



دانشگاه زنجان

دانشکده فنی مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

مخابرات

عنوان :

MEMS

آرایش پذیر با سوئیچ

استاد راهنما:

دکتر زلفخانی

نگارش:

محمد سبکیان

آبان ۸۷

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

چکیده:

دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

آنتن‌ها اجزای ضروری ارتباطات و سیستم‌های مخابراتی هستند. این اجزای مهم همانند دیگر فناوری‌های موجود در حال پیشرفت و ترقی هستند. پیشرفت فناوری‌های مربوط به آنتن در دو زمینه مختلف مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

سوئیچ‌های RF MEMS و Reconfigurable Antenna تحولی عظیم در مخابرات بی‌سیم را به وجود آورده است.

برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

آنتن Reconfigurable یا آنتن آرایش‌پذیر (با قابلیت باز پیکربندی) آنتنی است که با اعمال حرکات مکانیکی یا تغییرات الکتریکی و ... تغییرات سودمندی در ویژگی‌های مهم مربوط به خود را پذیرا باشد. هنگامی که آنتنی آرایش‌پذیر می‌شود (برای مثال آرایش‌پذیر در فرکانس) هزینه، ابعاد و ... برای سیستم‌های کلی دچار کاهش خواهد شد.

برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

کوچک‌سازی (miniturization) یکی از اهداف فناوری‌های گوناگون بوده و هست و همواره برای پیاده‌سازی یک طرح پیشنهادی برای تولید انبوه از نظر اقتصادی با مشکل مواجه هستند. از اینرو آنتن‌های آرایش‌پذیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است، اگر چه هنوز آنتن‌های آرایش‌پذیر دچار چالش‌های فراوانی است (برای مثال ساخت شبکه‌های تطبیق مناسب برای این ساختارها).

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

در این پایان‌نامه سعی شده است ضمن اشاره به مفاهیم پایه فناوری مذکور، شبیه‌سازی این آنتن‌ها نیز انجام گیرد.

مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

در فصل اول، مختصری از پارامترهای مهم مربوط به آنتن معرفی شده است. در فصل دوم، سوئیچ‌ها که یکی از عناصر مهم و کلیدی در سیستم‌های مخابراتی (برای هدایت سیگنال گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان) ها در مسیر درست) هستند، معرفی شده و یک نمونه از سوئیچ RF MEMS شبیه‌سازی شده است.

برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

در فصل سوم، آنتن‌های آرایش‌پذیر از قبیل آنتن‌های آرایش‌پذیر در فرکانس، آنتن‌های آرایش‌پذیر مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

درپترن و ... برای انواع مختلفی از آنتن‌ها بیان می‌گردد.

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

در فصل چهارم پیشنهادات و نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده در زمینه‌ی آرایش‌پذیری در فرکانس

آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

آورده شده است.

پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۱-۱ مقدمه

از زمان‌های قدیم، بشر برای بیان افکار و احتیاجاتش به دیگران روش‌های مختلفی را ابداع نموده است. در دوران اولیه، که بشر در قبایل کوچک در مناطق پراکنده‌ی جغرافیایی زندگی می‌کرد، ارتباطات در میان قبیله از طریق صحبت، ایما و اشاره و سمبل‌های تصویری برقرار می‌شد. با گسترش قبایل و پیشرفت تمدن‌ها در مناطق بزرگ جغرافیایی، ضرورت ارتباط راه دور، روز افزون گردید. تلاش‌های اولیه در مورد ارتباط راه دور شامل پیشرفت سیگنال‌های دودی، اشعه‌ی نورانی، کبوترهای نامه‌بر و مبادله‌ی نامه به طرق مختلف می‌شد. تنها در تاریخ اخیر بشر است که طیف الکترومغناطیسی خارج از ناحیه‌ی مرئی برای ارتباطات راه دور از طریق امواج رادیویی به کار برده شده است.

