

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

**Špirálová anténa**  
**Laboratórna práca č.4**

**2018**

**Meno Priezvisko, Titul**

**SMARTANTÉNY - VZOR ZADANIA**

## Obsah

Zoznam obrázkov .....	3
1. Teoretický úvod.....	4
1.1. Špirála.....	4
1.2. Reflektor.....	6
1.3. Použitie a benefity.....	8
2. Návrh a analýza špirálovej antény.....	10
2.1. Návrh špirálovej antény .....	10
2.2. Analýza špirálovej antény.....	11
3. Záver.....	16
Zoznam použitej literatúry .....	17
Prílohy .....	18

SMARTANTÉNY - VZOR ZADANIA

## Zoznam obrázkov

Obr. 1 Parametre špirálovej antény [1].....	4
Obr. 2 Špirálová anténa s vyžarovacím diagramom v osovom móde [2].....	5
Obr. 3 Špirálová anténa s vyžarovacím diagramom v normálnom móde [2].....	5
Obr. 4 Špirálová anténa s vyžarovacím diagramom v kužeľovitom móde [2].....	5
Obr. 5 Mechanické rozloženie priehlbínou podkladanej špirály.....	8
Obr. 6 Špirálové antény v rôznych zariadeniach.....	9
Obr. 7 Návrh špirálovej antény.....	10
Obr. 8 Model simulovanej antény v programe CAD FEKO.....	11
Obr. 9 Model vyžarovacej charakteristiky simulovanej antény.....	12
Obr. 10 Vyžarovacia charakteristika v polárnom zobrazení pre $\varphi=0^\circ$ .....	12
Obr. 11 Vyžarovacia charakteristika v polárnom zobrazení pre $\varphi=90^\circ$ .....	13
Obr. 12 Zisk simulovanej antény v dBi v polárnom zobrazení.....	13
Obr. 13 $S_{1,1}$ parameter.....	14
Obr. 14 Hodnota výkonu vo vzťahu voči frekvencii.....	14
Obr. 15 Zobrazenie vstupnej impedancie pomocou Smithovho diagramu.....	15

## Zoznam tabuliek

Tab. 1 Parametre navrhutej špirálovej antény.....	10
---	----

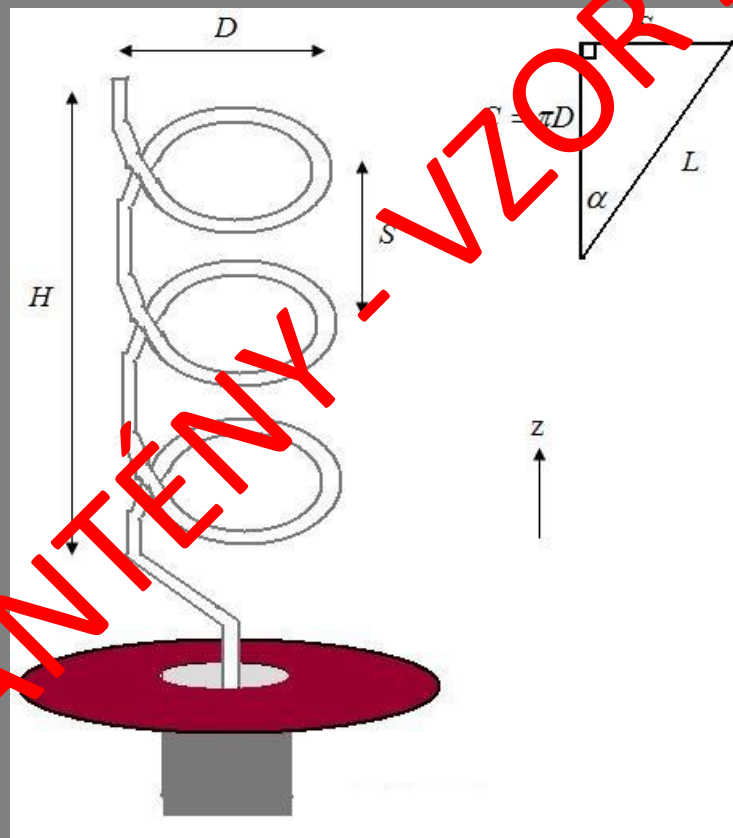
## 1. Teoretický úvod

V pásme decimetrových a centimetrových vln sa najmä používajú špirálové antény (Wi-Fi). Skladajú sa z vodiča v tvare valcovej špirály a kovového kotúča nazývaného reflektor.

### 1.1. Špirála

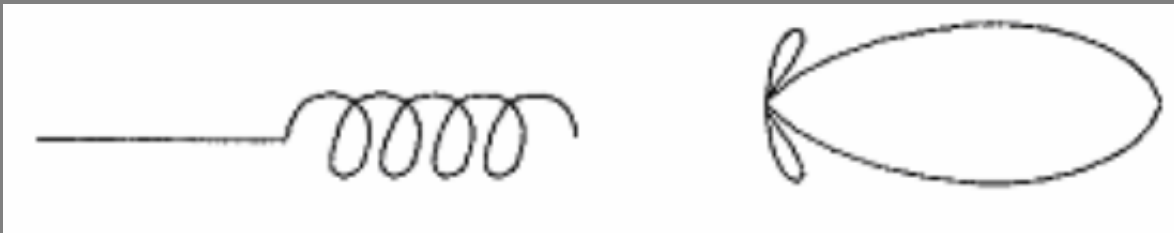
Špirálová anténa má priemer  $D$  a obvod špirály  $C$ . Vzďialenosť medzi závitmi je  $S$ , a dĺžka každého závitú je  $L$ . Uhol sklonu  $\psi$  závisí od vzdialenosti a priemeru je daný vzťahom (1):

