北京邮电大学



电磁场与微波测量实验

5.3.1频谱分析仪的使用

5.3.2衰减器的特性测量

5.3.3定向耦合器特性测量

5.3.4滤波器的特性以及测量

5.5.2微波TV发射机系统的调测

学院：

班级：

组员：

5.3.1频谱分析仪的使用

## 1. 实验目的

了解频谱分析仪的工作原理，熟悉它的使用方法

了解微波信号发生器的使用方法

## 实验设备

频谱分析仪

微波信号发生器

## 实验原理

频谱分析仪是研究电信号频谱结构的仪器，主要的功能是在频域里显示输入信号的频谱特性。输入信号经衰减器直接外加到混波器，可调变的本地振荡器经与CRT同步的扫描产生器产生随时间作线性变化的振荡频率，经混波器与输入信号混波降频后的中频信号（IF）再放大，滤波与检波传送到CRT的垂直方向板，因此在CRT的纵轴显示信号振幅与频率的对应关系。较低的RBW固然有助於不同频率信号的分辨与量测，低的RBW将滤除较高频率的信号成份，导致信号显示时产生失真，失真值与设定的RBW密切相关，较高的RBW固然有助於宽频带信号的侦测，将增加杂讯底层值（Noise Floor），降低量测灵敏度，对于侦测低强度的信号易产生阻碍，因此适当的RBW宽度是正确使用频谱分析仪重要的概念。

## 4. 实验内容

### 4.1单载波信号的频谱测量

#### 4.1.1实验操作步骤

1.按照下图连接测试

微波信号发生器

频谱分析仪

2.设置微波信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号（900MHz、-10dBm）

3.设置频谱分析仪的中心频率为微波信号发生器的输出频率，设置合适的扫描带宽，适当调整参考电平使频谱图显示在合适的位置。

4.用峰值搜索功能测量信号的频率和电平，测试数据记录到表1中

5.用差值光标功能测量信号和噪声的相对电平（信噪比），同时记录频谱分析仪的分辨率和带宽设置

#### 4.1.2实验数据记录

表1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频率设置（MHz） | 850MHz | 900MHz | 950MHz |
| 电平设置（dBm） | -10dBm | -15dBm | -20dBm |
| 实测频率（MHz） | 849.41 | 899.45 | 949.50 |
| 实测电平（dBm） | -9.93 | -15.36 | -20.78 |
| 信噪比（dB/RBW） | -51.69 | -45.8 | -40.18 |

### 4.2带载波信号的杂散测量

#### 4.2.1实验操作步骤

1.设置微波信号发生器输出制定频率和功率的正弦波（850MHz、-20dBm）

2.设置频谱分析仪的中心频率为微波信号发生器的输出频率，设置合适的扫描带宽，适当调整参考电平使频谱图显示在合适的位置。

3.用频谱分析仪测量输出信号的频率和电平，测试数据记录到表2中

4.增加频谱分析仪的扫描带宽，如100MHz,用手动设置功能适当减小频谱分析仪的分辨率带宽，观察频谱图的变化，直到观测到杂散信号为止。

5．在频谱图中确定最大杂散信号，用差值光标功能测量信号和最大杂散信号的相对电平（杂散抑制度）

#### 4.2.2实验数据记录

表2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信号频率（MHz） | 信号电平（dBm） | 杂散抑制度（dB） |
| 850 | -20.26 | 46.59 |
| 900 | -20.64 | 46.54 |
| 950 | -20.82 | 46.07 |

## 4.3相位噪声测量

#### 4.3.1实验操作步骤

1.设置微波信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号（850MHz、-10dBm）

2.设置频谱分析仪的中心频率为微波信号发生器的输出频率，设置扫描带宽为50KHz，设置合适的分辨率带宽和视频带宽，适当调整参考电平使频谱图显示在合适的位置

3.用峰值搜索功能测量信号的频率和电平，测试数据记录到表3中

4.用差值光标和噪声光标功能测量偏离信号10KHz的相位噪声，测试数据记录到表3中

5.将扫描带宽设置为500KHz，设置合适的分辨率带宽和扫描带宽，利用同样的方法测量偏离信号100KHz的相位噪声，测试数据记录到表3中

6.改变输出频率，重复以上测量，测试数据记录到表3中

#### 4.3.2实验数据记录

表3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 信号频率（MHz） | 信号电平（dBm） | 相位噪声（dB/Hz） | |
| 偏离10KHz | 偏离100KHz |
| 850 | -9.77 | -55.36 | -75.15 |
| 900 | -10.18 | -53.84 | -67.78 |
| 950 | -10.51 | -48.97 | -75.28 |

