

RETRODIRECTIVE ANTENNA ARRAY

Pavel Šindler

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xsindl00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Michal Pokorný

E-mail: pokornym@feec.vutbr.cz

Abstract: This work deals with a design of a retrodirective antenna array. The design starts with an analysis via analytical model of the retrodirective antenna array for MATLAB software. An influence of using real antennas and different frequencies for transmission and reception on radar cross section characteristics is mentioned. Then a suitable structure for a realization is chosen and briefly described.

Keywords: antenna array, retrodirectivity, beam pointing error

1. ÚVOD

Tato práce se zabývá návrhem retrodirektivního anténního pole, tedy anténního pole které pokud je ozařováno signálem z vysílače, vysílá dominantně signál zpět ve směru, ze kterého na něj elektromagnetická vlna dopadá a to bez předchozí znalosti o poloze vysílače. Zde navrhované retrodirektivní anténní pole využívá prvků provádějících konjugaci fáze signálu přijímaného anténním polem. Ke každé anténě náleží směšovač, který provádí konjugaci signálu. Signál s konjugovanou fází je pak stejnou anténou která byla použita pro příjem opět vysílán. Tím je zajištěno, že maximum vysílané energie bude v ideálním případě vysíláno ve směru, ze kterého na toto anténní pole elektromagnetická vlna dopadá. Kmitočet přijímané a vysílané vlny je stejný. Podrobně je tento princip popsán např. v [1].

2. NÁVRH RETRODIREKTIVNÍHO ANÉNNÍHO POLE

Retrodirektivita výše popsaného anténního pole je zaručena pouze pokud jsou jako elementární antény použity ideální zářiče. Použití reálných antén vede ke vzniku úhlové odchylky mezi směrem ze kterého na anténní pole elektromagnetická vlna dopadá a směrem do kterého je tímto anténním polem vysíláno maximum energie. Velikost této odchylky se značí jako *BPE* (beam-pointing error).

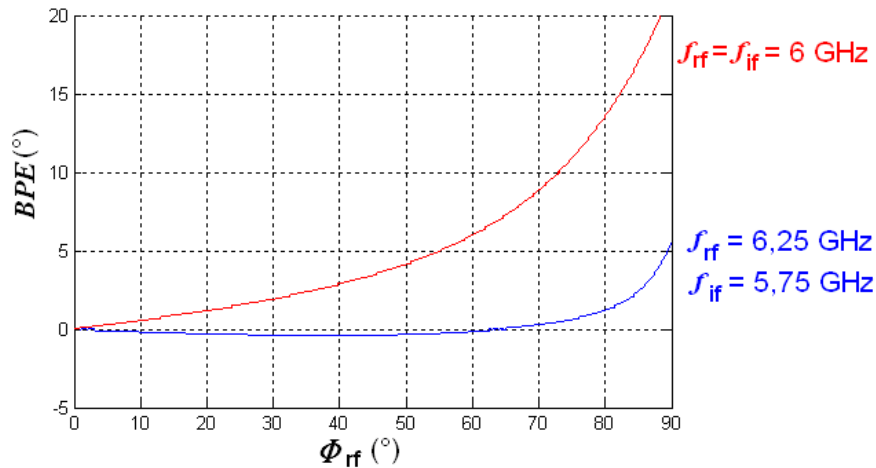
Použití odlišného kmitočtu pro přijímanou a vysílanou vlnu vede také ke vzniku úhlové chyby *BPE*. Pokud se jsou použité kmitočty vhodně zvoleny, je možné tímto jevem částečně kompenzovat *BPE* způsobený vyšší směrovostí zářičů oproti ideálnímu zářiči.

2.1. ANALYTICKÝ MODEL

Pro podrobnější analýzu těchto jevů byl napsán skript pro program MATLAB představující analytický model retrodirektivního anténního pole tvořeného čtyřmi elementy (anténami spolu s prvky provádějícími konjugaci fáze) umístěnými v jedné řadě. Skript umožňuje zobrazení normovaných monostatických i bistatických charakteristik odrazné plochy cíle retrodirektivního anténního pole tvořeného ideálními zářiči i flíčkovými anténami (s různou prostorovou orientací). Pro vlnu retrodirektivním anténním polem vysílanou i přijímanou je možné zvolit odlišný kmitočet.

