

کاهش سطح گلبرگ فرعی آنتن رفلکتور سهموی با استفاده از عناصر دیسک شکل

محمد رضا درستی^۱، نسرين امیری^{*۲}

^۱ دانشگاه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

^۲ استادیار گروه مهندسی برق مخابرات، دانشکده برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

چکیده: در این مقاله روشی برای کنترل و کاهش سطح گلبرگ فرعی یک آنتن سهموی متقارن ارائه شده است. این کنترل بوسیله اضافه کردن سه عنصر دیسک شکل بر روی سطح آنتن رفلکتوری انجام می شود. با تنظیم محل قرارگیری و ارتفاع این عناصر، سطح گلبرگهای کناری عوض می شود. با این روش آنتنی در باند X طراحی شده است که خروجی الگوی تشعشی آن به گونه ای است که سطح اولین گلبرگ فرعی به نسبت پایین تری از سایر گلبرگ های فرعی قرار گیرد. همچنین نسبت موج ساکن^۱ $VSWR$ برای آنتن طراحی شده در سراسر محدوده فرکانسی پایین از ۱٫۸۲ می باشد. شبیه سازی های انجام گرفته نشان می دهد که سطح اولین گلبرگ فرعی در سمت راست الگوی تشعشی آنتن به میزان ۱۸ dB نسبت به آنتن رفلکتوری ساده با ابعاد و مشخصات مشابه، کاهش یافته و نسبت موج ساکن در محدوده فرکانسی (۱۱٫۵-۱۲٫۵GHz) بین $VSWR < 1.82 > 1.1$ بدست آمد.

کلمات کلیدی: آنتن رفلکتور سهموی، آنتن پارابولیک، آنتن هرمی، نسبت موج ساکن، گلبرگ فرعی

Sidelobe Level Suppression of a Parabolic Antenna Using Disc-Shaped Elements

Mahmoud Modaresi¹, Hamid Lesani²

Abstract: -In this paper a method for suppressing sidelobe level of parabolic antenna is proposed. Controlling the sidelobe is done by adding three disk-shaped elements on the surface of reflector antenna. Adjusting the location and height of the elements changes sidelobe level. Using the proposed method, an x-band antenna is designed with first sidelobe level lower than the other sidelobes. Also VSWR of antenna is lower than 1.82 in all frequency range. The simulation results shows the first sidelobe level in right side of radiation pattern antenna 18dB lower than the simple reflector antenna with same dimension and specification and $1.1 < VSWR < 1.82$ within frequency band (11.5GHz-12.5GHz).

Keywords: Sidelobe Suppression, Parabolic Antenna, Sidelobe, Voltage Standing Wave Ratio, Horn Antenna

*Corresponding Author's Email: mscfieldwave@gmail.com

1. voltage standing wave ratio

۱. مقدمه

کاهش 18dB) کاهش داد. با بکارگیری این روش دو دیسک، یکی با ارتفاع ثابت دیگری قابل تنظیم بوسیله پیستون، بر روی رفلکتور باند X در نظر گرفته می شود که علاوه بر اصلاح گلبرگ های کناری، مقدار VSWR را نیز بهبود می بخشد. نتایج شبیه سازی آنتن با وجود دیسک های کنترلی و بدون آنها با هم مقایسه می شود.

۲. ساختار آنتن

طراحی و شبیه سازی آنتن رفلکتور سهموی اولیه (بدون دیسک)

بعنوان شروع کار به طراحی و تحلیل یک مدل بهینه از آنتن پارابولیک در محدوده فرکانسی (11.5GHz-12.5GHz) با فرکانس مرکزی 12GHz پرداخته می شود. برای طراحی آنتن تغذیه از موجبر WR90 باند X استفاده می شود که دارای ابعاد $a=22.6\text{mm}$ و $b=10.16\text{mm}$ است. طول موج فرکانس مرکزی $\lambda_0 = c/f_0 = 2.5\text{cm}$ که بدین ترتیب ارتفاع یال (c) موجبر به دلخواه $2\lambda_0=5\text{cm}$ در نظر گرفته شده است. در شرایطی که گین مورد نیاز این آنتن 31dB فرض شود ابعاد دهانه موجبر و ارتفاع هرم از روابط (8)-(1)، مرجع [6]، محاسبه می شوند:

$$X = \frac{G}{2\pi\sqrt{2\pi}} \quad (1)$$

پارامتر G مقدار عددی گین آنتن هرمی (تغذیه) است که برای محاسبه آن، بهره آنتن هرمی برابر ۱۴dB در نظر گرفته شده است، $G = 10 \text{ Log} 14\text{dB} = 11.4$

$$10^{1.4} = 25.118$$

$$\rho_e = (X) \cdot (\lambda) = 3.97 \text{ cm} \quad (2)$$

$$\rho_h = \left(\frac{X}{\lambda}\right) \cdot (G^2/6\pi^3) \quad (3)$$

با بدست آوردن پارامترهای ρ_e و ρ_h ابعاد دهانه هرم آنتن تغذیه بصورت زیر خواهد بود:

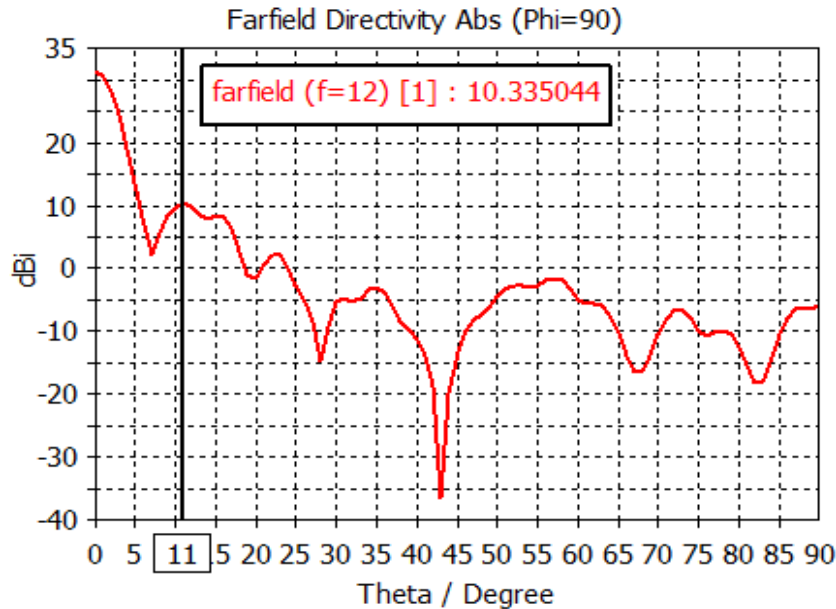
کاهش گلبرگ های فرعی آنتن همواره به عنوان هدفی مهم در طراحی مطرح است. آنتن های با رفلکتور سهموی بدلیل داشتن بهره بالا و امکان انتقال داده های با توان پایین یکی از مطلوب ترین آنتن ها در کاربردهای ماهواره ای و راداری می باشند. یکی از اشکالات وارد بر این نوع آنتن ها سطح نسبتا بالای گلبرگ های کناری است که در کاربرد این آنتن ها در سیستم های ماهواره ای و راداری ایجاد مشکل می نماید چرا که باعث عدم دقت در ردیابی و اعلام موقعیت هدف می شود. در سیستم های راداری هر چقدر سطح گلبرگ کناری پایین تر باشد، دریافت سیگنال های ناخواسته کمتر شده و آشکار سازی بهتری از اهداف صورت می گیرد [1]. در کاربردهای ماهواره ای برای بالا بردن گین آنتن و از بین بردن سایه آنتن تغذیه روی رفلکتور، آنتن تغذیه را جابجا می کنند. این جابجایی باعث بالا رفتن سطح گلبرگ های فرعی آنتن می شود. در مرجع [2] برای جبران این مساله و کاهش گلبرگ های فرعی از نوارهایی با مواد پراکنده ساز موج استفاده شده و گلبرگ فرعی به میزان 10dB کاهش یافته است. در [3] نیز با ایجاد تغییرات روی سطح رفلکتور و اضافه کردن رفلکتوری با رابطه سهموی متفاوت، به اندازه 8dB از سطح گلبرگ فرعی کاسته شده است. در [4] نیز طراحی و سنتز آنتن رفلکتوری با سطح گلبرگ فرعی پایین با استفاده از سطح مقاومتی رفلکتور مطرح گردیده است. برای اولین بار Danial Jacavano در [5] با ارائه روشی با بکارگیری دو دیسک مشابه بر روی سطح رفلکتور توانست تا 5dB از سطح اولین گلبرگ فرعی را کاهش دهد، وی با استفاده از این روش صفرهایی در الگوی تشعشعی آنتن بوجود آورد.