### 4.4 幅频特性测量

#### 4.4.1实验操作步骤

1．设置微波信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号。

2．设置频谱分析仪的中心频率为微波信号发生器的输出频率，设置合适的扫描带宽，适当调整参考电平，使频谱图显示在合适的位置。

3．设置频谱分析仪的轨迹为最大值保持功能。

4．按照一定的步进，用手动旋钮在指定的频率范围内调整微波信号发生器的输出频率，观测频谱分析仪的幅频特性曲线。

5．用峰值搜索功能测量输出信号在指定频带内的最高电平，测试数据记录到表4中。

6．用差值光标功能测量输出信号在指定频带内的幅频特性，测试数据记录到表4中。

7．改变测试频率范围，重复以上测量，测试数据记录到表4中。

#### 4.4.2实验数据记录

表4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 频率范围 （MHz） | 最高电平（dBm） | 幅频特性 （dBp-p/带宽） |
| 850+20 | -20.04 | 0.43 |
| 900+20 | -20.25 | 0.29 |
| 950+20 | -20.39 | 0.60 |

## 5.实验总结

在这多次的频谱分析仪操作过程中，我们初步熟悉了频谱分析仪的基本操作，并了解了它的各种功能，比如最大值保持，调整轨迹，扫描带宽等实验数据的操作。同时我们对于它的光标操作也有了较深的了解。通过这次实验，我们了解了频谱分析仪的基本操作。

5.3.2衰减器的特性测量

## 1.衰减量的测量

1.设置微波信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号。

2.将输出和输入电缆短接。用频谱分析仪测量衰减器的输入信号电平，测试数据记录到表5中。

3.接入被测衰减器。用频谱分析仪测量衰减器的输出信号电平，计算衰减器的衰减量以及与标称值的误差，测试数据记录到表中。

4.改变微波信号发生器的输出频率，重复以上测量，测试数据记录到表中。

表5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试频率/MHZ | 输入信号电平/dbm | 输出信号电平/dbm | 衰减量/dbm | 标称误差/db |
| 850 | -9.93 | -20.43 | 10.50 | 0.50 |
| 900 | -15.36 | -25.32 | 9.96 | 0.04 |
| 950 | -20.96 | -30.40 | 9.44 | 0.56 |

## 2.幅频特性测量

1.设置微波信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号。

2.将输入和输出电缆短接。用频谱分析仪测量并记录衰减器的输入信号电平。

3.接入被测衰减器。设置频谱分析仪的中心频率为指定频率，设置合适的扫描带宽，适当调整参考电平，使频谱图显示在合适的位置。

4.设置频谱分析仪的轨迹为最大值保持功能。

5.按照一定的步进，用手动旋钮在指定的频率范围内调整微波信号发生器的输出频率，在频谱分析仪上显示出幅频特性曲线。

6.根据频谱分析仪显示的幅频特性曲线，测量并计算衰减器在指定频带内的最小衰减量和幅频特性，测试数据记录到表6中。

表6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 频率范围 （MHz） | 最高电平（dBm） | 幅频特性 （dBp-p/带宽） |
| 850+20 | -28.91 | 1.57 |
| 900+20 | -28.91 | 2.19 |
| 950+20 | -29.60 | 1.78 |

## 3.实验总结

本次实验是在上次实验的基础上，在频谱发分析仪和微波信号发生器间连接一个衰减器来测量它的特性，基于我们对于频谱分析仪操作的基本了解，我们进行的很快，最后在较短时间内得出了实验结果，衰减量和幅频特性与标称值误差不大。

5.3.3定向耦合器特性测量

## 1．耦合度测量

1.按照下图连接测试系统：



2.设置微波信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号；

3.将输入和输出电缆短接，用频谱分析仪测量定向耦合器输入端口的输入电平信号，记录测试数据；

4.接入被测定向耦合器，用频谱分析仪测量定向耦合器耦合端口的输出信号电平，计算定向耦合器的耦合度，记录数据；

5.改变测试频率，重复以上操作。

表7

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测试频率（MHz) | 850 | 900 | 950 |
| 端口1输入功率（dBm） | -9.93 | -15.36 | -20.96 |
| 端口2输入功率（dBm） | -21.02 | -25.43 | -30.89 |
| 耦合度(dB) | 11.09 | 10.07 | 9.93 |

