyšší kmitočtové pásmo 28 MHz, kdy praktickou realizací pásmové propusti na tomto kmitočtu se nedařilo udržet průchozí útlum pod požadovanou hranicí 1 dB. Ostatní pásma (3,7 – 21 MHz) byla realizována již klasickou formou pásmové propusti složenou ze tří vázaných rezonančních obvodů. Pro co nejmenší velikosti indukčností byla při návrhu zvolena Chebyshevova aproximace. Postupnou optimalizací se podařilo dosáhnout „rozumných“ hodnot indukčností a hodnot kondenzátorů z dostupných hodnot řady.

Praktická realizace:

Celý filtr je realizován na oboustranném plošném spoji z materiálu FR4 tloušťky 1,5 mm o velikosti cca 115 x 200 mm. Vzhledem ke snazší mechanické realizovatelnosti je použit pomocný jednostranný plošný spoj, který zároveň tvoří přední subpanel. Propojení mezi předním a hlavním plošným spojem filtru je pomocí PS „pásku“ tvořeného 8 vodiči s konektory. Přední panel je uchycen distančními sloupky o délce 18 mm. Vzhledem k absenci vhodné konstrukční krabičky daných rozměrů byla tato krabička navržena a vyrobena svépomocí. Tvoří ji dvě „korýtká“ z hliníkového plechu tloušťky 1,5mm. Smontovaná krabička byla následně přestříkána černou matnou barvou ve spreji, ale pokud vyžadujete lepší mechanickou odolnost nátěru, doporučuji nechat odborně nastříkat vypalovací barvou. Celková velikost krabičky je 130x220x60 mm. Více je patrné z příložených obrázků a výkresu. Skutečné rozměry a rozmístění prvků na předním a zadním panelu doporučuji upravit až podle skutečné velikosti plošného spoje.

Hlavní plošný spoj filtrů je ke krabičce přišroubován pomocí čtyřech kovových distančních sloupeků délky 18 mm. Přepínací relé byla zvolena kvalitní G5V-1, která mají pozlacené kontakty a jsou dostatečně robustní pro uvažovaný výkon max 100 W (identická relé jsou použita například v FT857D pro spínání výstupních filtrů). Na předním subpanelu je osazen otočný přepínač se 6 polohami určený pro montáž do DPS, svorkovnice a indikační LED, signalizující navolené pásmo. Časem je možné celé zapojení doplnit o tzv. band dekodér a tím pásma přepínat automaticky přímo z radiostanice. Konkrétní hodnoty součástek pásmových filtrů zobrazuje následující tabulka.

10M	15M	20M
C1, C3 = 68 +10 pF	C4, C6 = 500 pF	C7, C9 = 680 pF
C2 = 68 pF	C5 = 10 + 10 pF	C8 = 10+ 22 pF
L1, L4 = 285 nH	L5, L7 = 110 nH	L8, L10 = 190 nH
L2, L3 = 155 nH	L6 = 2,75 uH	L9 = 3,9 uH

40M	80M	160M
C10, C12 = 1 nF	C13, C15 = 1 + 1 nF	C16, C17 = 1 + 0,68 nF
C11 = 33 + 22 pF	C14 = 100 + 120 pF	L17 = 4,5 uH
L11, L13 = 510 nH	L 14, L16 = 900 nH	
L12 = 9,1 uH	L15 = 8 uH	

Navíjecí předpis cívek:

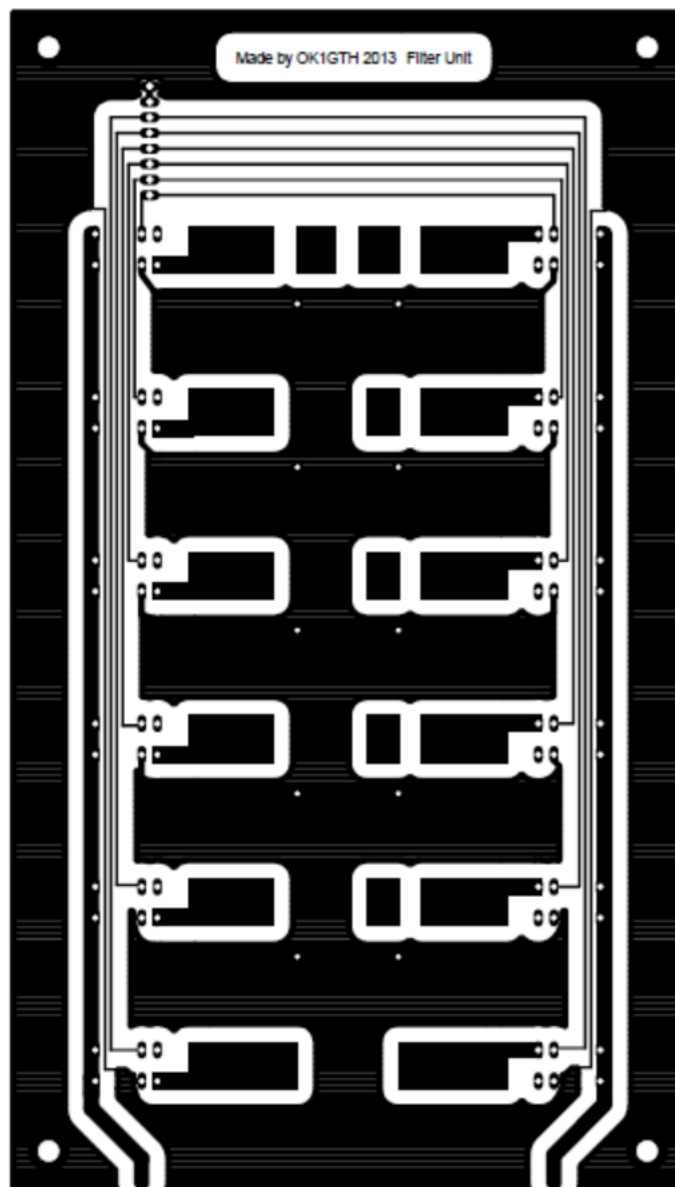
- L1 a L4 – 6 závitů na Ø 10 mm, délky 8 mm (vodič CuL Ø 1,3 mm)
- L2 a L3 – 5 závitů na Ø 10 mm, délky 10 mm (vodič CuL Ø 1,3 mm)
- L5 a L7 – 3 závitů na Ø 10 mm, délky 10 mm (vodič CuL Ø 1,3 mm)
- L6 – 16 závitů na toroidu Amidon T94-2 – červený (vodič CuL Ø 1,3 mm)
- L8 a L10 – 5 závitů na Ø 10 mm, délky 10 mm (vodič CuL Ø 1,3 mm)
- L9 - 20 závitů na toroidu Amidon T94-2 – červený (vodič CuL Ø 1,3 mm)
- L11 a L13 – 10 závitů na Ø 10 mm, délky 15 mm (vodič CuL Ø 1,3 mm)
- L12 – 32 závitů na toroidu Amidon T94-2 – červený (vodič CuL Ø 0,8 mm)
- L14 a L16 – 12 závitů na Ø 12 mm, délky 17 mm (vodič CuL Ø 1,3 mm)
- L15 - 28 závitů na toroidu Amidon T94-2 – červený (vodič CuL Ø 0,8 mm)
- L17 – 22 závitů na toroidu Amidon T94-2 – červený (vodič CuL Ø 1,3 mm)

Závěr:

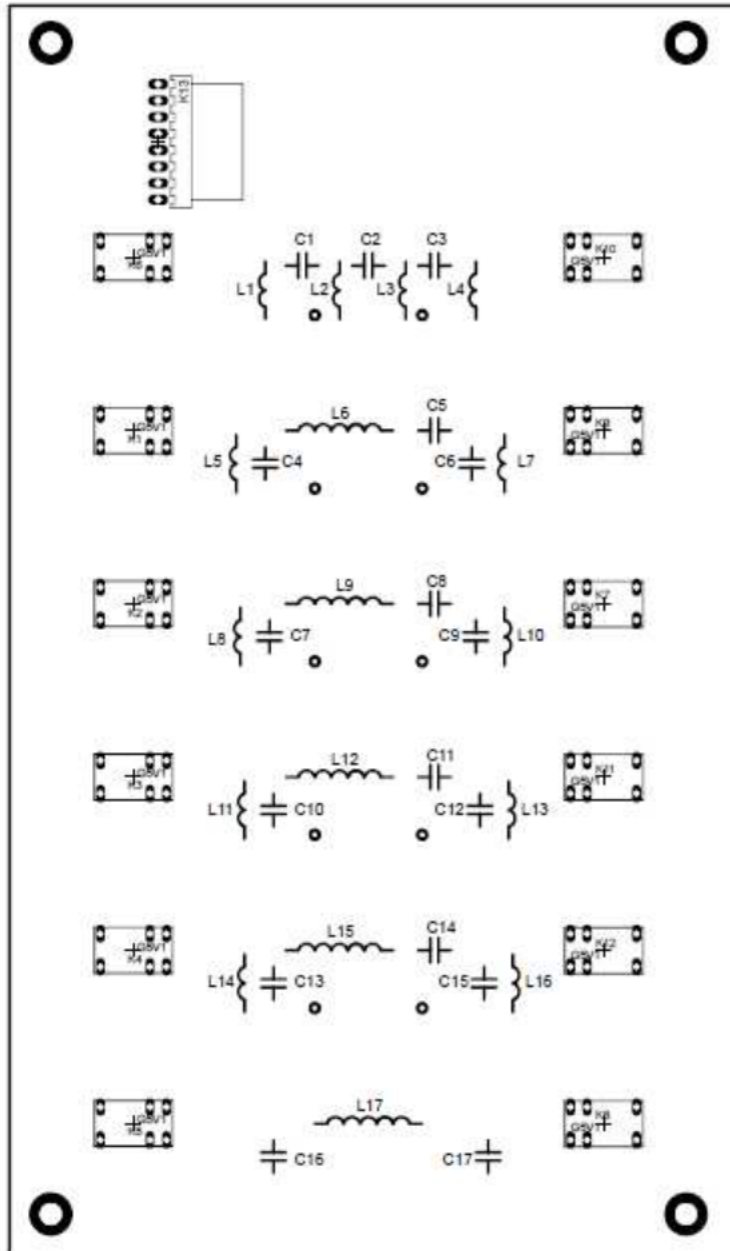
Uvedený pásmový filtr byl v počtu dvou kusů použit i během CQWW SSB 2013 v kategorii M/S HP a bez problémů pracoval po dobu 48h. Díky tomuto filtru se dalo bez větších problémů pracovat i na násobičovém pracovišti. Potlačení mezi pásmy je dostatečné a lze tak efektivně ochránit především vstupní obvody radiostanice i při použití kW koncových stupňů. Průchozí útlumy pásmových filtrů a průběhy vstupního – výstupního ČSV jsou zobrazeny v následujících grafech. Naladění především vyšších pásem vyžaduje trochu trpělivosti, protože rezonanční obvody jsou poměrně úzké. Kapacity kondenzátorů jsou pevné, proto je nutné pro změnu rezonančního kmitočtu měnit hodnoty indukčností roztahováním, případně stlačováním cívek, přičemž platí, že roztahením indukčnost klesá. Obdobným způsobem je možné v určité míře měnit i indukčnost cívky navinuté na železoprachovém jádře T94-2. Při ladění propustí je vhodnější používat vektorový analyzátor a nastavovat rezonanční kmitočet propustí na nejnižší hodnoty ČSV, respektive na nejlepší hodnoty útlumu odrazu. Toto je mnohem lépe patrné a vždy se tak zároveň povedlo dosáhnout i minimálního průchozího útlumu. Nejvyšší průchozí útlum jsem naměřil s pásmu 21 MHz a to cca 0,7 dB. Průchozí útlum u ostatních pásem se pohybuje mezi 0,1 – 0,5 dB a hodnoty vstupního – výstupního ČSV u dobře provedeného filtru nepřesáhnou hodnotu cca 1,25. V případě dlouhodobého provozu doporučuji používat průchozí výkon maximálně 75 W PEP při SSB nebo 50 W při CW. Zamezí se tím ohřevu jader a tím případného rozladění. Zároveň je nutné dodržet, aby filtr pracoval do dobře přizpůsobené zátěže, aby nedošlo k poškození součástek přepětím. Pokud vyžadujeme větší zatížitelnost filtru, doporučuji použít větší železoprachová jádra velikosti například T106-2. V případě zájmu je možné po dohodě dodat oživený a nastavený filtr podle uvedeného popisu. Všem kdo se pustí do stavby přeji hodně radosti a dobrý pocit z dobře odvedené práce. 73! de OK1GTH