در این مقاله نشان خواهیم داد که با بکارگیری سه دیسک بر روی سطح رفلکتور می توان سطح اولین گلبرگ فرعی الگوی تشعشعی را به اندازه قابل توجهی (حدود

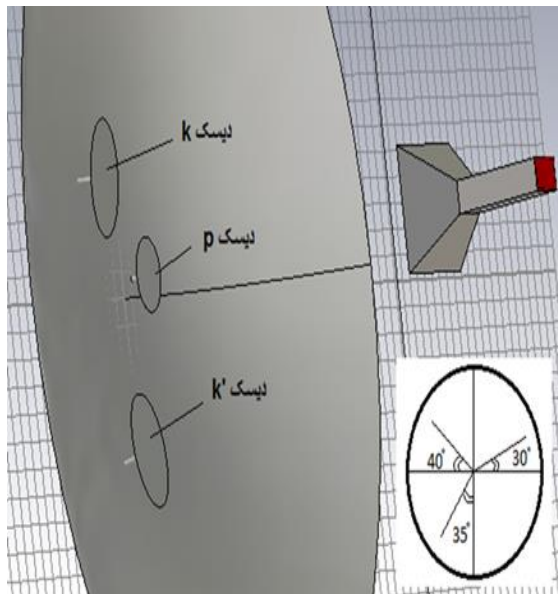
همچنین مقدار $c_1 = \lambda = 2.5 \text{ cm}$ می باشد. بنابراین با استفاده از پارامترهای محاسبه شده می توان قطر رفلکتور را محاسبه نمود.

$$a_1 = \sqrt{(3\lambda)(\rho h)} = 6.32 \text{ cm} \quad (4)$$

$$b_1 = \sqrt{(2\lambda)(\rho e)} = 4.45 \text{ cm} \quad (5)$$



شکل (۱). الگوی تشعشعی آنتن پارابولیک اولیه (بدون دیسک)