## 2.插入损耗测量

1.按照如图所示连接测试系统：



2.设置微波信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号；

3.将输入和输出电缆短接，用频谱分析仪测量定向耦合器输入端口的输入信号电平，记录测试数据；

4.接入被测定向耦合器，用频谱分析仪测量定向耦合器输出端口的输出信号电平，计算定向耦合器额插入损耗和传输损耗，记录数据；

5.改变测试频率，重复以上操作。

表8

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 耦合度（dB）/耦合损耗（dB） |  | | |
| 测试频率（MHz） | 850 | 900 | 950 |
| 端口1输入功率（dBm） | -9.93 | -15.36 | -20.96 |
| 端口2输入功率（dBm） | -12.04 | -17.08 | -23.18 |
| 插入损耗（dB） | 2.11 | 1.72 | 2.22 |
| 传输损耗（dB） | 1.61 | 1.22 | 1.72 |

## 3．定向耦合器的隔离度测量

1.按照下图连接测试系统：



2.设置微波信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号；

3.将输入和输出电缆短接，用频谱分析仪测量并记录定向耦合端口的输入信号电平，记录测量数据；

4.接入被测定向耦合器，用频谱分析仪测量定向耦合器输出端口的输出信号电平，计算端口隔离度，记录测量数据；

5.改变测试频率，重复以上操作。

表9

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测试频率(MHz) | 850 | 900 | 950 |
| 耦合端口3输入功率（dBm） | -9.93 | -15.36 | -20.96 |
| 输入端口2输出功率(dBm) | -27.26 | -31.42 | -34.84 |
| 2、3端口隔离度(dB) | 17.33 | 16.08 | 13.80 |

## 4.幅频特性测量

1.设置微波信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号；

2.将输入和输出电缆短接，用频谱分析仪测量并记录衰减器的输入信号电平；

3.接入被测定向耦合器，设置频谱分析引的中心频率为指定频率，设置合适的扫描带宽，适当调整参考电平使频谱图显示在合适的位置；

4.设置频谱分析仪的轨迹为最大值保持功能；

5.按照一定的步进，用手动旋钮在指定的频率范围内调整微波信号发生器的输出频率，在频谱分析仪上显示出幅频特性曲线；

6.根据频谱分析仪显示的幅频特性曲线，测量并计算衰减器在指定频带内的耦合度的最小值和幅频特性，记录测量数据。

表10

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 频率范围（MHz） | 输出功率最大值（dBm） | 耦合度最小值（dBm） | 幅频特性（dBp-p/带宽） |
| 850±20 | -31.26 | -11.26 | 0.78 |
| 900±20 | -31.41 | -11.41 | 0.59 |
| 950±20 | -31.22 | -11.22 | 1.16 |

## 5.实验总结

本次实验是在接入定向耦合器后通过观察频谱分析仪的结果来测量耦合器的特性，我们通过改变接入耦合器的端口可以和明显的发现定向耦合器不同方向对信号所起的影响，耦合器的接入端口不同，损耗和隔离度也相差很大。通过本次实验，我们了解了耦合器器件，也初步了解了它的特性。

5.3.4滤波器的特性以及测量

## 1.实验内容及步骤

#### 传输特性的测量

1.按照下图所示连接测试系统

滤波器

频谱分析仪

微波信号发生器

2.设置微波信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号（如850MHz、-20dBm）.

3.将输入和输出电缆短接。用频谱分析仪测量衰减器的输入信号电平。

4.接入被测滤波器。设置频谱分析仪的中心频率为指定频率（如880MHz），设置合适的扫描带宽（如80MHz），适当调整参考电平使频谱图显示在合适的位置。

5.按照一定的步进（如1MHz），用手动旋钮在指定的频率范围内（如840~920MHz）调整微波信号发生器的输出频率，在频谱分析仪上观察扫描带宽是否合适，根据观测结果适当调整频谱分析仪的扫描线。

6.设置频谱分析仪的轨迹为最大值保持功能（Trace—Trace Type—Max Hold）。

7.按照一定的步进（如0.1MHz），用手动旋钮在指定的频率范围内（如830~870MHz）调整微波信号发生器的输出频率，在频谱分析仪上观察扫描带宽是否合适，根据观测结果适当调整频谱分析仪的扫描线。