Odkazy:

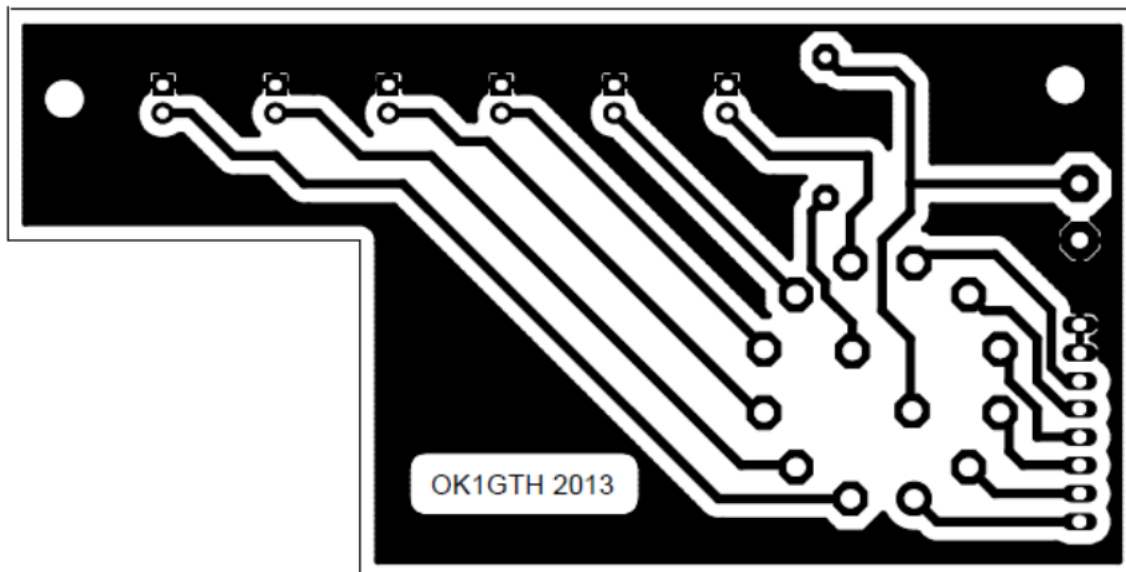
- [1] <http://www.bavarian-contest-club.de/projects/bandpassfilter/100W-BP.pdf>
- [2] <http://www.dunestar.com/store/>
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Silver_mica_capacitor