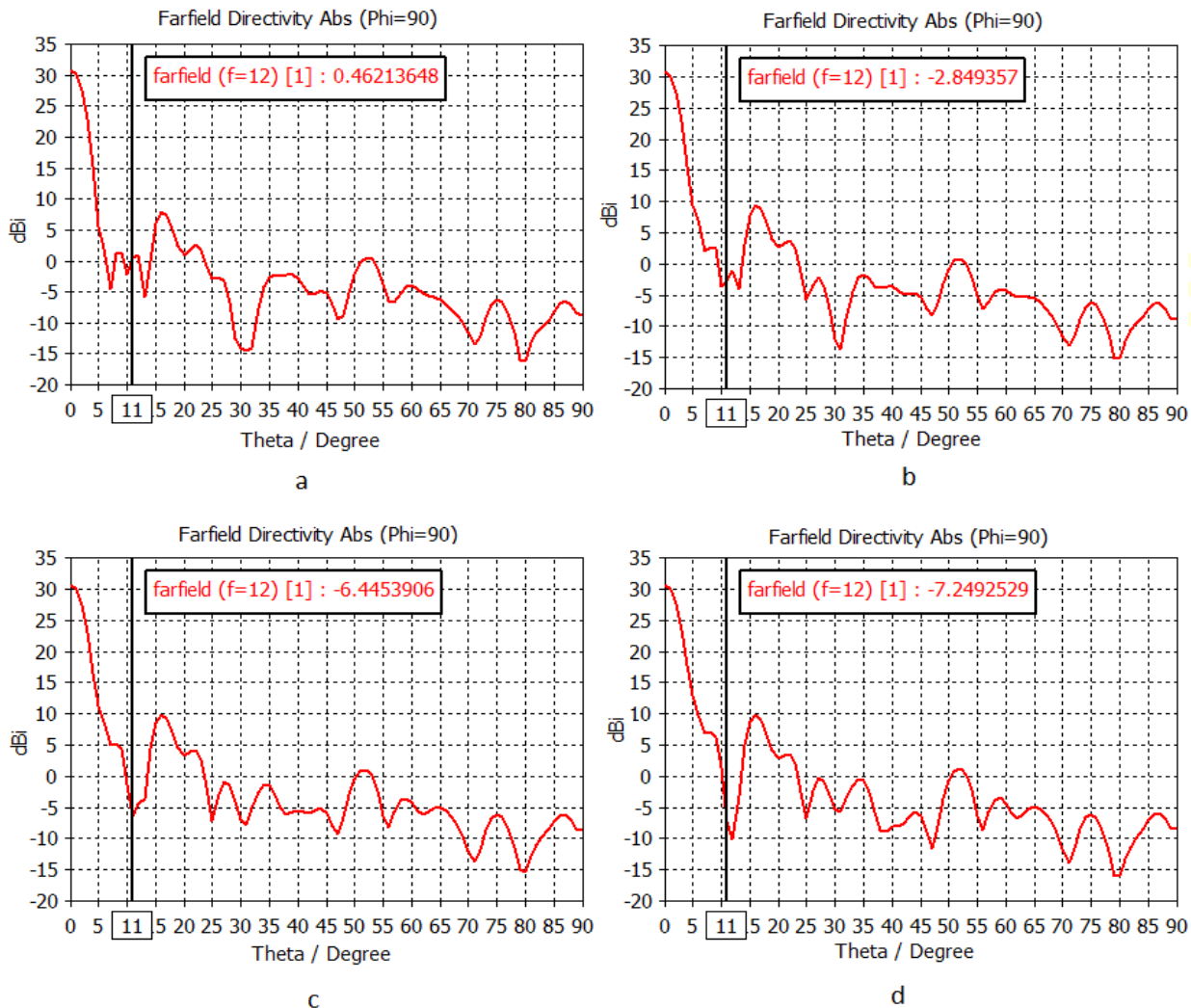
شکل (۲). موقعیت قرار گیری عناصر دیسک شکل بر روی صفحه رفلکتور

$$P_e = (b_1 - b)[(\rho e / b_1)^2 - 0.25]0.5 = 2.53 \text{ cm} \quad (6)$$

$$P_h = (a_1 - a)[(\rho e / a_1)^2 - 0.25]0.5 = 2.6 \text{ cm} \quad (7)$$

$$d = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{G}{\eta}} \approx 42.6 \quad (8)$$

پارامتر η ضریب بازدهی آنتن است و در آنتن های رفلکتوری بین 55% تا 70% در نظر گرفته می شود، که در این مقاله با مقدار 55% محاسبه شده است. قدم بعدی در طراحی، قرار دادن آنتن تغذیه در فاصله کانونی رفلکتور است، از آنجا که مرکز فاز در آنتن های هرمی بین راس و دهانه هرم قرار دارد در یک مدل بهینه فاصله دهانه آنتن تغذیه تا رفلکتور برابر 19.9mm در نظر گرفته می شود. خروجی نرم افزاری الگوی تشعشعی این آنتن بصورت شکل (1) می باشد.



شکل (۳). الگوی تشعشعی آنتن با سه دیسک (a) وقتی که دیسک K' در ارتفاع 1.5cm (b) وقتی که دیسک K' در ارتفاع 1.6cm (c) وقتی که دیسک K' در ارتفاع 1.7cm (d) وقتی که دیسک K' در ارتفاع 1.8cm قرار دارد.

گیری میله ها در نقطه اتصالشان با رفلکتور بصورت عمود بر سطح رفلکتور می باشد (عمود بر صفحه مماس بر رفلکتور در نقطه تماس).