آنتن رادیویی یک قطعه‌ی اساسی در هر سیستم رادیویی می‌باشد. یک آنتن رادیویی، ابزاری است که امکان تشعشع یا دریافت امواج رادیویی را فراهم می‌سازد. به عبارت دیگر، یک آنتن یک موج هدایت شده روی یک خط انتقال را به یک موج فضای آزاد در حالت ارسال و بر عکس در حالت دریافت تبدیل می‌کند. بنابراین، اطلاعات می‌تواند بدون هیچ‌گونه ساختار و وسیله‌ی واسطه‌ای بین نقاط و محل‌های مختلف انتقال یابد. فرکانس‌های امواج الکترومغناطیسی حامل این اطلاعات طیف الکترومغناطیسی را تشکیل می‌دهد.

یکی از بزرگ‌ترین منابع انسان طیف الکترومغناطیسی است و آنتن‌ها در استفاده از این منبع طبیعی نقش اساسی را ایفا می‌کنند.

مبنای نظری آنتن‌ها بر معادلات ماکسول، استوار است. "جیمز کلارک ماکسول" در سال ۱۸۶۴ در حضور انجمن سلطنتی انگلستان نظریه‌ی خود را ارائه داد مبنی بر اینکه نور و امواج الکترومغناطیسی پدیده‌های فیزیکی یکسانی هستند. بعدها فیزیک‌دان آلمانی "هاینریش هرتز"^۲ صدق ادعای ماکسول را اثبات کرد. برای اطلاعات بیشتر در مورد معادلات ماکسول می‌توانید به بخش (۱-۲) مراجعه فرمایید.

حال، نظر خود را به کاربردهای آنتن‌ها معطوف می‌کنیم. انتقال انرژی الکترومغناطیسی می‌تواند توسط نوعی از ساختارهای هدایت‌کننده امواج (مانند یک خط انتقال) صورت گیرد و یا می‌تواند از طریق آنتن‌های فرستنده و گیرنده بدون هیچ‌گونه ساختار هدایت‌کننده‌ی واسطه انجام گیرد. به طور کلی، خطوط انتقال در فرکانس‌های پایین و فواصل کوتاه عملی هستند. با افزایش فواصل و فرکانس‌ها تلفات سیگنال و هزینه‌های کاربرد خطوط انتقال بیشتر می‌شود و در نتیجه استفاده از آنتن‌ها ارجحیت می‌یابد.

در ادامه به مرور مفاهیم اولیه آنتن خواهیم پرداخت. هم‌چنین در پایان این فصل مروری خواهیم داشت بر مبانی مخابرات سیار و با مفاهیم اولیه‌ی آن به صورت مختصر، آشنا خواهیم شد.

1- James Clark Maxwell 2- Heinrich Hertz

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

آنتن وسیله‌ای است که به عنوان گیرنده یا فرستنده امواج مورد استفاده قرار می‌گیرد. طرز عمل یک آنتن، به عنوان گیرنده، عکس عمل فرستندگی آن می‌باشد. بنابراین، یک آنتن خوب را می‌توان برای فرستادن یا دریافت امواج به کار برد، در حالی که یک آنتن ضعیف در هر دو جنبه بهره‌ی کمی خواهد داشت. گرچه ما آنتن‌ها را از نقطه نظر گیرندگی مورد مطالعه قرار می‌دهیم، ولی بهتر است در ابتدا به صورت یک فرستنده، آن را تجزیه و تحلیل نماییم.

امواج رادیویی دارای شدت فرکانس و جریان‌های فرستنده‌ی مختلفی می‌باشند که می‌توان آن را به صورت منحنی‌های موج سینوسی نشان داد، گرچه امواج سینوسی مزبور قابل رویت نیستند. لازم به توضیح است که امواج مزبور با سرعتی برابر با سرعت نور (3×10^8 متر بر ثانیه) در فضا منتشر می‌شوند. به بیان دیگر امواج رادیویی، مجموعه‌ای از بردارهای الکتریکی و مغناطیسی هستند که با یکدیگر زاویه‌ی ۹۰ درجه در فضا ایجاد می‌کنند. همچنین بردارهای فوق عمود بر جهت انتشار هستند و نصف انرژی امواج، شامل انرژی الکتریکی و نصف دیگر آن انرژی مغناطیسی است.