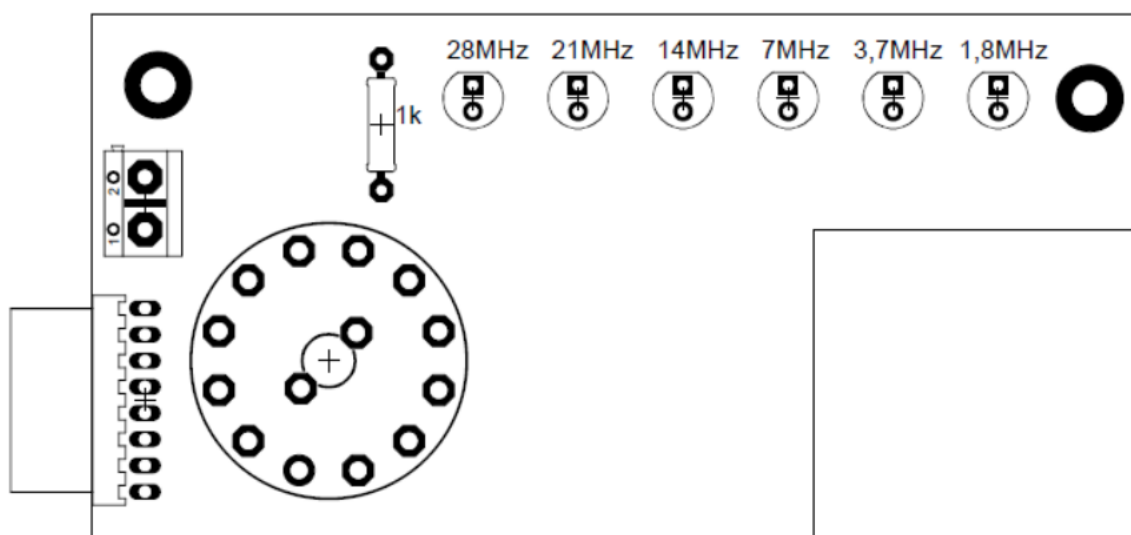
Obr.1 Finální provedení plošného spoje



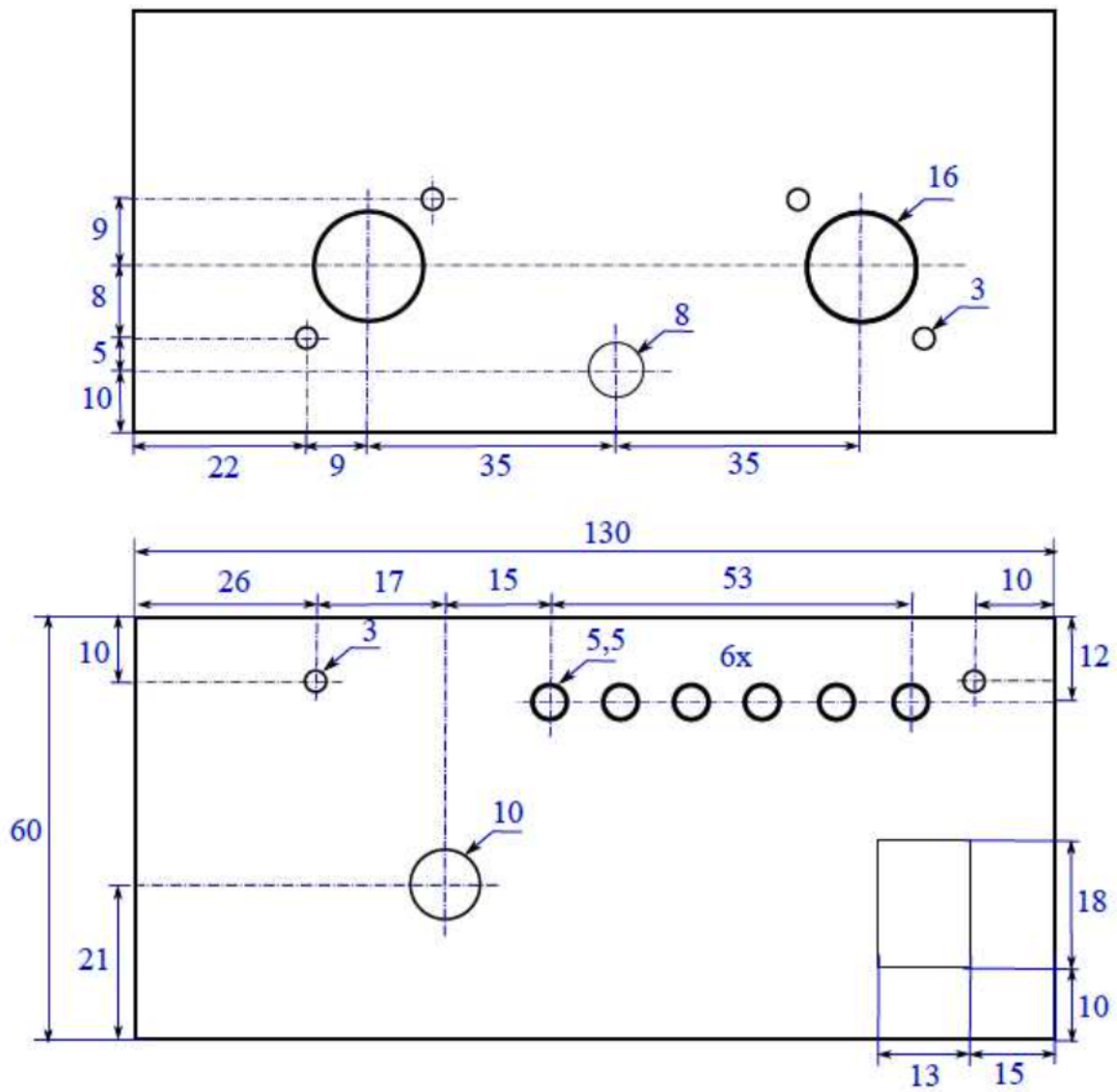
