

مقدمه ای بر آنتنهای متناوب لگاریتمی Log Periodic Dipole Array

سیدمحمدرضا حسینی

دانشگاه شاهد

Smrh61@yahoo.com

چکیده :

در این مقاله به بررسی دسته ای از آنتنهای پهن باند موسوم به *log periodic antenna* می پردازیم. ویژگی عمده این آنتنهای پهن باند بالای آنها است. در این مقاله ابتدا نحوه طراحی اصول آنتنهای پهن باند را بیان کرده و گام به گام تا طراحی *log periodic antenna* پیش می رویم. سپس به بررسی این آنتنها بر روی *pcb* و کاربردهای این نوع طراحی در ادوات میکرومی پردازیم در پایان نوع جدیدی از این آنتنها را که به شکل حلقوی ساخته می شود را بررسی خواهیم کرد.

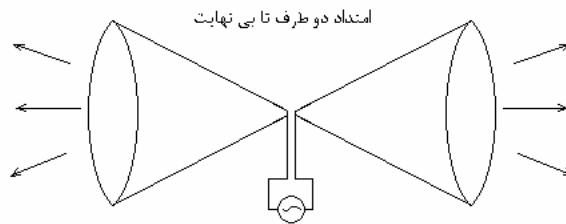
کلمات کلیدی : *log periodic antenna* , *LPDA* , *LPLA* , *wide band*

۱- مقدمه

با پیشرفت فن آوری و استفاده از وسایل ارتباطی بی سیم مانند موبایل ، پیجر و... لزوم بکار گیری ادوات با پهنای باند گسترده در کارهای مخابراتی احساس می شود . پهنای باند گسترده علاوه بر اینکه نیاز به دستگاه های دارد که در فرستنده و گیرنده به پردازش اطلاعات پردازد نیاز به آنتنهایی با پهنای باند بالا نیز دارد که بتواند اطلاعات را بدون تغییر ارسال و دریافت کند. یک دسته از آنتنهای با پهنای باند بالا آنتنهای متناوب لگاریتمی هستند. از ایده آنتنهای متناوب لگاریتمی در بسیاری موارد دیگر در ادوات میکروویو استفاده شده است.

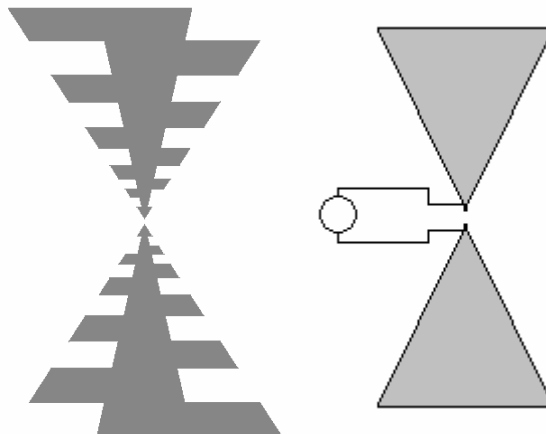
۲- گام به گام تا LPDA

در تئوری یک آنتن بدون محدودیت فرکانسی آنتنی است که توانایی جذب و دریافت هر فرکانسی را داشته باشد. این نوع آنتن می تواند دو مخروط بی نهایت باشد که بر روی هم قرار گرفته اند (شکل ۱) این آنتن مانند یک خط انتقال بینهایت محسوب میشود که در تمام فرکانسها کار می کند.