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

معادلات اصلی الکترو مغناطیسی عبارتند از:

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (1-1)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{J} \quad (2-1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho(t) \quad (3-1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \quad (4-1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = - \frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (5-1)$$

چهار معادله اول از این معادلات دیفرانسیل معروف به معادلات ماکسول هستند و آخرین معادله موسوم به گروه معادله پیوستگی است. این معادلات پایه و اساس تشعشع انواع سازه‌های الکترومغناطیسی از جمله آنتن، می‌باشند.

مسئله آنتن عمده‌تاً شامل تعیین میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از یک توزیع جریان اعمالی $\mathbf{J}$ می‌باشد. نحوه‌ی تعیین این میدان‌ها از سوی معادلات ماکسول و پیوستگی، خود نیاز به بحثی مفصل دارد که در این مقال نمی‌گنجد.

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

۳-۱ پرتو تشعشعی (Radiation Pattern)

قبل از آن که به بیان مفهوم پرتو تشعشعی یک آنتن و پارامترهای آن بپردازیم لازم است مفهوم میدان دور (Far Field) را در آنتن‌ها توضیح دهیم. ناحیه‌ای که در آن اندازه‌ی میدان‌های تشعشعی نسبت به اندازه‌ی کلیه میدان‌های دیگر ناشی از آنتن بسیار بزرگ‌تر و ارزنده‌تر است، موسوم به ناحیه‌ی میدان دور می‌باشد.

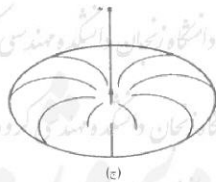
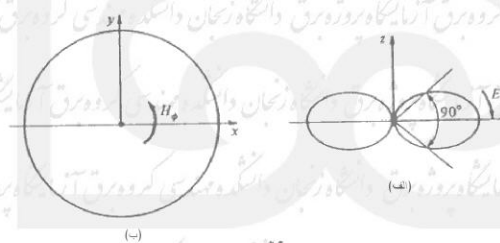
ناحیه‌ی میدان دور در فضا، در ناحیه‌ای قرار دارد که $r \gg r_{ff}$ باشد. r_{ff} در حالتی که طول منبع خطی D می‌باشد، از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$r_{ff} = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (۶-۱)$$

لازم به ذکر است که رابطه‌ی (۶-۱) به راحتی قابل اثبات است.

یک پرتو تشعشعی، یک نمودار خواص تشعشعی میدان دور یک آنتن است. با حرکت یک آنتن کاونده^۱ در یک فاصله ثابت حول آنتن آزمون می‌توان پرتو تشعشعی را به صورت یک تابع مختصات زاویه‌ای اندازه‌گیری کرد. آنتن کاونده معمولاً در یک جهت نگه داشته می‌شود. به عنوان مثال، یک دو قطبی ایده‌آل در راستای محور Z را در نظر بگیرید. میدان الکتریکی دور صرفاً در جهت θ است. بنابراین یک دو قطبی ایده‌آل دیگر را

به عنوان آنتن کاونده در جهت θ قرار می‌دهیم تا به میدان E_θ پاسخ گوید. شکل (۱-۱) تشعشع از یک دو قطبی ایده‌آل برای صفحات میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی و همچنین به صورت سه بعدی برای یک دو قطبی ایده‌آل نشان می‌دهد.