$$\tan \psi = \frac{S}{\pi D} \quad (1)$$



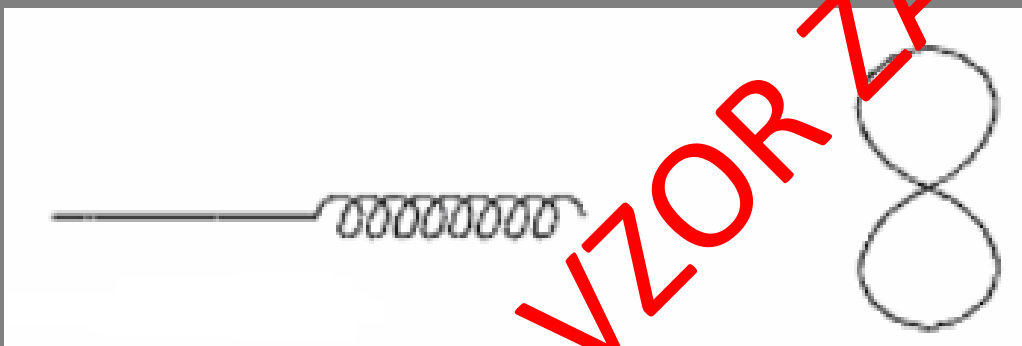
Obr. 1 Parametre špirálovej antény [1].

Špirálová anténa sa môže skladať z jednoduchého vodiča alebo zo zložených vodičov. Môže vyžarovať v niekoľkých módoch závislých na elektrickom priemere (priemer vo vzťahu k vlnovej dĺžke). Najbežnejší mód vyžarovania je osový mód vyžarovania. Hlavný lalok v osovom móde vyžarovania je pozdĺž osi. Postranné laloky sú relatívne malé. Vid' Obr. 2. Tento mód sa vyskytuje, keď je obvod  $C$  predpísaný v určitej vlnovej dĺžke.



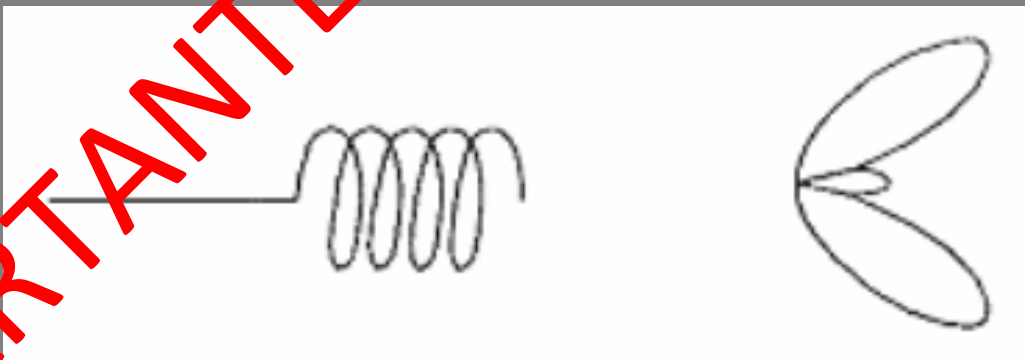
Obr. 2 Špirálová anténa s vyžarovacím diagramom v osovom móde[2].

Keď je priemer omnoho menší ako vlnová dĺžka, špirálová anténa pôsobí ako dipól. Potom táto anténa má všesmerový vyžarovací diagram kolmý na os. Tento mód sa nazýva normálny mód vyžarovania. Viď Obr. 3.



Obr. 3 Špirálová anténa s vyžarovacím diagramom v normálnom móde [2].

Vyššie rady módov sa vyskytujú, keď je priemer špirály väčší ako  $\lambda/3$ . Samostatný lalok osového módu sa rozštiepi do dvoch lalokov. Tento mód sa nazýva kužeľovitý mód. Viď Obr. 4.



Obr. 4 Špirálová anténa s vyžarovacím diagramom v kužeľovitom móde [2].

Špirálový osový mód má širokopásmovú impedančnú charakteristiku. Vyžarované elektrické pole je kruhovo polarizované. Navinutím špirály ako ľavostrannej skrutky sa získa pravostranná kruhová polarizácia vln. Najčastejší osový mód má špirály s rovnakým parametrom. Používaním špirál

s nerovnakým priemerom sa dosiahne väčšia šírka pásma a zlepší sa vyžarovacia charakteristika [2].

## 1.2. Reflektor

Reflexná plocha môže byť riešená priehlbínou alebo za reflexnú plochu môžeme predpokladať zemský povrch. Priehlbínou podkladané špirály sa uprednostňujú, pretože redukujú spätné vyžarovanie a zosilňujú predný zisk vyplývajúci zo zlepšeného predno-zadného pomeru. V typickej zostave pre rovnakú špirálu je koaxiálne napájanie pripojené k špirále cez pákové vedenie prispôsobovacieho transformátora [3].

