

UHF 全频段电视接收天线

涂文波

(应用物理系)

摘 要

本文描述一种 UHF 对数周期偶极子天线, 适合于 UHF 频段电视广播作全频段电视接收天线。

前 言

本文描述的对数周期偶极子天线是设计在 UHF 频段上的, 作为全频段家用电视接收天线, 它不仅具有频段宽、增益高, 而且结构紧凑、风载小和造价便宜等特点, 在实测和使用中都达到预期的效果, 所以它适合开路电视教学中应用。设计时由 BASIC 程序在 APPLE-II 微型机上实现对天线结构的几何尺寸等数据的计算。

(一) 天 线 的 设 计 原 理

对数周期偶极子天线的特点是随频率的对数作周期变化, 当频率变化时, 天线的谐振点亦随之移动, 所以对数周期偶极子天线具有宽频带的特性。

典型的对数周期偶极子天线 LPDA 是由许多根不同长度和相邻间距的线状振子组成的, 而且这些振子是分别对称地处在两个平行面内, 如图 1 所示, 采用一特性阻抗 Z_1 的双线平行传输线对各振子并联馈电, 例如把发射机输出的同轴电缆线在穿过双线平行传输线的一根管后, 把电缆外导体连接在这一铜管上, 芯线则连接在另一根铜管上, 从而达到相邻振子单元呈反相激励, 使天线向短振子方向产生单向辐射。为了得到宽频带的特性, 按对数周期原理, 各振子的长度 L 和相邻振子单元之间的间距 D 应满足下列关系式。即

$$\begin{aligned} \frac{L_n}{L_{n-1}} &= \frac{D_n}{D_{n-1}} = \tau < 1 \\ n &= 1, 2, 3, \dots, N+1 \\ 0 &< \tau < 1 \end{aligned} \quad (1)$$

式中 L_n 是某一振子的长度, D_n 是某两相邻振子单元之间的间距, N 是振子的总个数,

本文 1986 年 3 月 28 日收到。

比例因子的值一般取在大于零小于1范围内。

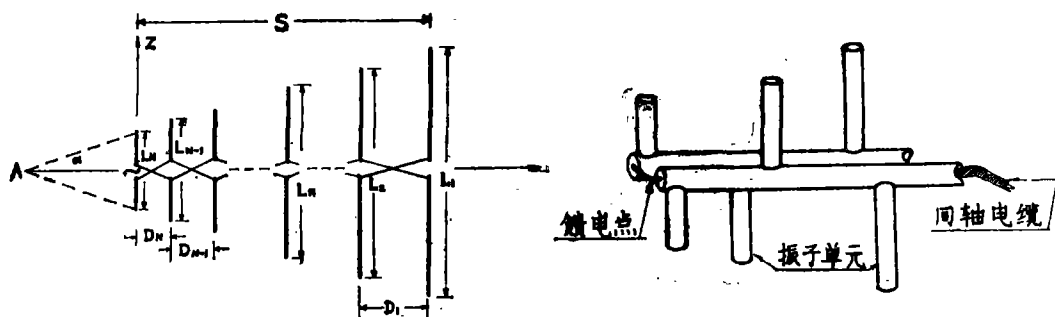


图1 LPDA 示意图

为了完全确定天线结构的几何尺寸,除比例因子 τ 之外,还需引进另一个设计的重要参数,即是间距因子,其关系式为

$$\sigma = \frac{D_n}{2L_{n-1}} \quad (2)$$

从图1中的几何形状关系,并利用式(1)则间距因子又可表示为

$$\sigma = -\frac{1-\tau}{4\lg\alpha} \quad (3)$$

式中 α 称为半顶角。

我们知道当发射机以频率 f_n 激励天线时,在天线通频带内每一个频率上,并不是所有的振子单元而只是振子的长度 $L_n = \lambda_n/2$ 的谐振振子和其前后几个振子单元才对辐射场有贡献,我们称这些振子组成的区域为“辐射区”,随着工作频率的改变,“辐射区亦随着向前或向后移动,因此,在设计(LPDA)天线时,对于给定的频率覆盖($f_{\max}-f_{\min}$)必须包括从 f_{\max} 到 f_{\min} 各频率相应的“辐射区”在内。于是,天线结构带宽 B_s 就要做得比实际的工作带宽 $B_0 (= f_{\max}/f_{\min})$ 大,即