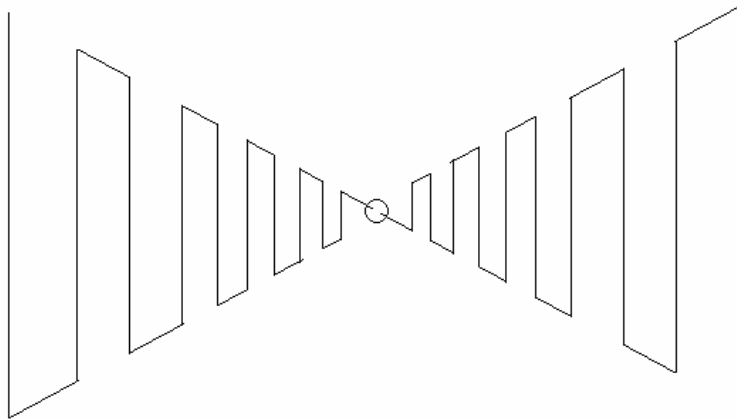
شکل ۱ آنتن دو مخروطی نامحدود

در عمل ساخت چنین آنتنی به خاطر بی نهایت بودن ابعاد آنتن امکان پذیر نیست. اما می توان با تقریب خوبی این آنتن را از لحاظ فیزیکی محدود کرد. هم چنین می توان این آنتن را از حالت سه بعدی خارج ساخته به صورت تخت در نظر بگیریم. (شکل ۲) این آنتن به آنتن پاپیونی معروف است که اغلب در گیرنده های تلویزیونی برای باند فرکانسی UHF بکار می رود، اما به خاطر وجود لبه های تیز و محدود بودن ابعاد بسیاری از خواص پهن باند بودن خود را از دست می دهد. بدین منظور و برای از بین بردن لبه های تیز زائده های را در دو طرف این آنتن ایجاد می کنیم. (شکل ۳) این کار باعث افزایش پهنای باند آنتن می شود.



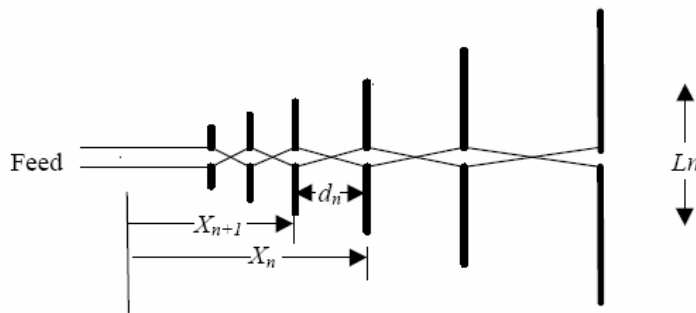
شکل ۲ (سمت راست) آنتن پاپیونی. شکل ۳ (سمت چپ) آنتن پاپیونی همراه با لبه های اضافی (آنتن دوزنقه ای دندانه دار متناوب لگاریتمی)

این آنتن دارای پترنی متقارن در دو سمت خود می باشد. در واقع نسبت خلفی به قدامی آن برابر یک می باشد. می توان این آنتن را از محور تا کرد تا پترن آن از حالت متقارن خارج شود. به این نوع از آنتن ها گونه ای گویند و جهت تشعشع این آنتن ها در راستای قاعده گوه می باشد. اما مشکل عمده در طراحی این آنتن ها به خصوص در فرکانسهای پایین ابعاد بزرگ صفحات و در نتیجه وزن سنگین و عدم مقاومت در برابر باد و سایر شرایط آب و هوایی است. می توان با بررسی مسیر حرکت جریان بر روی صفحات و حذف قسمتهایی که جریان کمتری دارند آنتن را سبکتر بسازیم در نهایت می توان این صفحات را با سیمهای که به ترتیب خاصی تا شده اند جایگزین کرد. (شکل ۴)



شکل ۴ آنتن سیمی دوزنقه ای متناوب لگاریتمی

این آنتن را نیز می توان تا کرد تا به شکل گوه ای درآورد. همچنین می توان دو تکه آنتن را بر روی هم قرار داده تا نسبت خلفی به قدمی بهتری بدست آوریم اما باید نحوه حرکت جریان در سیمها را در هر دو تکه آنتن در نظر داشته باشیم با ملاحظه جهت جریان در سیمها و قسمتهای در کنارهم قرار گرفته متوجه می شویم. مسیر حرکت جریان در این سیمها عکس یکدیگر است لذا باید نحوه تغذیه این سیمها به گونه ای باشد که این شرایط تامین شود. بهترین راه تعویض پیاپی جهت تغذیه است. شکل زیر نوع تغذیه مناسب را تامین می کند (شکل ۵)



شکل ۵ آنتن متناوب لگاریتمی

۳- طراحی Log Periodic Dipole Array

شکل ۵ در واقع آرایه از آنتنهاست که با ترتیب خاصی تغذیه شده است این آرایه ها به نام آرایه دو قطبی متناوب لگاریتمی Log Periodic Dipole Array یا به اختصار LPDA شناخته می شوند این آرایه متشکل از دو قطبی های موازی با تغذیه سری بوده که طول دو قطبی و همچنین فاصله آن تا دو قطبی بعدی از نقطه تغذیه واقع در راس آرایه بسوی انتهایش بتدریج و متوالیاً افزایش می یابد. توجه کنید که تغذیه هر عنصر با عنصر مجاور ۱۸۰ درجه اختلاف فاز دارد. LPDA ها در واقع یک آنتن سیمی متناوب دوزنقه ای مانند شکل ۴ بوده که بر روی خود خوابانیده شده و یک گوه با زاویه صفر ایجاد کرده است. مشخصات عمومی این آنتنها شامل gain مقاومت ورودی نسبت خلفی به قدمی (front to back ratio) در پهنای باند کاری آنتن تقریباً ثابت است و یا تغییرات کمی دارد.