Vodič, z ktorého je navinutá špirála by mohla byť rúrka, priečny prierez kruhu alebo plochý pásik a ako kostra sa používa ľahká valcovitá pena. VSWR (Napäťový pomer stojatej vlny), primerané k vstupnému prispôbeniu transformátora, je možné významne znížiť prirúčaním dvoch doplnkových kužeľovitých závitov na voľnom konci špirály. Tieto kužeľovité závitky znižujú VSWR potláčaním odrazených prúdov. Kritická frekvencia nastáva, keď je obvod špirály  $0,75\lambda$ . HPBW (Polovičný výkon vyžarovacieho uhla) pre uhol sklonu medzi  $12^\circ$  a  $15^\circ$  a špirálu o obvode  $C$  hodnoty  $0,67\lambda < C < 1,3\lambda$  môže byť daný vzťahom **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.:**

$$\theta = \frac{52}{\frac{C}{\lambda} \sqrt{\frac{NS}{\lambda}}} \quad (2)$$

Kde:

- $\theta$  je HPBW v stupňoch
- $C$  je obvod špirály v metroch
- $S$  je vzdialenosť medzi susednými špirálami v metroch
- $N$  je počet špirál

HPBW je empirický aproximáciou odvodený z odmeraných údajov zo špirály pri minimálne troch závitoch a šírke zväzku medzi  $30^\circ$  a  $60^\circ$ . Keď je obvod z povoleného intervalu vlnovej dĺžky ( $0,67\lambda < C < 1,3\lambda$ ), hraničná impedancia špirály je skoro odporová a odpor  $R_h$  (v rozsahu 20%) je daný ďalším empirickým vzťahom **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.:**

$$R_h = \frac{140C}{\lambda} \quad (3)$$

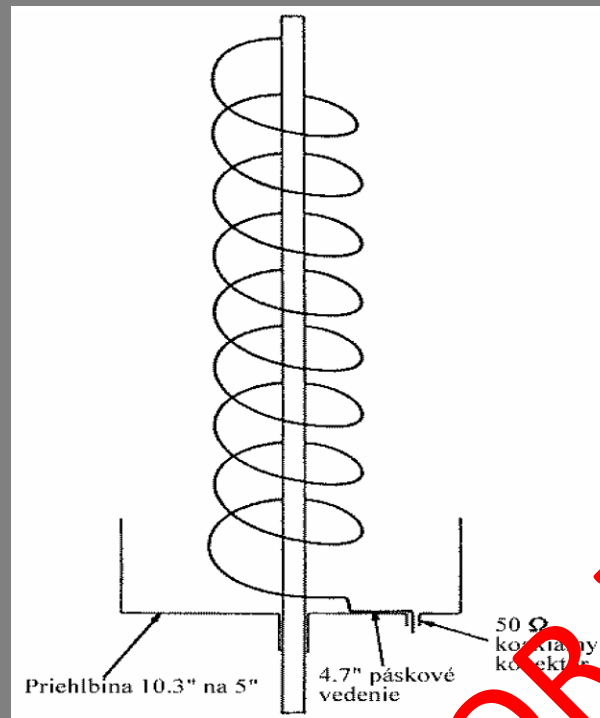
Hraničná impedancia špirály sa mení s frekvenciou, ale kolísanie bude menej výrazné pre špirálu s väčším počtom závitov ako pre špirálu s niekoľkými závitmi. Vyžarovací diagram môže byť získaný prvou aproximáciou s ohľadom na to, že špirála bude zložená z poľa  $N$  izotropických prvkov oddelených medzerou. Vyžarovací diagram poľa je výsledkom vyžarovania každého izotropného prvku. Izotropný prvok má vyžarovací diagram približne  $\cos\vartheta$  a pole má vyžarovací diagram taký istý ako rovnomerne iluminovaná apertúra. Je dané vzťahom (4):

$$E = A \left[ \cos\theta \frac{\sin\left(\frac{N\Psi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\Psi}{2}\right)} \right] \quad (4)$$

kde:

- $E$  je elektrické pole vo voltoch na meter,
- $N$  je počet závitov,
- $A$  je normalizačný faktor roviny  $\sin(\pi/2N)$ ,
- $\Psi = \cos(\vartheta - \delta)kS$ , kde  $k = 2\pi/l$  a  $\delta$  je závitmi narastajúca fáza, ktorá je rovná  $kLc/v$ , kde  $L$  je dĺžka jedného závitu,  $v$  je fázová rýchlosť okolo špirálovitého vodiča a  $c$  je rýchlosť svetla.

Zvyšovaním počtu závitov sa dosiahne užší väzok, ktorý je úmerný rastúcemu počtu závitov v poli alebo rastúcej apertúre antény. Špirálová anténa môže byť tiež navinutá z väčšieho počtu špirálových vodičov (dvojvláknová, viacvláknová špirála) [4].



Obr. 5 Mechanické rozloženie priehlbincu po nladanej špirály

### 1.3. Použitie a benefity

Špirálová anténa prenáša elektromagnetické vlny s kruhovou polarizáciou. Bude prijímať lineárne polarizované elektromagnetické vlny, v akkoľvek orientácii. Naopak bude zoslabovať signály s opačnou kruhovou polarizáciou. Špirálová anténa neprijme kruhovo polarizované vlny jedného typu, zatiaľ čo výborne prijíma vlny s druhou polarizáciou. Jednou z aplikácií špirálových antén je širokopásmová komunikácia [4]:

- WiFi,
- Staršie telefónne zariadenia,
- Radioamatérstvo,
- Radioteleskopia.

Ďalšou aplikáciou špirálových antén je sledovanie frekvenčného spektra. Jedna anténa môže prijímať signál cez širokú šírku pásma, napríklad v pomere 5:1 medzi maximálnou a minimálnou frekvenciou. Obvykle sa v tejto aplikácii používa dvojica špirálových antén, ktoré majú identické parametre okrem polarizácie, ktorá je na jednej anténe opačná ako na druhej. Špirálové antény sú užitočné pri mikrovlnovom smerovom hľadaní, napríklad radar [4].