$$B_s = B_a \cdot B_0 \quad (4)$$

式中 B_a 称为“辐射区”带宽,在工程设计中采用经验公式进行计算,即

$$B_a = 1.1 + 30.7\sigma(1-\tau) \quad (5)$$

理论上分析表明,对数周期天线可以获得任意宽的工作频带,然而,实际上除了天线本身的结构因素外,还受到平衡-不平衡变换器带宽的限制以及其它因素等等,通过精心的设计,整个天线系统的频带宽可以超过10倍频程,如果天线的工作带宽小于5倍频程,则各振子的直径可以取同样的数值。

考虑到该天线可以接收水平极化波,也可以接收垂直极化波,因此,在天线结构上设计时附加有水平、垂直以及俯仰的调节装置。

(二) LPDA 天线设计时的 BASIC 程序

我们设计的对数周期偶极子天线是作为 UHF 频段的开路电视广播接收天线,所以在保

证天线的主要特性(增益、带宽、前后比等)满足应用要求的情况下, 尽量减小天线的尺寸和造价. 本文是用 BASIC 程序在 APPLE-II 微型机上实现对天线设计数据的计算, 并打印输出对数周期天线的几何尺寸等数据.

程序设计中主要的变量表示说明:

变量 T 为比例因子 Tua , 变量 SI 为间距因子 $SIgma$, 变量 A 为半顶角 $Alpha$.

变量 BS 为结构带宽, 变量 B_0 为工作带宽, 变量 BA 为“辐射区”带宽.

双线平行传输线的长度(天线的长度)用变量 S 表示, 其数学表达式为

$$S = \frac{\lambda_{\max}}{4} \left(1 - \frac{1}{BS}\right) \operatorname{ctg} \alpha \quad (6)$$

式中 λ_{\max} 是最长的波长($LAmbda$), 用变量 LA 表示.

变量 Z_1 为双线平行传输线的特性阻抗, 其数学表达式为

$$\frac{Z_1}{ZF} = F + \sqrt{F^2 + 1} \quad (7)$$

$$F = \sqrt{T \cdot ZF / 8 \cdot SI \cdot Z_0} \quad (8)$$

式中 $ZF = 75\Omega$ 为高频同轴电缆的阻抗, Z_0 为振子的平均特性阻抗, 其数学表达式为

$$Z_0 = 120 [\log(L/R) - 2.25] \quad (9)$$

式中 L 为振子的长度, R 为振子本身的直径, 本文研制中均采用 $R = 0.245\text{cm}$ 的细铜管.

为了使程序具有通用性灵活性, 程序中采用键盘输入来提供天线设计的主要参数, 以便随时修改输入的设计参数, 本文是选取增益为 $G = 10\text{db}$ 时, $Tua = 0.917$, $SIgma = 0.169$, 工作频带宽的低频端频率 $F_1 = 470\text{MC}$, 高频端频率 $F_2 = 960\text{MC}$.

各振子长度和相邻振子之间的间距采用数组变量 $L(N)$ 和 $D(N)$ 结合循环语句来进行运算, 这样使程序结构简单且紧凑. 程序流程框图如图 2 所示.