یک LPDA مناسب می تواند برای باندهای HF تا VHF طراحی شود. LPDA ها معمولاً VSWR پایینی (معمولاً کمتر از ۲ به ۱) را در باند فرکانسی پهن خود نشان می دهند همچنین دایرکتیوی این آنتنها معمولاً در حد

9.5 db می باشد. فرکانس های کاری آنتن به صورت متناوب در پهنای باند آنتن تغییر می کند. به عنوان مثال اگر کمترین فرکانس کاری آنتن F1 و F2 فرکانس کاری بعدی آنتن با رابطه زیر تعیین می شود.

$$f_1 = f_1 / \tau$$

τ ثابتی است که معمولاً از یک کمتر است. فرکانسهای بعدی آنتن به شکل زیر تعریف می شود.

$$f_3 = f_1 / \tau^2$$

$$f_4 = f_1 / \tau^3$$

•
•
•

$$f_n = f_1 / \tau^{n-1}$$

$$n = 1, 2, 3, \dots, n$$

F_n بالاترین فرکانس کاری آنتن است.

τ ثابتی است که سایر پارامترهای آنتن مانند l, d, f را تعیین می کند.

L طول هر از دو قطبی ها و d فاصله بین عناصر می باشد.

طول عناصر l با رابطه زیر تعیین می شود.

$$l_2 = l_1 / \tau$$

$$l_3 = l_2 / \tau = l_1 / \tau^2$$

•
•
•

$$l_n = l_1 / \tau^{n-1}$$

که l_1 طول کوتاه ترین عنصر می باشد.

همچنین فاصله عناصر با روابط زیر تعیین می شود.

$$d_{2 \leftarrow 3} = \tau d_{1 \leftarrow 2}$$

$$d_{3 \leftarrow 4} = \tau d_{2 \leftarrow 3}$$

•
•
•

$$d_{(n-1) \leftarrow n} = \tau d_{(n-2) \leftarrow (n-1)}$$

که در آن $d_{2 \leftarrow 3}$ فاصله بین عنصر دوم و سوم است. با استفاده از این روابط می توان به طراحی آنتن پرداخت

۴- اصول کار

عناصری که نزدیک به تغذیه آنتن هستند با 180° درجه اختلاف فاز تقریباً تشعشع همدیگر را خنثی می کنند هنگامی که فاصله بین عناصر بیشتر می شود 180° درجه اختلاف فاز ناشی از جابجایی تغذیه با اختلاف فاز ناشی از فاصله جمع شده در نهایت 360° درجه اختلاف فاز ایجاد می کند. که باعث می شود دو عنصر مجاور در فاز یکسان قرار گیرد و در یک جهت تشعشع کنند.

فرض کنید یک LPDA با ۱۲ عنصر داشته باشیم. جریان تغذیه شامل قسمت های حقیقی و موهومی می باشد قسمت حقیقی جریان در عنصرهای مقاومتی و جریانهای موهومی در عنصر های موهومی جاری می شود. باز فرض کنید در فرکانس کاری ما اندازه عنصر شماره ۶ تقریباً نزدیک به نصف طول موج باشد .

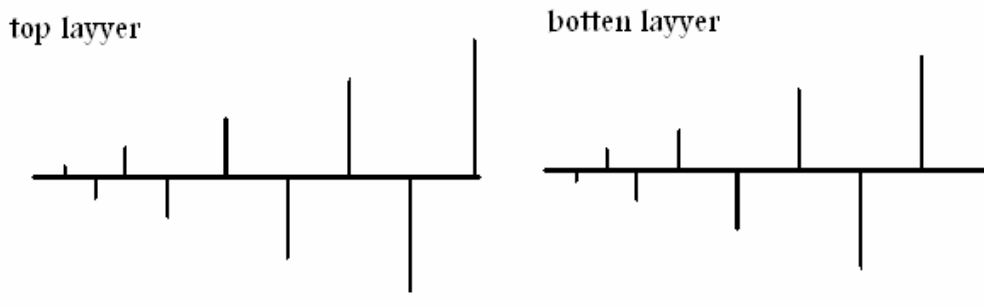
در این طول موج عناصر کوچکتر همچون ۷ تا ۱۲ خاصیت خازنی دارند و عناصر بزرگتر همچون ۱ تا ۶ خاصیت سلفی از خود نشان میدهند .