8.根据频谱分析仪显示的幅频特性曲线，测量并计算滤波器的中心频率、3db带宽、插入损耗、带内波动。裙带带宽、带外抑制度等指标，测量数据记录在数据表格中。

9.将滤波器的输入和输出端口互换、重复上述测量。观察幅频特性曲线的变化并进行分析。

## 2.实验数据及分析

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 中心频率（MHz） | 3dB带宽(MHz) | 插入损耗(dB) | 带内波动(dBp-p) | 裙带带宽(MHz) | 带外抑制度(dB) |
| 880 | 53.2 | 3.09 | 0.85 | 113 | 34.40 |
| 880 | 52.96 | 3.02 | 0.97 | 111 | 34.61 |

## 3.实验总结

本次实验主要测量的是滤波器特性，在微波信号发生器和频谱分析仪间接了一个滤波器，在频谱分析仪上观察滤波器对信号的影响，让我们了解了滤波器的基本特性。与上几次实验操作类似，所以本次实验还是比较简单的。

5.5.2微波TV发射机系统的调测

### 1.实验原理

基本无线通信系统一般由发信机、收信机及其天线（含馈线）构成。如图1所示。

天线 天线

发信机

收信机

信源 信宿

图1 无线通信系统的组成

1.发信机

发信机的主要作用是将需要传输的信源信号进行处理并发送出去。首先通过调制器用信源信号对高频正弦载波进行调制形成中频已调制载波，中频已调制载波经过变频器和滤波器转换成射频已调制载波，射频已调制载波送至射频放大器进行功率放大，最后送至发射天线，转换成辐射形式的电磁波发射到空间。一个典型的无线发信机的组成框图，如图2所示。

射频放大器

射频滤波器

上变频器

调制器

信源信号 天线

本振

图2 无线发信机的组成框图

2.收信机

收信机的主要作用是将天线接收下来的射频载波还原成要传输的信源信号。收信机的工作过程实际上是发信机的逆过程，首先对来自接收天线的射频载波信号进行低噪声放大，然后经过下变频器、中频滤波器中频放大器变换称为满足解调电平要求的中频已调制载波，最后经过解调器还原出原始的信源信号。一个典型的无线收信机的组成框图，如图3所示。

中频放大器

中频滤波器

解调器

低噪声放大器

下变频器

天线 输出信号

本振

图3 无线收信机的组成框图

3.天线

天线是无线通信系统不可缺少的重要组成部分之一。天线的主要作用是把发信机送来的射频载波变换成空间电磁波并辐射出去（发射端）或者把收到的空间电磁波变换成射频载波并送给收信机（接收端）。

本实验将对使用的额微波收发系统（SD3200）微波电路实验训练系统的各个参数进行测量，实验者能完整、透彻的了解微波射频系统，掌握微波收发系统的基础知识。SD3200R/T微波TV收发系统由发射机系统和接收机系统两个试验箱组成。

该微波TV收发系统是一套工作在900MHz微波频段的无线通信实训系统，可以进行图像和话音业务的无线传输实验，同时可以进行滤波器，放大器，滤波放大器等电路的相关实验。微波TV收发系统主要由TV发射机系统和TV接收机系统两部分组成。

微波TV收发系统可以提供6个无线信道，信道间隔8MHz，频率设置如下表所示。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 信道 | CH1 | CH2 | CH3 | CH4 | CH5 | CH6 |
| 中心频率（MHz） | 900 | 892 | 884 | 876 | 868 | 860 |
| 发射机本振频率（MHz） | 960 | 952 | 944 | 936 | 928 | 920 |
| 接收机本振频率（MHz） | 938 | 930 | 922 | 914 | 906 | 898 |

## 2. 内容及步骤

#### 微波TV发射机系统的调试

1）传输信道的单载波调试

1.连接测试系统（断开调制器）

2.设置DDS信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号（如60MHz、-30dBm）。

3.将信道选择器分别设置为CH1~CH6，用频谱分析仪测量功率放大器的输出信号频率和电平，测试数据记录在数据表格中。

注：由于没有DDS信号发生器，由试验系统的视频输入端口代替。

2）发射机的输出频谱测量

1.连接测试系统（频谱分析仪街道功率放大器的输出端）。

2.将信道选择器设置为CH1.