Obr.2 Osazovací plán plošného spoje



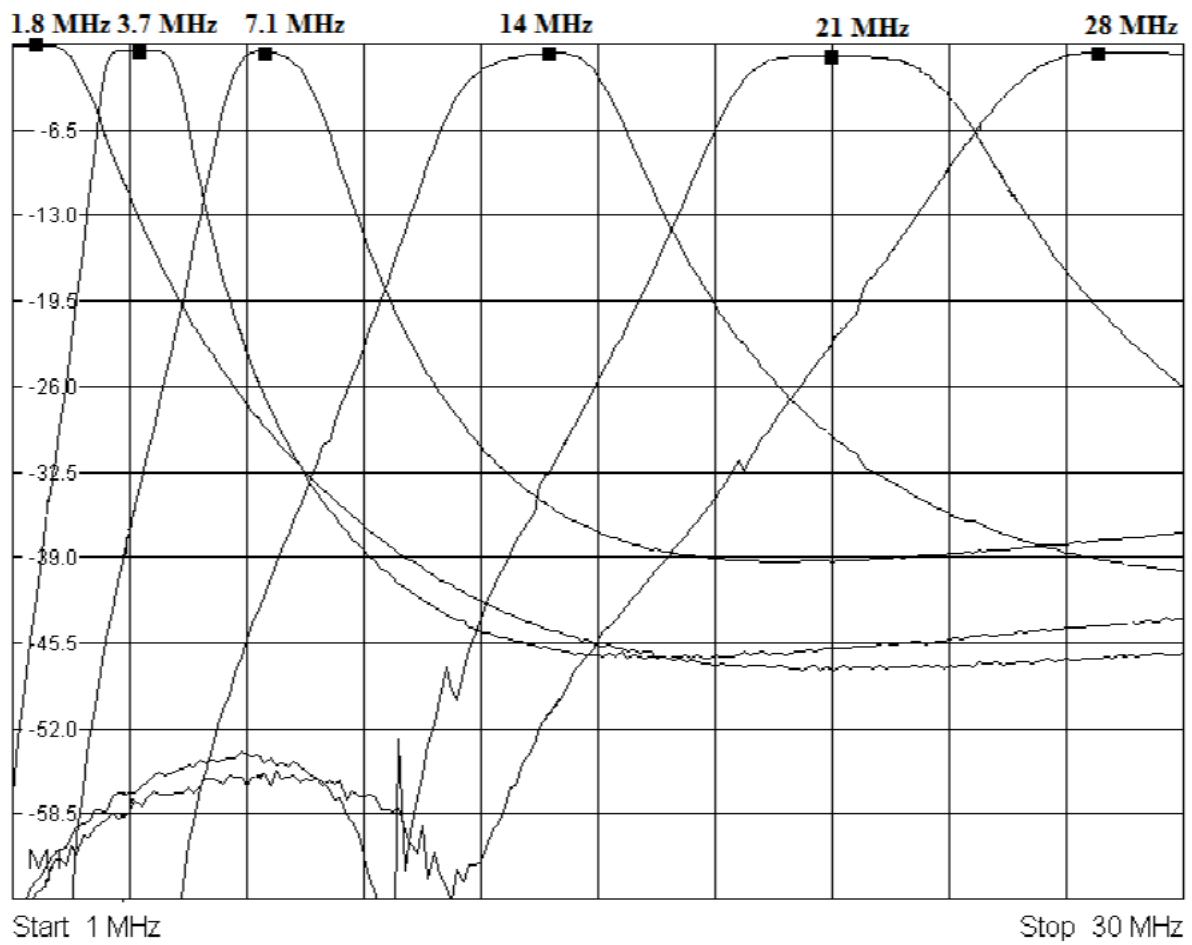
Obr.3 Finální provedení plošného spoje – subpanel