دیسک P دارای شعاع 1.389cm و فاصله مرکز آن از مرکز رفلکتور به اندازه 1.389cm می باشد. دیسک K و K' نیز دارای شعاع 2.164cm که فاصله مرکز آن از مرکز رفلکتور برابر 6.762cm است. ضخامت هر سه دیسک برابر 1mm می باشد. موقعیت قرار گیری میله

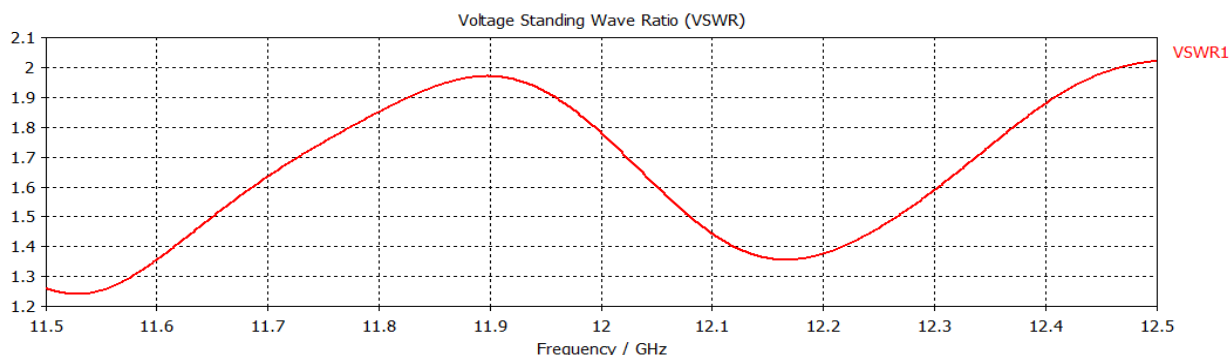
۲-۱- طراحی و شبیه سازی آنتن رفلکتور

سه‌موی با عناصر دیسک شکل

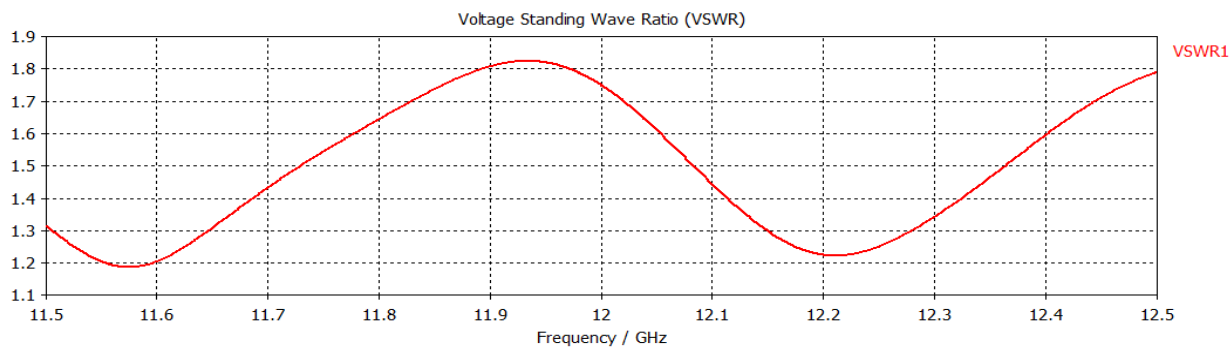
حال با توجه به گفته های پیشین هدف این است که با اضافه کردن عناصری در آنتن مذکور اولین گلبرگ کناری الگوی تشعشعی سرکوب شود. وجود این عناصر دیسک شکل که در شکل (2) نشان داده شده است باعث بهبود الگوی تابش آنتن می شود. دیسک ها به کمک میله های نگهدارنده به قطر 2mm در جلوی سطح رفلکتور نگه داشته می شوند، زاویه قرار

های K و P ثابت و ارتفاع دیسک K' بوسیله جعبه پیستون تعبیه شده در پشت رفلکتور متغیر می باشد، افزایش ارتفاع دیسک K' در بیشترین حالت از سطح رفلکتور به 1.8cm می رسد.