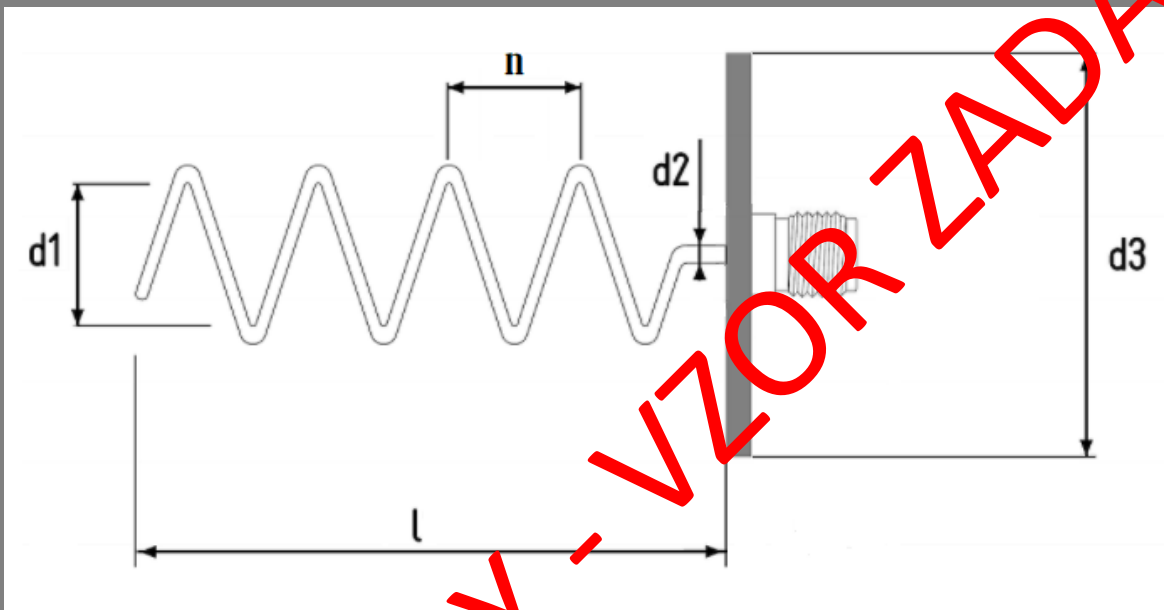
Obr. 6 Špirálové antény v rôznych zariadeniach

## 2. Návrh a analýza špirálovej antény

Špirálová anténa bola navrhnutá a zostrojená v programovom prostredí CAD FEKO a následne odsimulovaná v programovom prostredí POST FEKO. Návrh našej antény je bližšie rozobratý v nasledujúcich podkapitolách.

### 2.1. Návrh špirálovej antény

Táto časť obsahuje návrh špirálovej antény ktorý je zobrazený na Obr. 7.



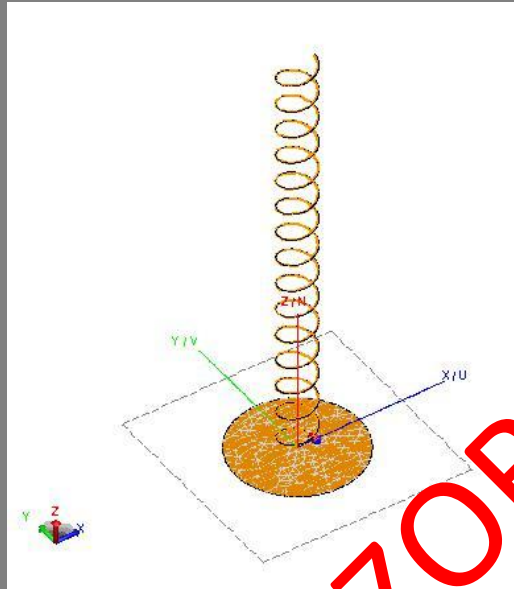
Obr. 7. Návrh špirálovej antény

Po návrhu špirálovej antény sme postupovali tak, že sme si určili parametre, ktoré by mala mať naša anténa a pomocou výpočtov sme získali parametre, ktoré sú zobrazené v Tab. 1. Na výpočet parametrov bola použité voľne dostupná online kalkulačka.

Tab. 1 Parametre navrhutej špirálovej antény

Názov	Hodnota
Frekvencia [MHz]	hodnota
Počet závitov n	hodnota
Priemer špirály d1 [mm]	hodnota
Dĺžka špirály l [mm]	hodnota
Hrúbka vodiča d2 [mm]	hodnota
Priemer disku d3 [mm]	hodnota
Vlnová dĺžka $\lambda$ [mm]	hodnota
Celkový zisk [dB]	hodnota

Anténu sme si zostrojili v programe CAD FEKO podľa parametrov, ktoré máme v Tab. 1. Výsledný návrh je zobrazený na Obr. 8. Následne sme odsimulovali navrhnutú anténu.