运行结果: (输出经取整并保留小数后二位数)

$BS = 3.13$	$B_0 = 2.04$	$S = 88.4\text{ cm}$
$N = 14$		
$L_1 = 31.91\text{ cm}$		$D_1 = 10.79\text{ cm}$
$L_2 = 29.26\text{ cm}$		$D_2 = 9.89\text{ cm}$
$L_3 = 26.83\text{ cm}$		$D_3 = 9.07\text{ cm}$
$L_4 = 24.6\text{ cm}$		$D_4 = 8.31\text{ cm}$
$L_5 = 22.56\text{ cm}$		$D_5 = 7.63\text{ cm}$
$L_6 = 20.69\text{ cm}$		$D_6 = 6.99\text{ cm}$
$L_7 = 18.97\text{ cm}$		$D_7 = 7.41\text{ cm}$
$L_8 = 17.4\text{ cm}$		$D_8 = 5.88\text{ cm}$
$L_9 = 15.96\text{ cm}$		$D_9 = 5.39\text{ cm}$
$L_{10} = 14.64\text{ cm}$		$D_{10} = 4.95\text{ cm}$
$L_{11} = 13.42\text{ cm}$		$D_{11} = 4.54\text{ cm}$
$L_{12} = 12.31\text{ cm}$		$D_{12} = 4.16\text{ cm}$
$L_{13} = 11.29\text{ cm}$		$D_{13} = 3.82\text{ cm}$

$$L_{14} = 10.35 \text{ cm}$$

$$Z_0 = 246.766542 \Omega$$

$$ZF = 75 \Omega$$

$$Z_1 = 100.455756 \Omega$$

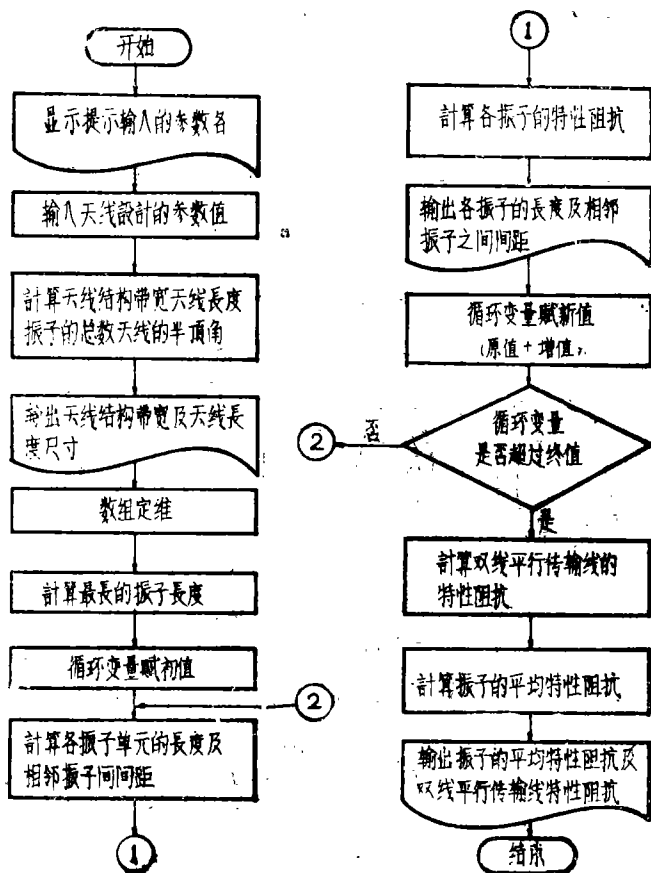


图2 程序流程框图

(三) 结 果 分 析

1. 驻波比 SWR 与频率 f_n 的关系

为了获得天线的宽频带工作特性,在测试系统上对天线的馈线阻抗和天线终端短截线的位置(约在最长振子之后不到 $\lambda_{\max}/8$ 之内)以及双线平行传输线之间间距^[6]进行反复地调整,图3给出典型的驻波比 SWR 与频率 f_n 的关系曲线,从图中可以看出,在 470-960MC 整个频带内驻波比不超过 2,而且大部分频率下,驻波比都小于 1.5。实测结果,这种宽频带匹配性能是满足作为 UHF 全频段家用电视接收天线的要求,而且达到预定的设计指标。

2. 天线的方向图和增益 G

我们在工作频带宽 470-960MC 内选择六个频率进行方向图的测试,并根据文献^[3]中所介绍的经验公式估算各相应频率的增益 G,结果由图4(a)~(f)给出。从图中可以看出:在