دیسک ها روی رفلکتور در شکل (2) نشان داده شده است. میله متصل به دیسک P دارای ارتفاع 1cm و میله های متصل به دیسک های K و K' دارای ارتفاع 1.5cm از سطح رفلکتور می باشند. در طراحی انجام شده ارتفاع دیسک



a



b

شکل (۴). نمودار نسبت موج ساکن (VSWR) (a) آنتن رفلکتوری اولیه (بدون دیسک) (b) آنتن رفلکتوری وقتی که دیسک K' در ارتفاع 1.8cm قرار دارد

$\theta = 11^\circ$ قرار دارد به اندازه حدوداً 10dB نسبت به حالت اولیه کاهش یافته است. با افزایش ارتفاع دیسک به مقدار 1.6cm ، سطح گلبرگ فرعی در این زاویه کاهش بیشتری نسبت به حالت قبل داشته و به مقدار 13.2dB می رسد. همچنین در ارتفاع 1.7cm این مقدار به 16.8dB کاهش پیدا کرده و در نهایت با قرار دادن دیسک در ارتفاع 1.8cm بیشترین کاهش سطح گلبرگ فرعی رخ می دهد که تقریباً 18dB است. در مقابل گین بدست آمده برای آنتن جدید نسبت به آنتن اولیه تقریباً 0.5dB کاهش داشته است که در

۳. بررسی نتایج

تحلیل الگوی تشعشی و نسبت موج ساکن این آنتن در چهار حالت که دیسک K' در ارتفاع 1.5cm ، 1.6cm ، 1.7cm و 1.8cm قرار دارد، انجام شده است. شکل (3) الگوی تشعشی آنتن را هنگامی که دیسک K' از ارتفاع 1.5cm تا 1.8cm است را نشان می دهد. از مقایسه بین الگوی تشعشی آنتن اولیه و الگوی تشعشی آنتن جدید هنگامی که دیسک در ارتفاع 1.5cm سطح رفلکتور واقع است، پیداست که گلبرگ فرعی که در

مراجع

- [1] Skolnik, Merrill I. "Radar Hand Book" Third Edition, McGraw-Hill, 2008
- [2] Ali Harmouch, Walid Kamali, and Chadi EL Moucary, "Sidelobe Reduction in Offset Dish Parabolic Antennas Using Metallic Scatters" The 29th PIERS 2011 in Marrakesh, Morocco, Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings, Marrakesh, Morocco, Mar.20-23, 2011 1835.
- [3] Schrank, H., "Low sidelobe reflector antennas," Antennas and Propagation Society Newsletter, Vol. 27, No. 2, 5{16, April 1985. Retrieved on January 26, 2008 from IEEE databases.
- [4] P. Venkatachalam, N. Gunasekaran and P. Ramanujam, "A parabolic reflector with asymmetric low sidelobes," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 32, no. 8, pp. 873-876, Aug 1984.
- [5] Danial Jacavano, "Reflector Antenna Having SideLobe Suppression Elements", United States Patent, Patent Number 4,631,547- 1986.
- [6] Balanis, C. A., Antenna Theory, 3rd Edition, New Jersey, Wiley, 2005.

مقابل کاهش 18dB در گلبه فرعی قابل چشم پوشی است.

شکل (4) نمودار نسبت موج ساکن (VSWR) بدست آمده برای آنتن اولیه (بدون دیسک) و آنتن جدید که دیسک K' در ارتفاع 1.8cm است را نمایش می دهد. با افزایش ارتفاع دیسک، نمودار VSWR به حالت مطلوب تری تبدیل می شود و سطح نمودار در بهترین حالت در محدوده $1.1 < VSWR < 1.82$ قرار می گیرد.

۴. نتیجه گیری

هدف از طرح این مقاله، طراحی و شبیه سازی نوعی آنتن رفلکتور سهموی در محدوده فرکانسی (11.5GHz- 12.5GHz) بود که در آن عناصری مدور و دیسک شکل بروی سطح رفلکتور تعبیه شد. وجود این عناصر دیسک شکل و تنظیم ارتفاع آن ها از سطح رفلکتور منجر شد تا اولین گلبه کناری در الگوی تشعشی آنتن که در زاویه $\theta = 11^\circ$ قرار داشت به میزان 18dB کاهش پیدا کند. همچنین نسبت موج ساکن برای آنتن مورد نظر بهبود خوبی نسبت به آنتن سهموی بدون دیسک پیدا کرد. این بهبود در الگوی تشعشی آنتن در مقابل از دست رفتن 0.5dB از گین آنتن بدست آمد که به نسبت کاهش گلبه فرعی آنتن قابل چشم پوشی است.