

THE DESIGN OF PARABOLIC DISH FEED AND LOW NOISE AMPLIFIER FOR 24 GHz

Jaromír MAREK, Master Degree Programme (5)
Dept. of Radio Electronics, FEEC, BUT
E-mail: xmarek30@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Dr. Miroslav Kasal

ABSTRACT

The aim of this project is a design of a receiving system front end for satellite communication on the frequency $f_0 = 24,048$ GHz. The first part is optimal feed system for parabolic dish with ratio $f/D = 0,4$. The feed is designed for circular polarization. The second part is the low noise amplifier with high associated gain.

1 ÚVOD

Cílem projektu je navrhnout část přijímacího systému pro družicovou komunikaci. Je to sestava primárního zářiče s kruhovou polarizací a nízkošumového zesilovače. Při rádiovém spojení s družicí lze dosáhnout velmi malé šumové teploty antény, protože ta je namířena do „studené“ oblohy. Tím více se na výsledné ekvivalentní šumové teplotě přijímacího systému projevují vlastní šумы, přidané dalšími částmi přijímacího řetězce (zesilovač, směšovač). Anténa má tím nižší šumovou teplotu, čím je větší její elevace a čím menší je příspěvek teploty od „teplé“ země. Proto musí být anténa ozářena tak, aby postranní laloky, které šumovou teplotu zvětšují, byly minimální.

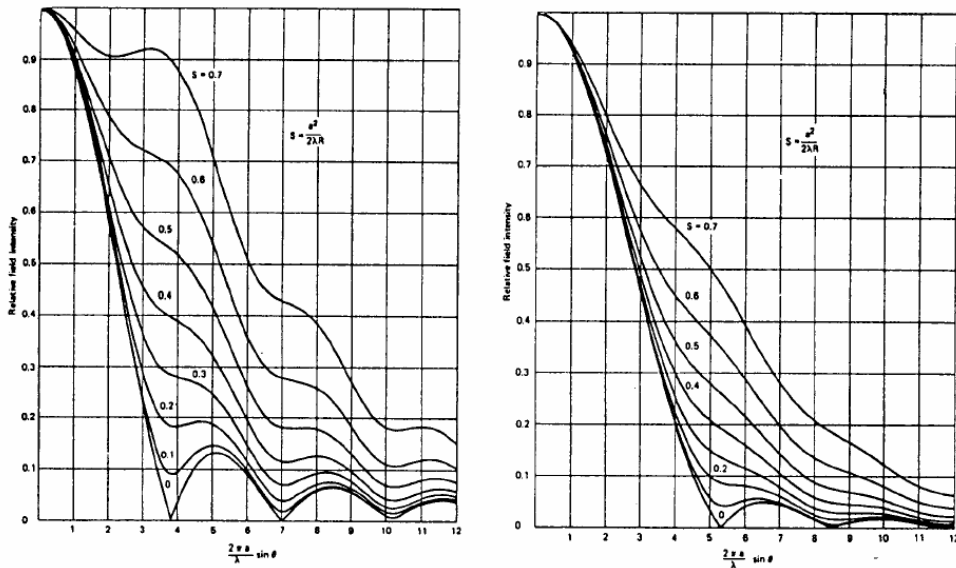
Zesilovač musí mít malý šum a dostatečný zisk. V současné době jsou dostupné tranzistory na bázi GaAs s vysokou pohyblivostí elektronů, se kterými lze na požadovaném kmitočtu konstruovat dvoustupňové zesilovače se ziskem větším než 20 dB a šumovým číslem 1,5 dB ($T_e \cong 150$ K).

2 PRIMÁRNÍ ZÁŘIČ

Pro dosažení nízké úrovně bočních laloků mají být amplitudy pole na okraji paraboly nižší zhruba o 7 dB až 10 dB než uprostřed. Současně platí požadavek, že souměrný reflektor má být souměrně ozářen. To splní pouze rotačně souměrný diagram, jehož šířka např. na úrovni -10 dB je stejná ve dvou na sebe kolmých rovinách (roviny E a H).

Jako primární zářič pro pásmo Ka připadají v úvahu otevřené ústí vlnovodu – trychtýřová anténa a planární antény. Výhodou planárních antén je zejména možnost integrace s nízkošumovým zesilovačem. Nevýhodou je často jejich úzkopásmovost a hlavně

složitost návrhu. Trychtýřové antény lze oproti tomu řešit pomocí empirických vzorců. Jako primární zářič byla tedy zvolena kuželová trychtýřová anténa - rozšíření kruhového vlnovodu. Řešení vychází z [1].



Obr. 1: Univerzální vyzářovací diagram kuželového trychtýře v rovině E a H , převzato z [1]

Na obr. 1 je na vodorovné ose vynesena hodnota $\frac{2\pi a}{\lambda_0} \sin \Theta$, kde a je poloměr ústí trychtýře a Θ je úhel, který svírají přímky vedené z ohniska do středu paraboly a k jejímu okraji. Pro anténu s poměrem $f/D = 0,4$ je tento úhel 64° . Parametrem křivek je hodnota fázové chyby s . Hodnota $s = 0$ odpovídá otevřenému konci vlnovodu.

$$s = \frac{a^2}{2\lambda_0 R} \quad (1)$$

kde R je délka šikmé hrany trychtýře

Postup řešení je takový, že pro zvolený pokles, např. 10 dB, se vynesou do diagramu vodorovná přímka, která protne soustavu křivek. Tak lze zjistit odpovídající hodnoty na vodorovné ose, ze kterých se potom vypočítá poloměr ústí apertury. Z rovnice (1) se určí délka trychtýře.