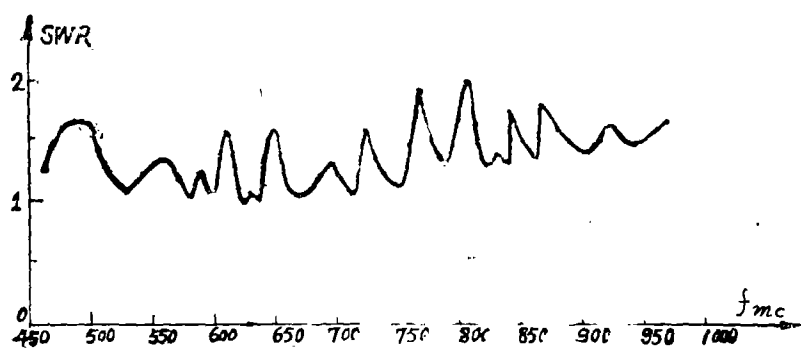
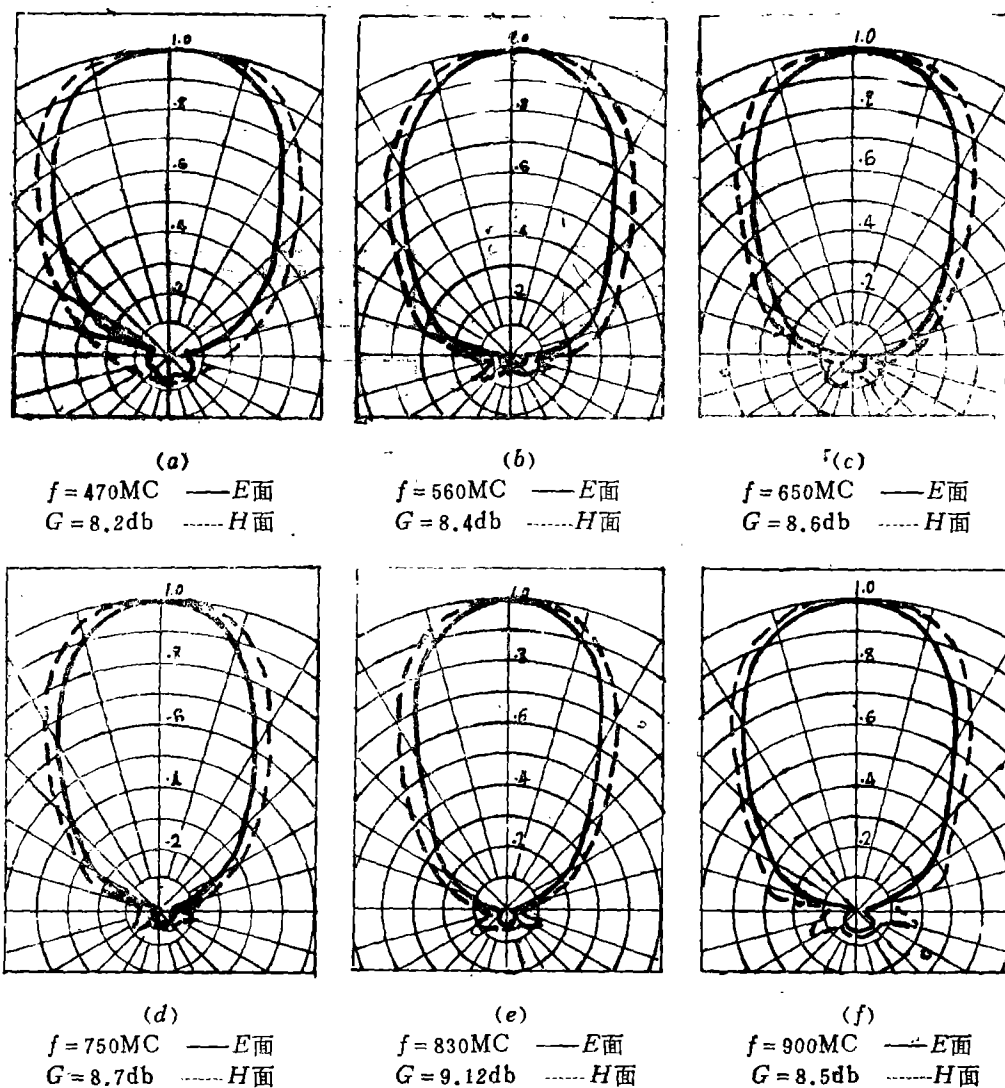
图 3 SWR— f_m 关系曲线