Pro výslednou realizaci byla vybrána varianta s flíčkovými anténami s odlišnou polarizací pro vysílání a pro příjem (se dvěma oddělenými porty).

Pro tuto variantu byl dále vytvořen skript pro program MATLAB, který umožňuje znázornění závislosti úhlové chyby BPE na úhlu, pod kterým na retrodirektivní anténní pole elektromagnetická vlna dopadá. Tato závislost je na obr.1. Jako f_{RF} je označen kmitočet elektromagnetické vlny, která na retrodirektivní anténní pole dopadá, f_{IF} je kmitočet vlny tímto polem vysílané.

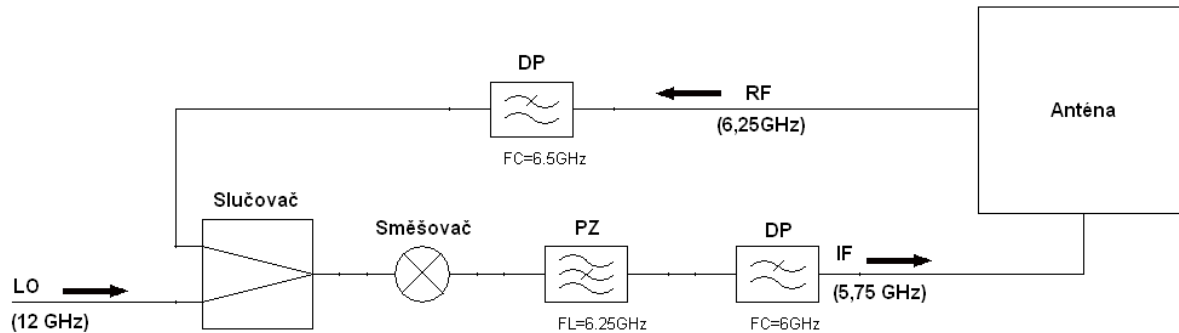


Obrázek 1: Závislost úhlové chyby BPE na úhlu f_{RF}

Pomocí simulací v MATLABu bylo zjištěno, že kmitočet přijímané a vysílané vlny může být i značně odlišný a při použití reálných antén se tak navíc kompenzuje úhlová chyba způsobená jejich vyšší směrností. Při použití značně odlišných kmitočtů je pak k potlačení nežádoucích signálů možné použít kmitočtové filtry.

2.2. STRUKTURA

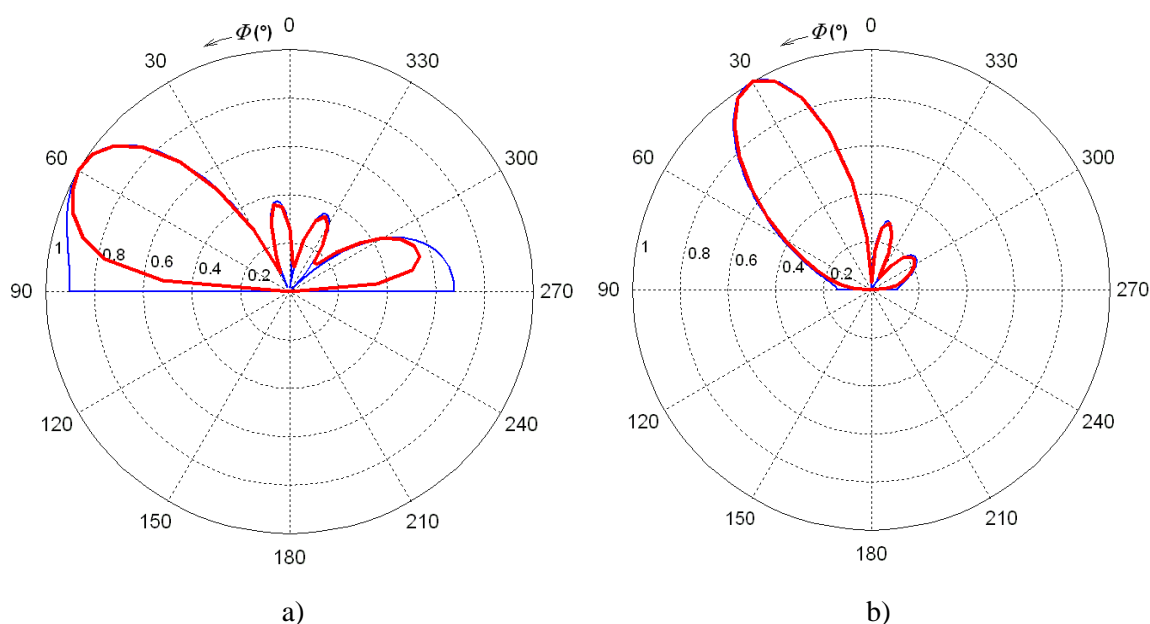
Pro další návrh a realizaci byla zvolena struktura, skládající se ze čtyř elementů, z nichž jeden je na obr. 2. Signál o kmitočtu 12 GHz je přiváděn k jednotlivým elementům přes strukturu tvořenou symetrickými Wilkinsonovými děliči výkonu. Vzdálenost mezi středy jednotlivých antén je $\lambda_{RF}/2$. Tím je zaručeno že nedochází ke vzniku nežádoucích difrakčních smyček.