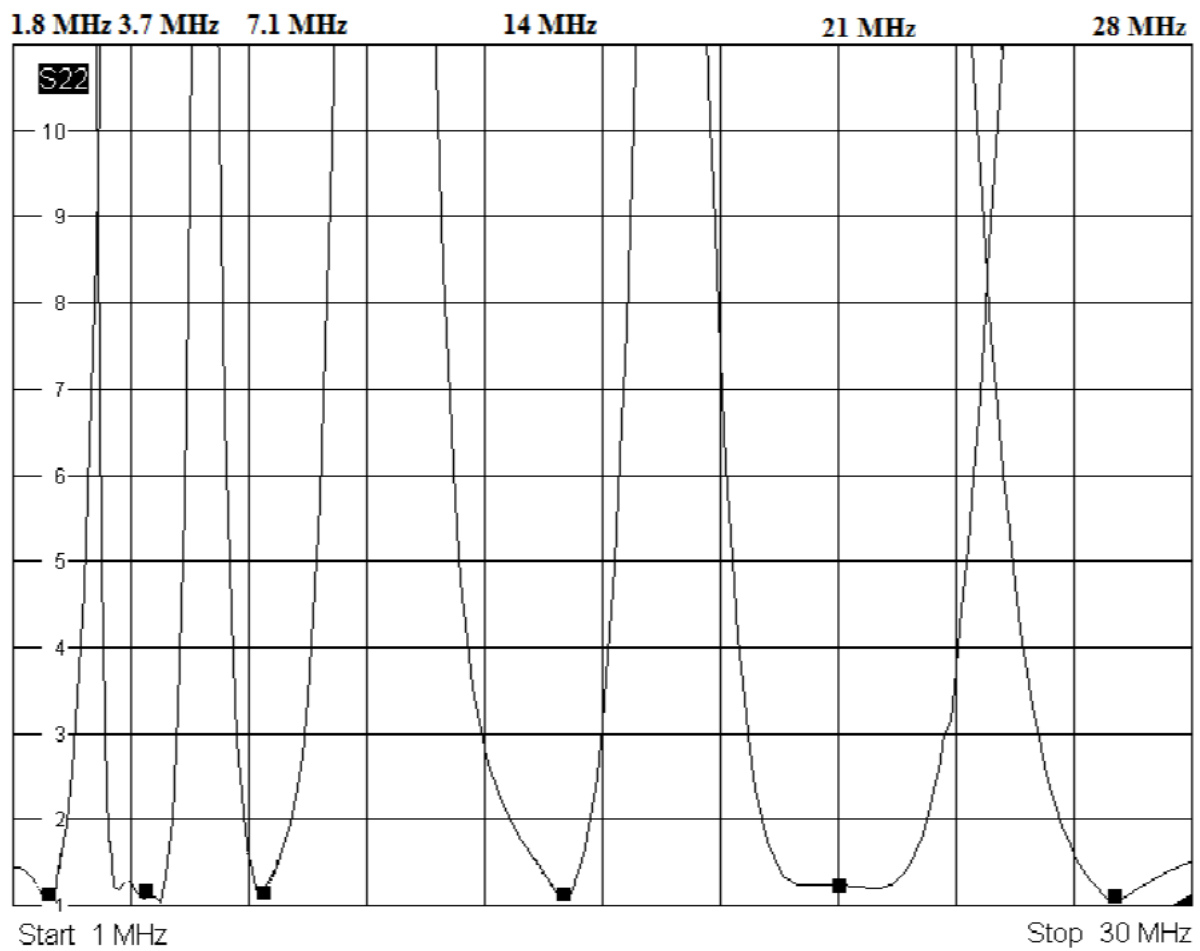
Obr.4 Osazovací plán plošného spoje – subpanel



Obr.5 Rozmístění na předním a zadním panelu



Obr.6 Změřené charakteristiky průchozího útlumu filtrů



Obr.7 Změřené charakteristiky průběhu vstupního – výstupního ČSV



Obr.8 Finální provedení



Obr.9 Finální provedení