Pro pokles 10 dB v rovině E a fázovou chybu $s = 0,1$ vychází poloměr apertury na $a = 6,1$ mm a hodnota $R = 14,7$ mm. Pokles v rovině H však pro takovou aperturu bude na úrovni cca 5,5 dB, což je poměrně málo. Lépe je tedy určit rozměry trychtýře podle diagramu v rovině H , např. pro pokles 7 dB. Rozměry budou $a = 6,7$ mm, $R = 18$ mm ($s = 0,1$). V rovině E je odpovídající pokles 12 dB. Změřené vyzářovací diagramy podobných antén (např. z [2]) však ukazují, že odlišnost diagramu v rovinách E a H nebude tak velká, proto lze toto řešení pokládat za vyhovující. Pro vyrovnání diagramu v obou rovinách lze použít různé druhy tlumivkových zářičů a drážkovaných trychtýřů. Drážky jsou většinou čtyři, rovnoměrně rozložené v ústí trychtýře. Jejich hloubka je mezi $\lambda_0/4$ a $\lambda_0/2$ a zamezují vzniku povrchových proudů. Tím se taky omezuje zadní záření.

Kruhová polarizace je vyřešena dielektrickou vložkou ve vlnovodu, viz [3].

3 NÍZKOŠUMOVÝ ZESILOVAČ

Základním bodem návrhu zesilovače je výběr vhodného tranzistoru. Ten musí poskytovat dostatečný zisk a nízké šumové číslo. Byl zvolen tranzistor NEC NE32984D. Jedná se o HEMT, JFET s vysokou pohyblivostí elektronů. Na frekvenci 18 GHz (nejvyšší udávaná frekvence v katalogovém listu) má šumové číslo $NF = 0,81$ dB a zisk $G = 11,5$ dB. Pro dostatečný zisk byl navržen dvoustupňový zesilovač. Vstup prvního tranzistoru je přizpůsoben „šumově“, vstup druhého stupně a oba výstupy jsou přizpůsobeny výkonově. Zesilovač bude realizován na substrátu Di-Clad 522 o tloušťce 0,5 mm a relativní permitivitě $\epsilon_r = 2,5$.

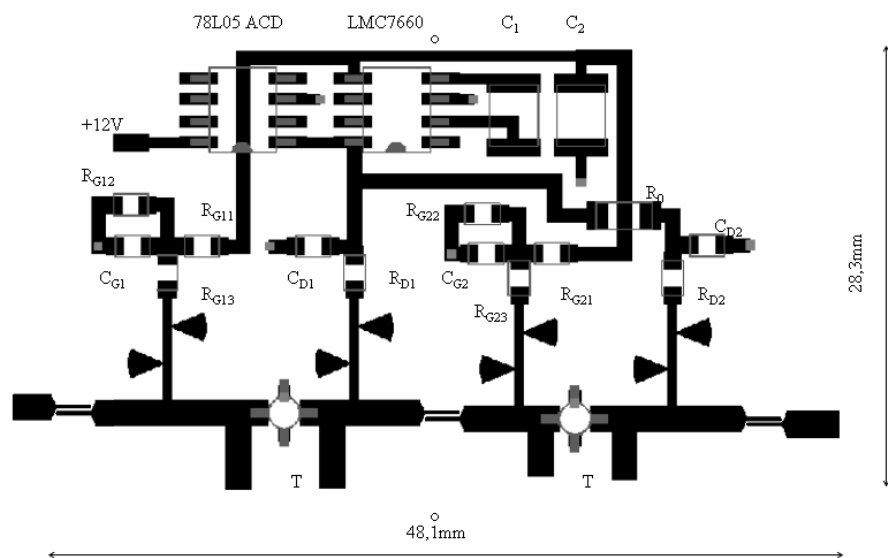
Požadavek malých ztrát v přizpůsobovacích obvodech vede k přizpůsobení tranzistoru pomocí úseků vedení. Jejich charakteristická impedance je 50Ω . Stejnosemenný pracovní bod je zvolen takto:

$$U_{DS} = 2 \text{ V}, \quad I_D = 20 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow U_{GS} \cong -(0,4 - 0,5) \text{ V.}$$

Přivedení napájecího napětí je přes vedení s vysokou impedancí a filtrační čtvrtvlnné pahýly. Vazba mezi stupni zesilovače a na jeho vstupu a výstupu je pomocí vázaného čtvrtvlnného vedení. Návrh byl proveden v programu SERENADE 8.5.

Výsledný zesilovač má zisk $G = 21$ dB a šumové číslo $NF = 2,1$ dB.



Obr. 2: Motiv plošného spoje zesilovače

4 ZÁVĚR

Projekt řeší část vnější jednotky přijímače pro družicovou komunikaci. Předpokládá se, že trychtýř bude na kruhový vlnovod nasunutý a mechanicky připevněný tak, že bude možné měnit „čistý“ trychtýř za různé typy drážkovaných a dosáhnout tak nejlepšího řešení.

LITERATURA

- [1] Huelsenbusch, U.: Feeding parabolic dishes with horn antennas. DUBUS. 1, 2, 1986. Dostupné na <http://dpmc.unige.ch/dubus>
- [2] Procházka, M.: Primární zářiče pro malé parabolické reflektory. Sdělovací technika, 6, 1989, s. 211-213
- [3] Tysl, V., Růžička, V.: Teoretické základy mikrovlnné techniky. Praha, SNTL 1989
- [4] Katalogové listy NEC. <http://www.ncsd.necel.com/>