

南京邮电大学通达学院

实验报告

实验名称 串联谐振电路

周期信号频谱分析

课程名称 电工电子基础实验B

班级学号

姓 名

开课时间 2021 / 2022 学年, 第 2 学期

实验 - 串联谐振电路.

一、实验目的.

1. 研究RLC串联谐振电路的幅频特性.
2. 对品质因数Q与电路其他参量的关系加深理解.

二、主要仪器设备及软件.

软件: Multisim 仿真

三、实验原理.

图5.48是RLC串联电路的复频域表示。电源的负载阻抗 $Z = R + j[\omega L - 1/(\omega C)]$, 是角频率 ω 的函数。其中 $R = R_t + R_r$, R_r 为电感的等效电阻。

电流 I 与信号频率的关系曲线称为串联谐振曲线, 如图5.49所示。

RLC串联电路谐振时, I 达到最大值, 且与电压同相。此时的频率 f_0 称为谐振频率。电容上电压 V_C 和电感上电压 V_L 与 f 的关系如图5.50所示, 可见 V_C 出现最大值的频率小于 f_0 , V_L 出现最大值的频率大于 f_0 。电路串联谐振时有如下特点。

- (1) 感抗等于容抗; $X_{L0} - X_{C0} = 0$.
- (2) 谐振频率: $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$
- (3) 等效阻抗最小且为纯电阻: $Z_0 = R = R_t + R_r$.
- (4) 回路电流最大: $I_0 = V_s/R$.
- (5) L和C的电压: $V_{C0} = V_{L0} = QV_s$.
- (6) 电路Q值: $Q = \omega_0 L/R = 1/(\omega_0 RC) = \sqrt{L/C}/R = f_0/(f_2 - f_1)$.
- (7) 通频带: $BW = f_2 - f_1 = f_0/Q = R/(2\pi L)$.

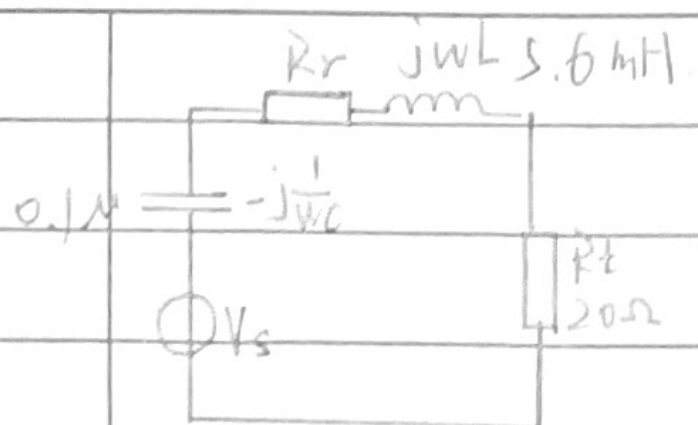


图5.48 RLC串联电路.

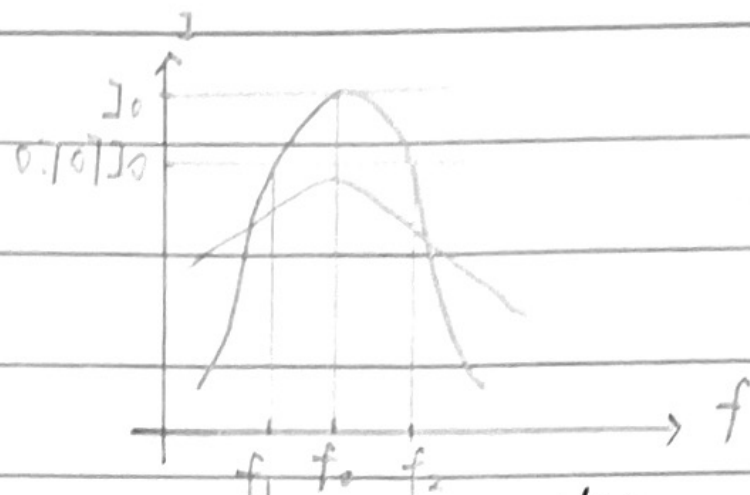


图5.49 串联谐振曲线.

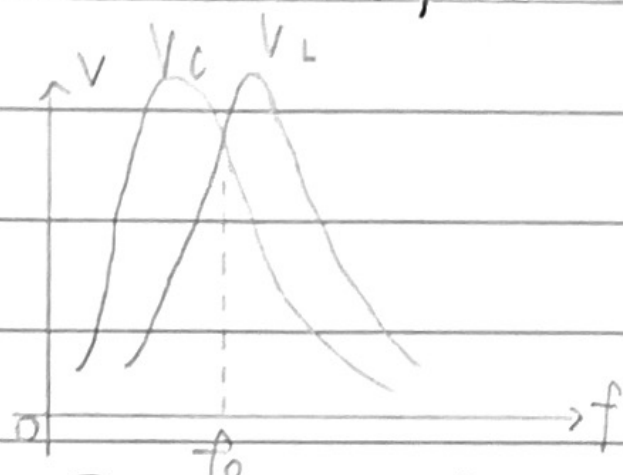


图5.50. V_C 和 V_L

其中. $L = 5.6 \text{ mH}$

$C = 0.1 \mu\text{F}$.