همان‌طور که در شکل (۲-۱) مشاهده می‌کنید یک نمونه پرتو توان یک آنتن به صورت یک نمودار قطبی برحسب مقیاس خطی، نشان داده شده است. گلبرگ اصلی^۲ شامل جهت حداکثر تشعشع می‌باشد. گلبرگ^۳ های کوچکتر دیگر موسوم به گلبرگ‌های فرعی^۴ نیز در پرتو تشعشع وجود دارند. اگر یک گلبرگ کناری^۴ را

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

قبل از بیان رابطه‌ی سمت‌گرایی برخی پارامترها را به صورت اجمالی بیان می‌کنیم. در ابتدا شدت تشعشع $U(\theta, \phi)$ را تعریف می‌کنیم. شدت تشعشع برابر توان تشعشع شده در یک جهت، در واحد زاویه‌ی فضایی می‌باشد که بر حسب وات بر مجذور رادیان (استرادیان) بیان می‌شود. برای یک منبع یکسانگرد داریم:

$$U_{ave} = \frac{Pr}{4\pi} \quad (9-1)$$

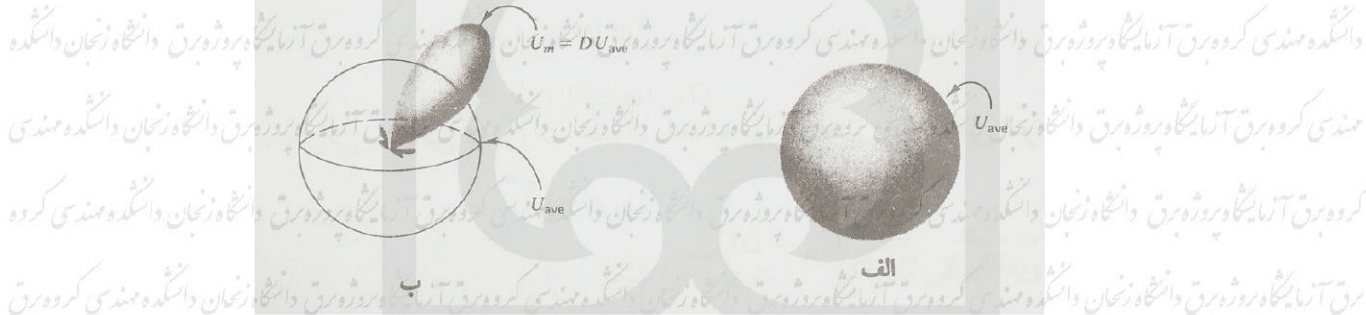
دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان
در رابطه‌ی بالا Pr توان تشعشع شده و U_{ave} شدت تشعشع متوسط، می‌باشد. نکته‌ی جالب این جااست که ما می‌توانیم U_{ave} را برای تشعشع کننده‌های نا یکسانگرد نیز به شرح ذیل تعریف کنیم:

$$U_{ave} = \frac{Pr}{4\pi} = \int_s \frac{U(\theta, \phi) d\Omega}{4\pi} \quad (10-1)$$

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان
پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان
بعد از این که U_{ave} را برای یک تشعشع کننده تعریف کردیم می‌توان پارامتری را با نام بهره‌ی جهتی $D(\theta, \phi)$ به شرح ذیل معرفی کرد:

$$D(\theta, \phi) = \frac{U(\theta, \phi)}{U_{ave}} \quad (11-1)$$

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان



دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان
شکل (۳-۱) الف) توزیع یکنواخت شدت تشعشع (ب) شدت تشعشع ناشی از یک آنتن واقعی
سمت‌گرایی به راحتی به عنوان حداکثر بهره‌ی جهتی تعریف می‌شود.

$$D = \frac{U_m}{U_{ave}} \quad (12-1)$$

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان
پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان
لازم به ذکر است که سمت‌گرایی صرفاً توسط شکل پرتو تعریف می‌شود. با توجه به شکل (۳-۱) مفهوم سمت‌گرایی را بهتر درک خواهیم کرد.

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