Obr. 8 Model simulovanej antény v programe CAD FEKO

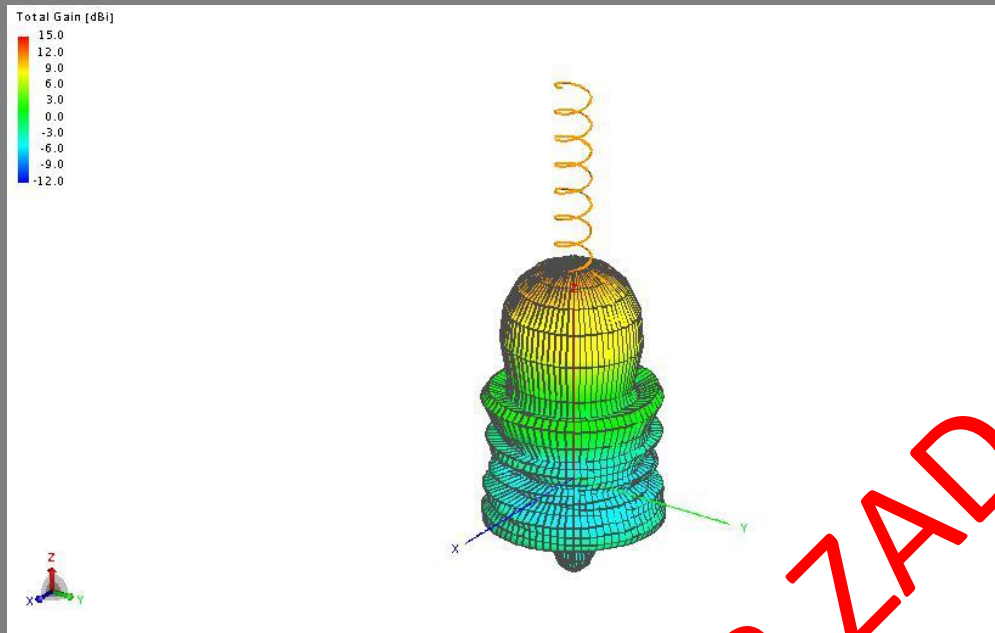
Nami navrhnutá špirálová anténa je napájaná priamo koaxiálnym vedením s impedanciou  $50 \Omega$ .

## 2.2. Analýza špirálovej antény

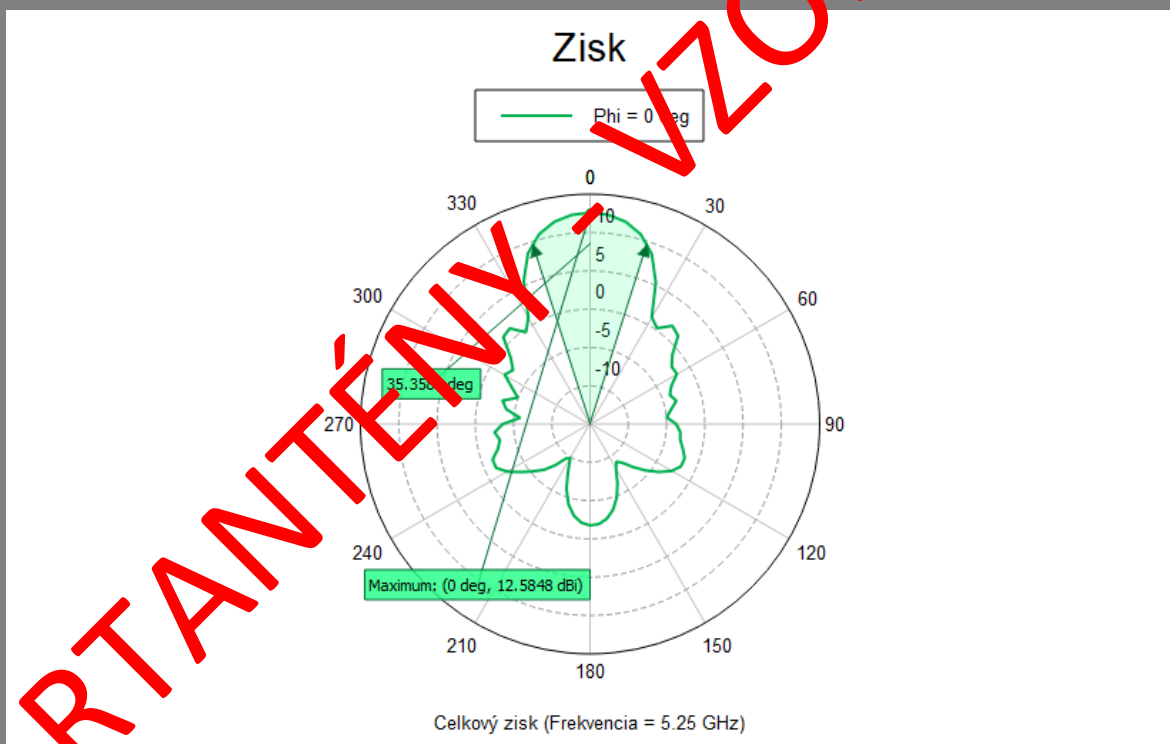
Táto časť sa zaoberá výsledkami simulovanej antény. Nasledujúce grafy nám určujú vlastností antény:

- celkovú vyžarovaciu charakteristiku (Obr. 9),
- vyžarovaciu charakteristiku v polárnom zobrazení (Obr. 12),
- $S_{1,1}$  parameter (Obr. 13),
- hodnotu vyžiareného výkonu vo vzťahu voči frekvencii (Obr. 14),
- vstupnú impedanciu antény vyjadrenú prostredníctvom Smithovho diagramu (Obr. 15).