قسمت خازنی جریان در عناصر شماره ۹ تا ۱۰ جاری میشود این عناصر توان حقیقی ناچیزی از منبع دریافت می کنند و به عنوان هدایت کننده عمل می کنند. (parasitic directors)

قسمت سلفی جریان در عناصر ۴ و ۵ جاری می شود این عناصر نیز توان حقیقی ناچیزی از منبع دریافت می کنند و به عنوان باز تابنده عمل خواهند کرد (parasitic reflector). عناصر ۶ و ۷ و ۸ اکثر جریان منبع را دریافت می کنند و به عنوان عناصر اصلی تغذیه می شوند. جریانی که در بقیه عناصر جاری می شود بسیار کم بوده به طوری که می توان از آنها صرفه نظر کرد. در مجموع می توان گفت که یک آنتن یاگی با ۷ عنصر داریم که شامل عناصر درایو شده بازتابنده و هدایت کننده ها می باشد

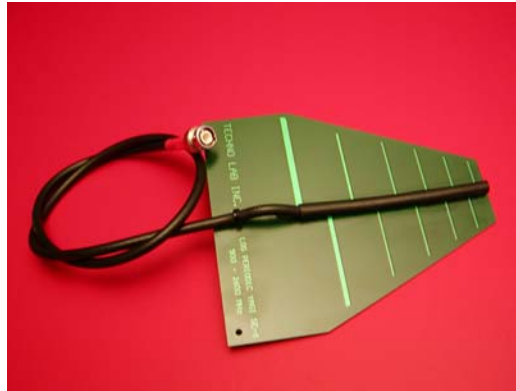
۵-طراحی بر روی pcb

در فضای آزاد با وجود ضریب گذردهی برابر با یک ابعاد آنتن بزرگ می شود. اما می توان با انتخاب فیبر مناسب که ضریب گذردهی بالایی داشته باشد می توان ابعاد آنتن را کاهش داد. این کار دقیقاً مانند عملی است که در آنتنهای میکرواستیپ انجام می دهیم. در این نوع از آنتنها با استفاده از روابط قبلی خطوط رسانا را بر روی pcb قرار می دهیم نکته مهم در طراحی آنتن های LPDA تعویض پیاپی تغذیه است استفاده از via و jumper در این طراحی شاید خیلی منطقی نباشد ولی می توان pcb را دو رویه طراحی کرد به گونه ای که کلیه شاخه های که توسط یک قطب منبع، تغذیه می شوند در یک طرف و بقیه شاخه ها در طرف دیگر قرار گیرند شکل زیر (شکل ۶) نوع این طراحی را نشان می دهد.



شکل ۶ نمایی از در رویه pcb

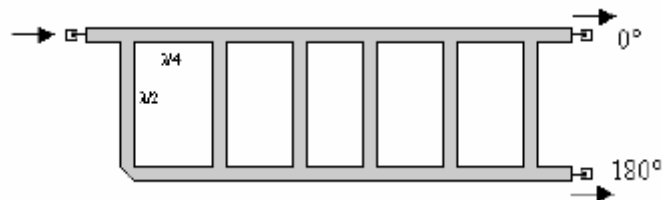
تمامی روابط قبلی برای این آنتن نیز برقرار است در حالیکه ابعاد آنتن متناسب با ضریب گذردهی کاهش پیدا کرده است در شکل ۷ نمونه ای عملی از این آنتن ها را مشاهده می کنید.



شکل ۷ یک نمونه عملی LPLA بر روی pcb

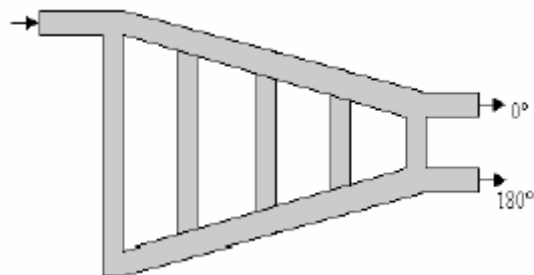
۶- کاربرد LPA ها در ادوات میکروبو

در بعضی از وسایل مخابراتی نیاز به بالون های با قابلیت جدا سازی سیگنال با اختلاف فاز 180° داریم. شکل زیر نوعی از این بالون ها را نشان میدهد. این بالون از ۶ قسمت به طول $\lambda/2$ که هر یک $\lambda/4$ از هم فاصله دارند تشکیل شده است. پهنای باند این بالون معادل 31% است.