图 4 方向图

频带的低频端(470MC)后瓣偏大,增益接近设计要求,而高频端(900MC)由于附加几个振子单元,所以增益较高,通频带中间频率的增益、方向图基本上保持不变,这表明是非频变性能。图5给出天线的增益与频率的关系曲线平稳起伏不大,基本上满足设计的要求,但是由于天线的终端负载以及双线平行传输线之间距及特性阻抗并非调整到最佳工作状态,以致工作频带的低端增益偏低较甚。

3. 实用效果

1984年10月我们利用校电教中心站的小型UHF发射机,并配有盘锥型发射天线(架设在陈嘉庚纪念堂楼顶离地面约40米),输出功率不到3W的情况下,选择UHF-560MC播送电视节目,在离我校两公里内,使用我们研制的UHF对数周期天线作接收

天线,接收图象清晰,伴音良好,意外的收获是远离发射天线的开垦地农村,使用该天线也可收看到较好的图象和伴音,而且方向性也好,从而证明:UHF-LPDA作为室内外电视接收天线是很适宜的,且有显著的优越性。

4. 结论

我们经过多次实验效果,认为在教学单位建立一小型低功率的电视教学发射台,结合应用我们研制的系列UHF-LPDA作为开路电视教学的室内外全频段电视接收天线,进行各个专业的电视教学是切实可行,而且是经济实惠的,它与闭路电视教学比较有许多优越性,比如节约经济开支、收看的群众不限(只要有电视机),没有大礼堂的单位也可进行电视报告广播大会等。如果进行精心的设计和制造加工,LPDA在短波定点通讯中可以采用这种天线,即使是日夜变化的电离层来讲,对它影响却不大,因为它的频率变化范围大,而电波的出射角变化不大,我认为对数周期偶极子天线今后会得到广泛地应用。

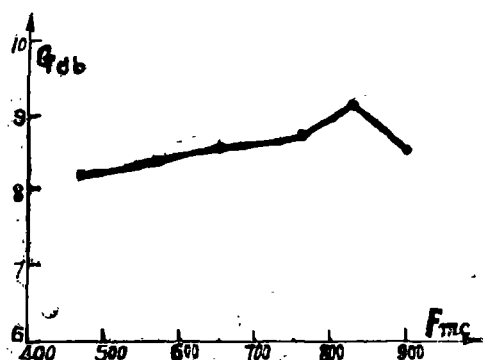


图5 增益 G 与频率 f 关系曲线

参 考 文 献

- [1] 谢处方, 邱文杰编, 天线原理与设计, 西北电讯工程学院出版社, (1985), 144—154.
- [2] M.T.Ma, Theory and application of antenna arrays, A wiley-Interscience Publication, (1974), 316—364.
- [3] Jasik • H • Ea, Antenna engineering handbook, chapter 2, McGraw-Hill, New York, (1961).
- [4] J.L.Riley, M • Sc, Ruggedised UHF-LOG-Periodic aeriels and their use in transmitting arrays, BBL Engineering, December, (1975).
- [5] W.L.Stutzman, Gary.A.Thiele, Antenna theory and design, (1981), 287—303.
- [6] IEEE Trans, 1(1970), 124.

An UHF All Band TV Receiving Antenna

Tu Wenbo

Abstract

This paper describes an UHF-LPDA, which can be used as an all band TV receiving antenna on uhf.