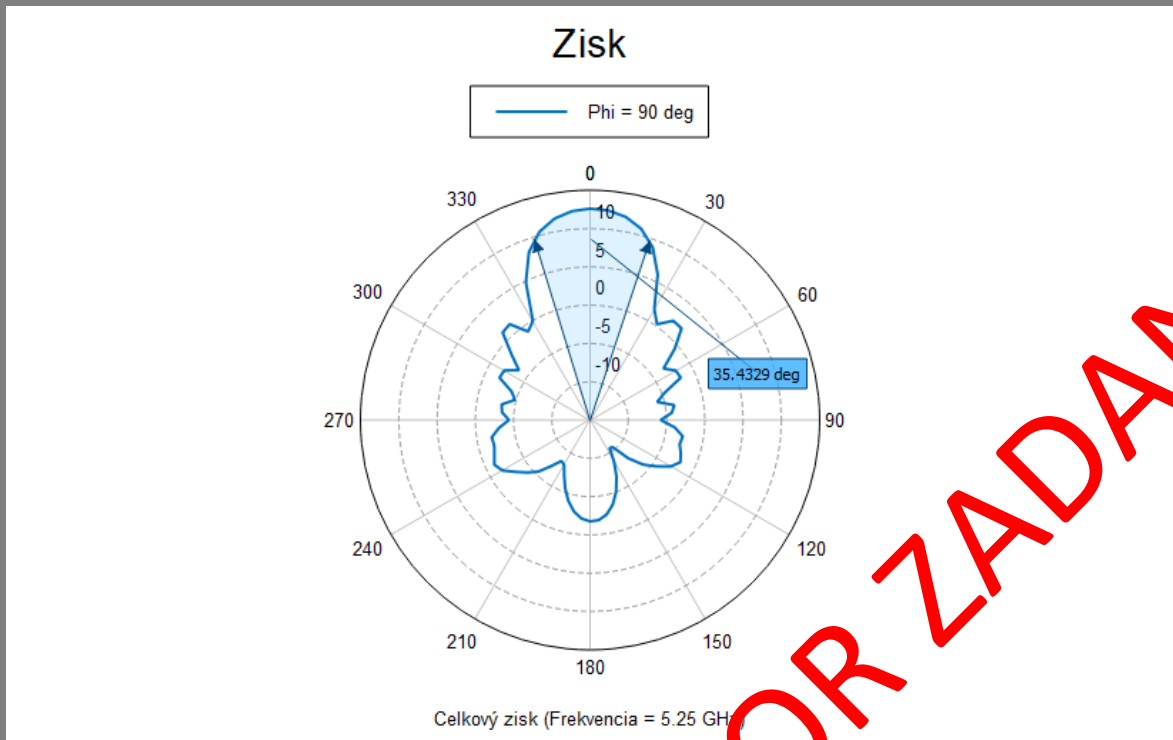
V nasledujúcom Obr. 9 je zobrazená celková vyžarovacia charakteristika špirálovej antény pre frekvenciu 5,25 GHz. Vidíme že najvyššia úroveň zosilnenia signálu je v hornom laloku. Simulácia prebehla pre frekvenčný rozsah simulácie Úroveň zosilnenia nám vyšla 15 dBi



Obr. 9 Model vyžarovacej charakteristiky simulovanej antény

Obr. 10 Vyžarovacia charakteristika v polárnom zobrazení pre  $\varphi=0^\circ$ 

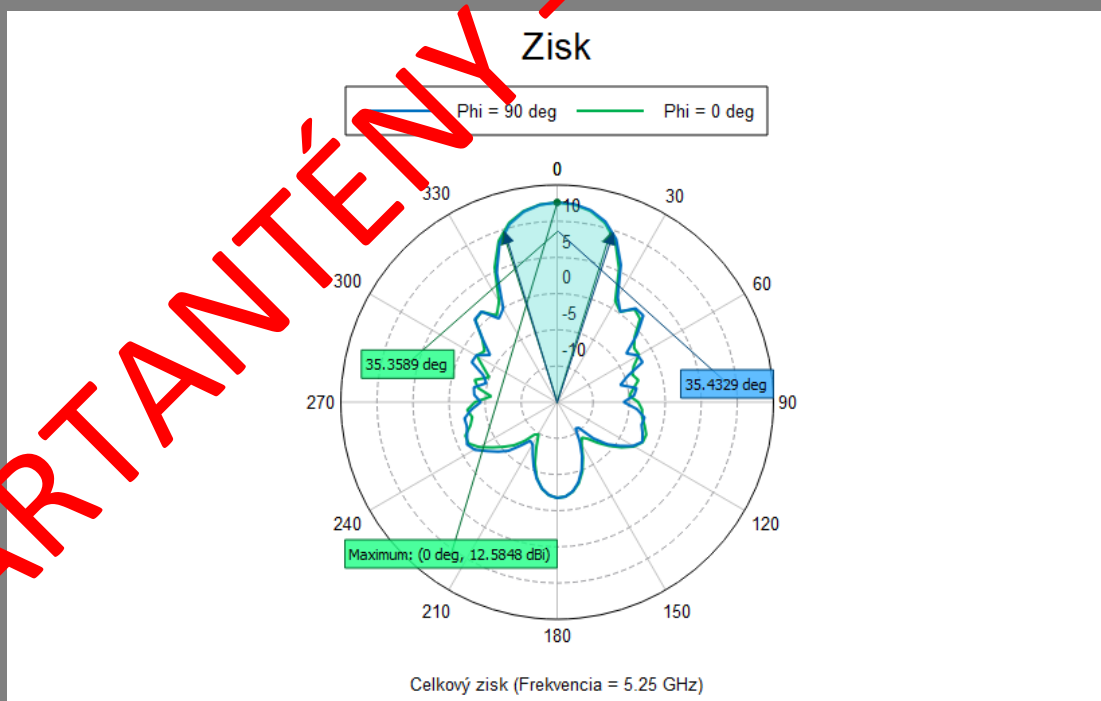
Vyžarovacia charakteristika v polárnom zobrazení nám udáva hodnotu vyžarovacieho uhla  $35,4^\circ$ . Maximálna hodnota zisku pre uhol  $\varphi=0^\circ$  je 12,58 dBi čo je oproti vypočítanej hodnote menšia hodnota, to je dané tým že vypočítaná hodnota bola daná pre ideálne podmienky.