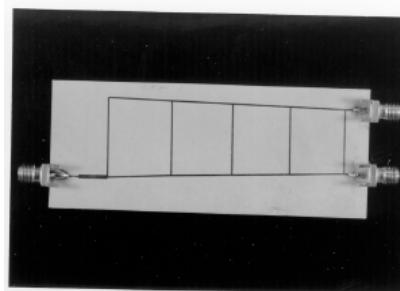


شکل ۸ بالون با قابلیت جداسازی صفر و 180° درجه

بالون متناوب لگاریتمی نیز از چند قسمت نیم موج که اندازه آنها با ثابت τ تغییر می کند ساخته شده است این بالون پهنای باند بیشتری نسبت به نوع معمولی دارد. پهنای باند این بالون در حد یک اکتاو می باشد. طراحی این نوع از بالونها نیز همانند طراحی آنتنهای متناوب لگاریتمی بر روی pcb می باشد.



شکل ۹ بالون با استفاده تئوری LPDA و پهنای باند بالا



شکل ۱۰ یک نمونه عملی از بالون LPDA

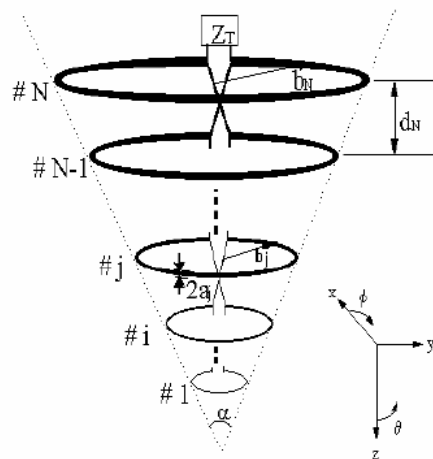
۷- آنتن های متناوب لگاریتمی حلقوی

در بخشهای پیش به بررسی انواع آنتنهای متناوب لگاریتمی پرداختیم در این بخش با نوع جدیدی از آنتنهای متناوب لگاریتمی یعنی آنتن های متناوب حلقوی آشنا خواهیم شد. آنتن های متناوب حلقوی از این لحاظ دارای اهمیت هستند که اندازه این آنتنها نسبت به آنتنهای قبلی در یک فرکانس مشترک کوچکتر است. این کوچکتر بودن به خصوص در فرکانسهای پایین که طول موج به شدت افزایش می یابد بسیار پر اهمیت می باشد. همچنین با اضافه کردن صفحه زمین در این آنتنها می توان گین مناسب تری نسبت به انواع مشابه پیدا کرد. تمامی این مزایا باعث می شود که محاسبات پیچیده وسخت آنتنهای حلقوی را انجام دهیم تا آنتن بهتری نسبت به موارد قبلی داشته باشیم. روش کلی برای تحلیل این آنتنها ابتدا محاسبه میدان مغناطیسی یک تک حلقه از طریق بردار مغناطیسی می باشد. در این شرایط و بادر نظر گرفتن یک جریان سینوسی در روی حلقه می توان میدان های farfield در E-plane , H-plane را بدست آورد. داریم

$$E_{\theta} = -\frac{\eta(\beta b)p(j)^p I_p \sin(p\phi) \cos\theta e^{-j\beta r}}{2} \frac{J_p(w)}{r w}$$

$$E_{\phi} = -\frac{\eta(\beta b)(j)^p I_p \cos(p\phi) e^{-j\beta r}}{2} \frac{J'_p(w)}{r}$$

که در آن $w = \beta b \sin\theta$ و J_p به بسل مرتبه اول می باشد. یک LPLA یک آرایه با تعدادی حلقه می باشد. پارامترهای که آرایه با آن تعریف می شود. عبارتند از τ فاکتور اندازه σ فاکتور فاصله و α زاویه آنتن. در شکل زیر یک نمونه از این آنتنها را مشاهده می کنیم.



شکل ۱۱ یک نمونه آنتن حلقوی متناوب لگاریتمی

۱- تحلیل و طراحی آنتن - استاتزمن-دانشگاه علم و صنعت

2- http://palgong.kyungpook.ac.kr/~ysyoon/Pdf/weif_03.pdf

3-http://www.waves.utoronto.ca/prof/Balmain/pdffiles/comp_log_per.pdf

4-<http://www.waves.utoronto.ca/prof/Balmain/pdffiles/asymmetry.pdf>

5-[http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-080699-](http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-080699-180221/unrestricted/ETD_LPLA.pdf)

[180221/unrestricted/ETD_LPLA.pdf](http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-080699-180221/unrestricted/ETD_LPLA.pdf)