3.用频谱分析仪观测并记录微波TV发射机系统的输出信号频谱图，频谱图记录在数据表格中。

4.测量并记录输出信号的主要频率分量和信号电平，测试数据记录在数据表格中。

5.将信道选择器分别设置在CH2~CH6，测量并记录的主要频率分量和信号电平，测试数据记录在数据表格中。

#### 微波TV接收机系统调试

1）接收信道的单载波调试

1.连接测试系统（断开调制器）。

2.将信道选择器设置为CH1.根据接收信道的中心频率，设置微波信号发生器输出指定频率和功率的单载波信号（如900MHz，-40dBm）。

3.用频谱分析仪测量中频放大器的输出频率和电平，测试数据记录在数据表格中。

4.将信道选择器分别设置在CH2~CH6，并根据相应的信道设置微波信号发生器的输出信号频率，重复以上测量，测试数据记录在数据表格中。

2）接收信号的频谱测量

1.连接测试系统（断开调制器，发设计和接收机距离30cm左右）。

2.将发射机和接收机的信道均设置为CH1。用频谱分析仪观测中频放大器的输出信号频谱图，并与TV发射机的输出频谱图相比较。

3.将发射和接收信道分别设置为CH2~CH6，观察频谱图变化。

## 3.实验数据及分析

#### 微波TV发射机系统的调试

⑴传输信道的带载波调试

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 信道设置 | CH1 | CH2 | CH3 | CH4 | CH5 | CH6 |
| 输入频率（MHz) | 58 | | | | | |
| 输入电平(dBm) | -30 | | | | | |
| 输出频率（MHz） | 900.06 | 891.9 | 883.73 | 875.8 | 867.63 | 859.93 |
| 输出电平（dBm） | -25.45 | -35.83 | -33.58 | -25.70 | -30.03 | -32.32 |

⑵发射机的输出频谱测量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 信道设置 | 主要频率分量和电平 | | | | |
| CH1 | 频率（MHz） | 883.73 | 893.53 | 900 | 906.60 |
| 电平（dBm） | -55.47 | -54.00 | -36.00 | -51.43 |
| CH2 | 频率（MHz） | 898.20 | 901.47 | 892.13 | 885.37 |
| 电平（dBm） | -49.17 | -57.02 | -37.62 | -52.91 |
| CH3 | 频率（MHz） | 899.83 | 890.27 | 883.50 | 877.20 |
| 电平（dBm） | -52.01 | -52.70 | -32.07 | -44.32 |
| CH4 | 频率（MHz） | 869.50 | 875.80 | 882.57 | 900.07 |
| 电平（dBm） | -51.04 | -27.06 | -47.02 | -54.04 |
| CH5 | 频率（MHz） | 900.07 | 874.40 | 867.87 | 861.57 |
| 电平（dBm） | -51.08 | -46.57 | -32.31 | -51.40 |
| CH6 | 频率（MHz） | 853.63 | 859.93 | 866.23 | 900.07 |
| 电平（dBm） | -55.37 | -35.42 | -49.14 | -56.03 |

#### 微波TV接收机系统调试

⑴接收信道的单载波调制

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 信道设置 | CH1 | CH2 | CH3 | CH4 | CH5 | CH6 |
| 输入频率（MHz) | 900 | 892 | 884 | 876 | 868 | 860 |
| 输入电平（dBm） | -10 | | | | | |
| 输出频率（MHz) | 37.85 | 37.98 | 37.98 | 37.98 | 37.98 | 37.98 |
| 输出电平（dBm） | -48.41 | -48.27 | -48.24 | -48.52 | -48.72 | -48.62 |

⑵接收信号的频谱测量

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 信道设置 | 输出频率（MHz） | 输出电平（dBm) |
| CH1 | 37.9 | -28.54 |
| CH2 | 37.9 | -28.27 |
| CH3 | 37.95 | -27.85 |
| CH4 | 37.93 | -29.86 |
| CH5 | 37.96 | -28.53 |
| CH6 | 37.933 | -28.66 |

## 4.实验总结

通过本次实验，我们小组经过亲身的实践，我们了解了微波TV收发系统的基本原理，同时也明白了微波TV收发系统收到的干扰也会很多，所以在现实生活中，我们也懂得了技术的优势和劣势，也能在之后的学习中更加理解这一点。