Obr. 11 Vyžarovacia charakteristika v polárnom zobrazení pre  $\varphi=90^\circ$

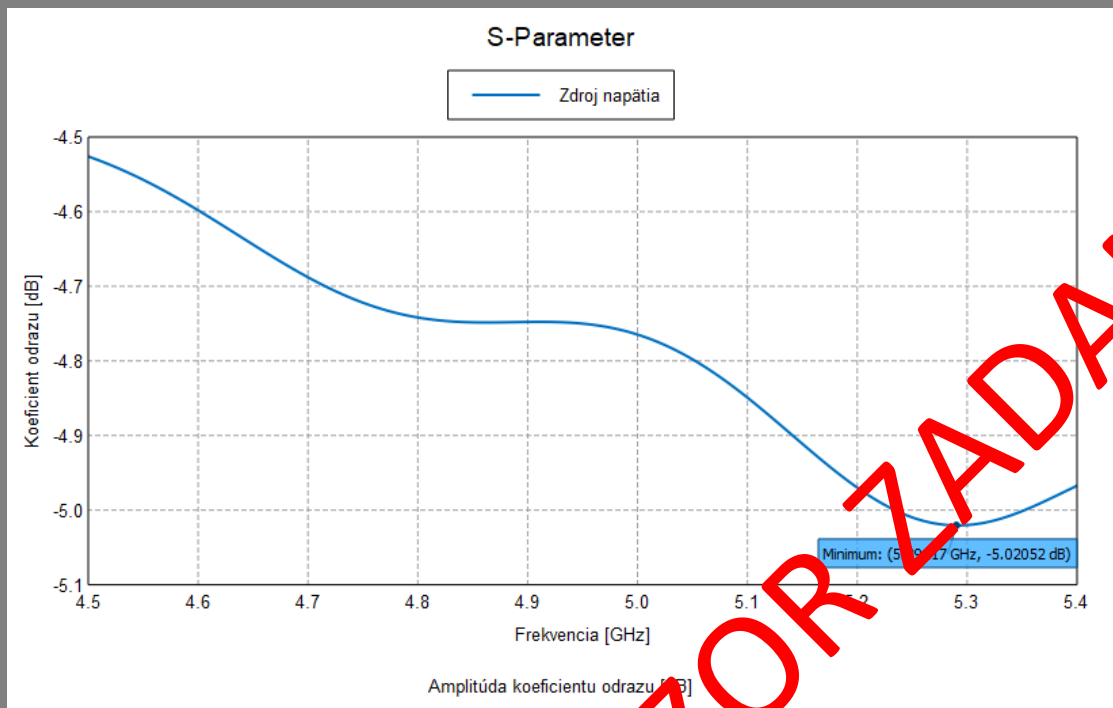
Vyžarovacia charakteristika v polárnom zobrazení nám taktiež udáva hodnotu vyžarovacieho uhla

35,4° ale tentokrát pre  $\varphi=90^\circ$ .

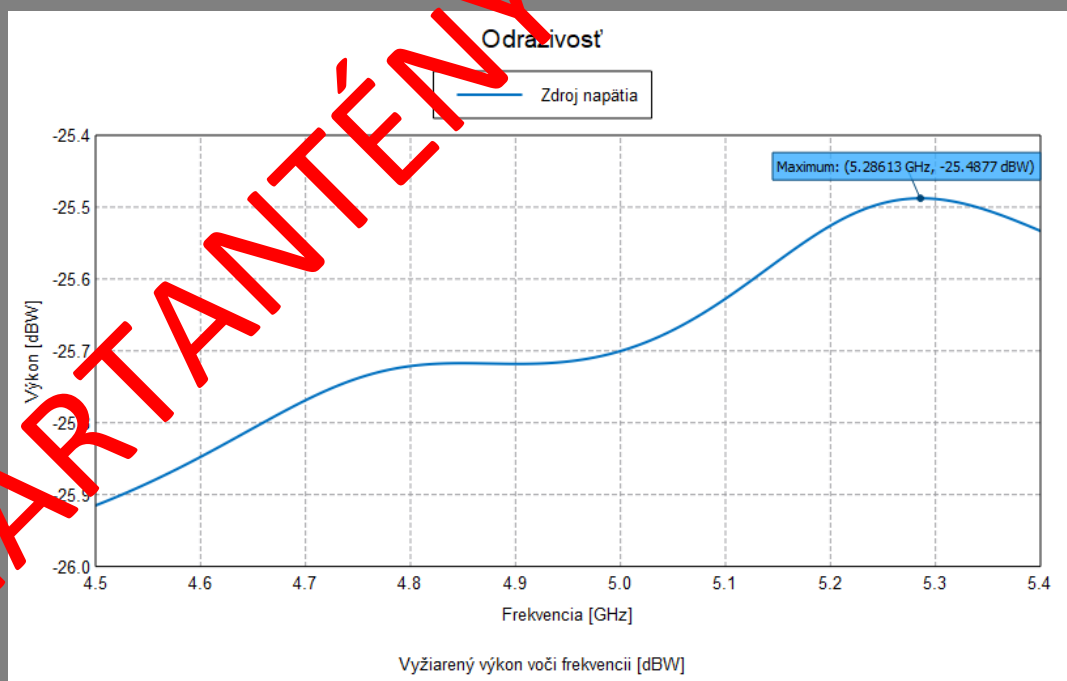


Obr. 12 Zisk simulovanej antény v dBi v polárnom zobrazení

Vidíme porovnanie pre  $\varphi=0^\circ$  a  $\varphi=90^\circ$ , môžeme vidieť že vyžarovací uhol sa nám zmenil iba minimálne.