Obrázek 2: Blokové schéma jednoho elementu výsledného retrodirektivního anténního pole

Práce dále pokračovala návrhem a simulacemi jednotlivých bloků dle obr. 2 a Wilkinsonových děličů výkonu. Jako simulační software byl použit program Ansoft Designer. Směšovač je tvořen jediným tranzistorem ATF – 36163. Simulacemi bylo ověřeno, že ve směšovači dochází ke konjugaci fáze. Konverzní zisk samotného směšovače je dle simulací 8,4 dB.

Porovnání normovaných bistatických charakteristik odrazné plochy cíle analytického modelu retrodirektivního pole z programu MATLAB (modrá křivka) a numerického modelu z programu Ansoft Designer (červená křivka) je na obr. 3. Oba modely se dosti přesně shodují.



Obrázek 3: Normovaná bistatická charakteristika odrazné plochy cíle pro úhel pod kterým na retrodirektivní anténní pole přijímaná vlna dopadá: a) 60° , b) 30° .

3. ZÁVĚR

Většina dříve publikovaných retrodirektivních anténních polí používá pro vysílání a příjem pouze mírně odlišné kmitočty (např. v [2] a [3] je to 5,99 GHz a 6,01 GHz) a využívají vyvážených struktur s dvojicí směšovačů pro každou anténu. Použití reálných antén místo ideálních elementárních zářičů však způsobuje úhlovou chybu *BPE*. Tuto chybu je možné částečně kompenzovat pokud je pro vlnu vysílanou retrodirektivním anténním polem použit nižší kmitočet než pro příjem. Pomocí modelování těchto vlivů v programu MATLAB, byly určeny vhodné kmitočty pro vlnu vysílanou anténním polem tvořeným flíčkovými anténami s odlišnou polarizací pro vysílání a příjem jako $f_{IF} = 5,75$ GHz a $f_{RF} = 6,25$ GHz. Díky tomu, že tyto kmitočty jsou poměrně vzdálené, je možné použít k potlačení nežádoucích signálů filtry. Ke každé anténě pak stačí použít k otáčení fáze pouze jeden směšovač.

Na základě těchto znalostí byla vybrána vhodná struktura budoucího retrodirektivního anténního pole a jeho jednotlivé bloky byly navrženy a analyzovány pomocí programu Ansoft Designer. Simulacemi bylo ověřeno, že vykazují požadovanou funkci. Také byla ověřena dostatečná shoda mezi analytickým a numerickým modelem retrodirektivního anténního pole. Nyní projekt pokračuje realizací kritických bloků a po té celého retrodirektivního anténního pole.

REFERENCE

- [1] GUO, Y. C.; SHI, X. W., CHEN L. *Retrodirective array technology* [online], 2008 [cit. 2012-2-23]. Dostupný z WWW: <<http://www.jpier.org/PIERB/pierb05/10.08021704.pdf>>
- [2] MIYAMOTO R. Y.; QIAN Y.; ITOH T. *An active integrated retrodirective transponder for remote information retrieval on-demand* [online], 2001 [cit. 2012-2-26]. Dostupný z WWW: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=942580>>
- [3] MIYAMOTO R. Y.; QIAN Y.; ITOH T. *Retrodirective array using balanced quasi-optical FET mixers with conversion gain* [online], 1999 [cit. 2012-2-26]. Dostupný z WWW: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=779846>>