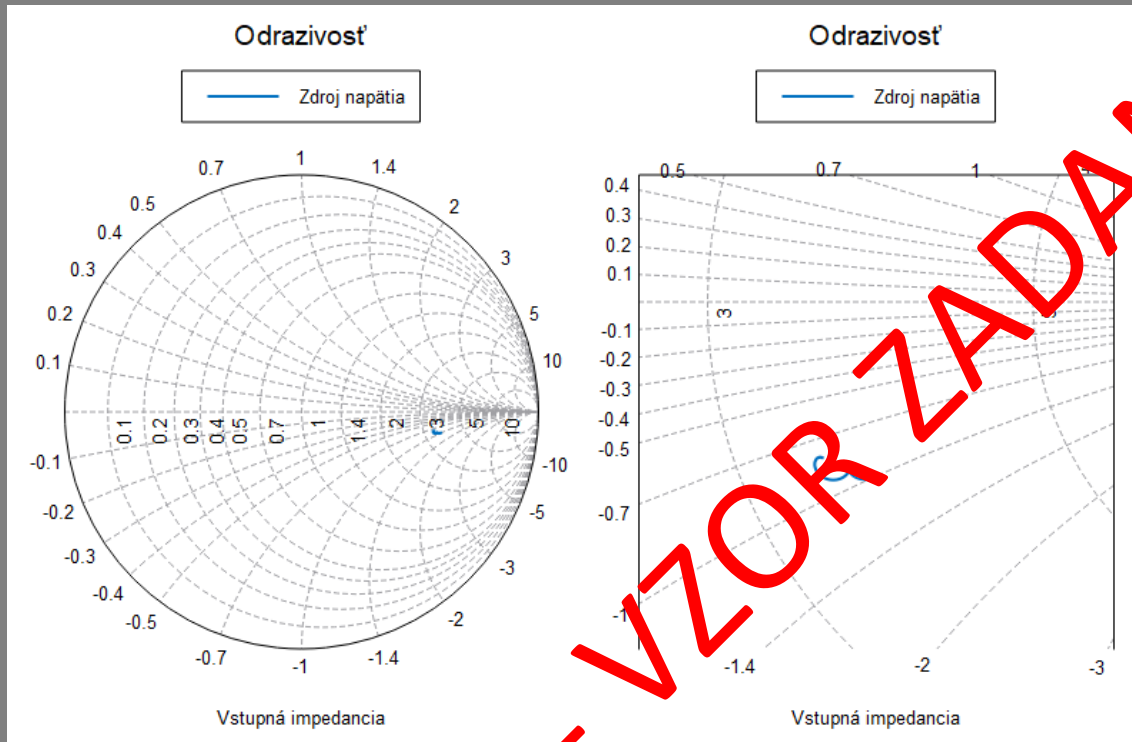
Obr. 13  $S_{1,1}$  parameter

Graf znázorňujúci  $S_{1,1}$  parameter nám udáva najnižšiu hodnotu koeficientu odrazu -5,02 dB pre frekvenciu 5,29 GHz.



Obr. 14 Hodnota výkonu vo vzťahu voči frekvencii

Graf výkonu voči frekvencií vyjadruje maximálnu hodnotu výkonu -25,49 dBW pre frekvenciu 5,29 GHz.



Obr. 15 Zobrazenie vstupnej impedancie pomocou Smithovho diagramu

Zobrazenie v Smithovom diagrame nám vyjadruje vstupnú impedanciu špirálovej antény. Na Obr. 15 vpravo máme približený Smithov diagram. Doplnené hodnoty ...

### 3. Záver

V tejto semestrálnej práci sme mali za úlohu navrhnúť, odsimulovať a následne zdokumentovať nami vybranú anténu. Zhodnotenie celej Vašej práce na zadaní.

SMARTANTÉNY - VZOR ZADANIA



## Zoznam použitej literatúry

- [1]. Ľ. Ovseník, J. Turán, „*Elektromagnetické vlny a antény (Vybrané prednášky)*“, 1. vyd., Košice: TU, 2017, 339s., ISBN 978-80-553-3156-0.
- [2]. Ľ. Ovseník, J. Turán, „*Elektromagnetické vlny a antény (Vybrané kapitoly)*“, 1. vyd., Košice: TU, 2017, 327s., ISBN 978-80-553-3154-6.
- [3]. S. J. Orfanidis, „*Electromagnetic Waves and Antennas*“, Rutgers University, 2008, 1023s., ISBN 978-0130938558.
- [4]. M. Márton, Ľ. Ovseník, „Long Term Monitoring Availability of FSO System“, *Journal of Modern Technology and Engineering*, Vol. 2, no. 2 (2017), p. 146-154, ISSN 2511-4836, 2017.
- [5]. M. Márton, Ľ. Ovseník, M. Špes, „Design of antenna in program environment FEKO“, *Annals of Faculty Engineering Hunedoara - International Journal of Engineering*, Vol. 15, no. 1 (2017), p. 169-174, ISSN 1584-2665, 2017.

SMARTANTÉNY - VZOR ZADANIA

## Prílohy

Príloha A: CD médium – seminárna práca v elektronickej podobe, návrh v programe FEKO.

SMARTANTÉNY - VZOR ZADANIA