$V_s(\text{有效值}) = 1 \text{ V}$.

四、实验数据分析和实验结果.

$f_0 = 6.72 \text{ kHz}$ $V_{Rt0} = 999 \text{ mV}$ $V_{C0} = 11.825 \text{ V}$ $f_1 = 6.425 \text{ kHz}$

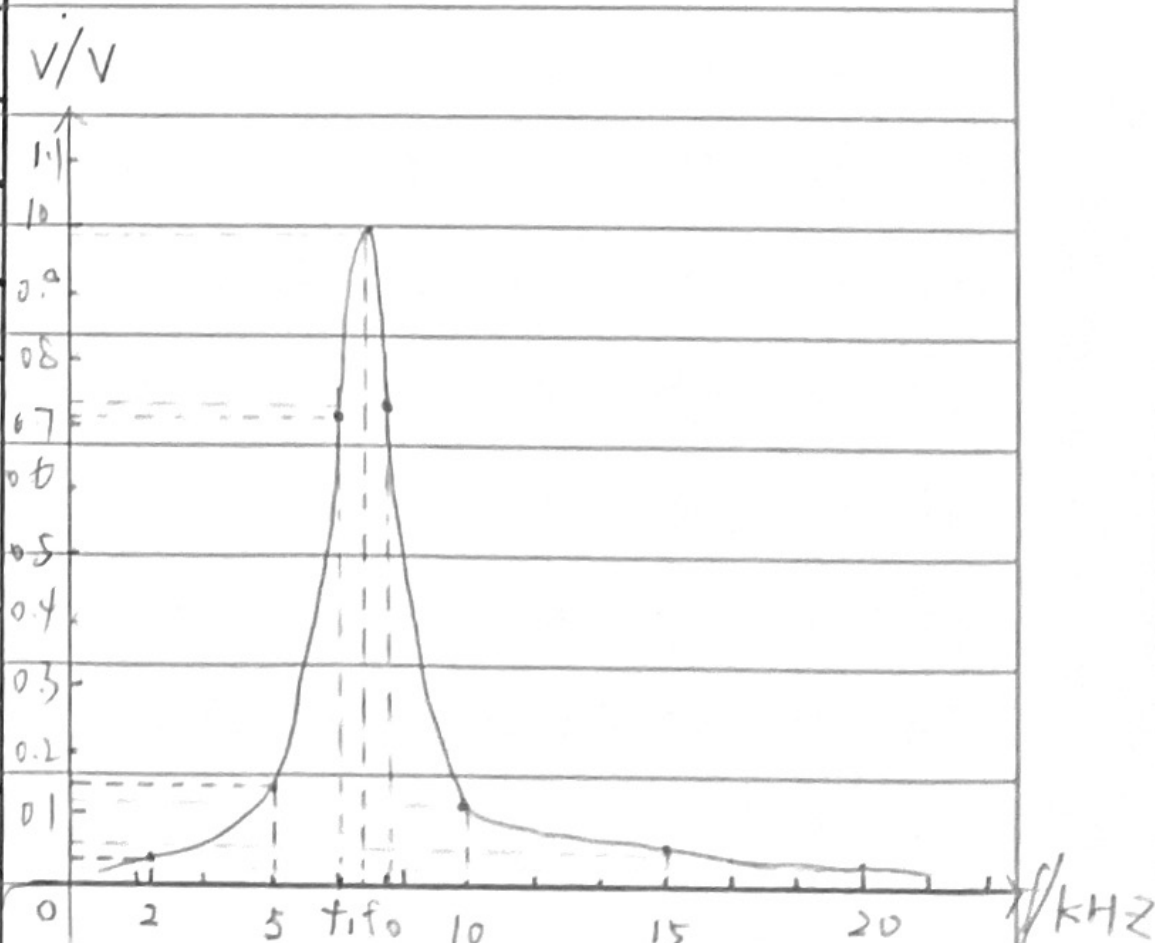
$f_0' = 6.71 \text{ kHz}$

$V_{L0} = 11.841 \text{ V}$ $f_2 = 6.994 \text{ kHz}$

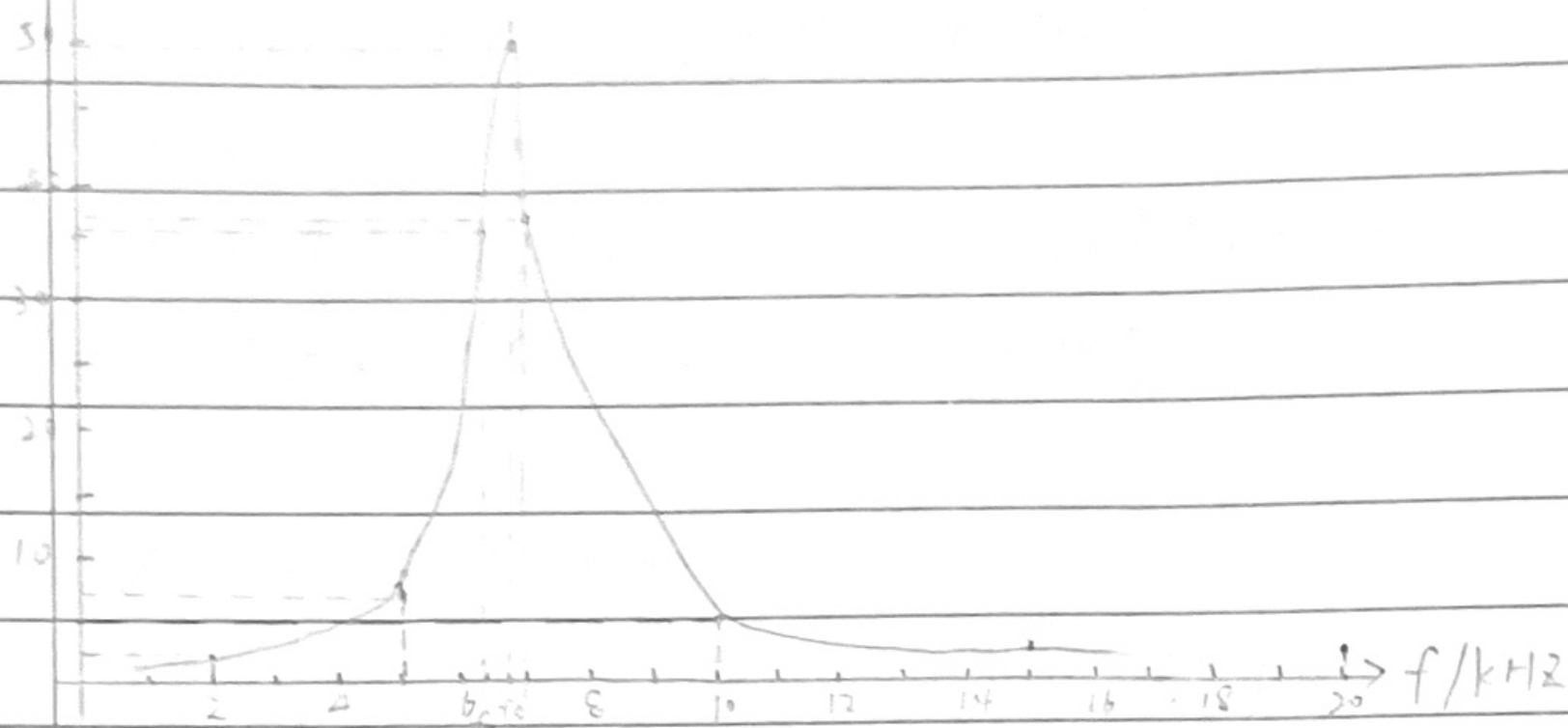
$Q = V_{C0}/V_s = 11.825$

$Q = f_0/(f_2 - f_1) = 11.793$.

f/kHz	V_{Rt}/mV	I/mA
2.0	27.6	1.38
5	140	7
f_1	701	35.05
6.5	804	40.2
6.6	935	46.75
f_0	998	49.9
6.8	949	47.45
6.9	828	41.4
f_2	709	35.45
10	102	5.1
15	47.1	2.355
20	31.9	1.595



1/mA



五、实验小结.

1. 此次实验较难操作. 所测数据精度较大.
2. 对软件的使用有了进一步理解, 知道了函数发生器和另一种示波器的调法.

实验二 周期信号的频谱分析.

一、实验目的

1. 了解和掌握周期信号频谱分析的基本概念.
2. 掌握用软件进行频谱分析的基本方法.

二、主要仪器设备及软件.

软件: Multisim 仿真.

三、实验原理.

由信号与系统课程可知, 一个非正弦周期信号, 运用傅里叶级数总可分解为直流分量与许多正弦分量之线性叠加. 这些正弦分量的频率必定是基波频率的整数(n)倍, 称之为谐波分量. 各谐波分量的振幅和相位不尽相同, 取决于原周期信号的波形. 周期信号的频谱分为幅度谱, 相位谱和功率谱三种, 分别是信号各频率分量的振幅、初相和功率按频率由低到高排列构成的谱线图.

周期信号为 $f(t)$, 展开为三角形式的傅里叶级数.

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos(n\omega_1 t + \varphi_n)$$

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

$$\varphi_n = \arctan\left(\frac{-b_n}{a_n}\right)$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) dt.$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \cos n\omega_1 t dt \quad (n=1, 2, \dots)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) \sin n\omega_1 t dt \quad (n=1, 2, \dots)$$

式中的频谱一般是指幅度谱, 即 a_0 和 A_n 对于一个正、负峰值均为 V 的矩形周期信号 $f(t)$, 展开为傅里叶级数时,

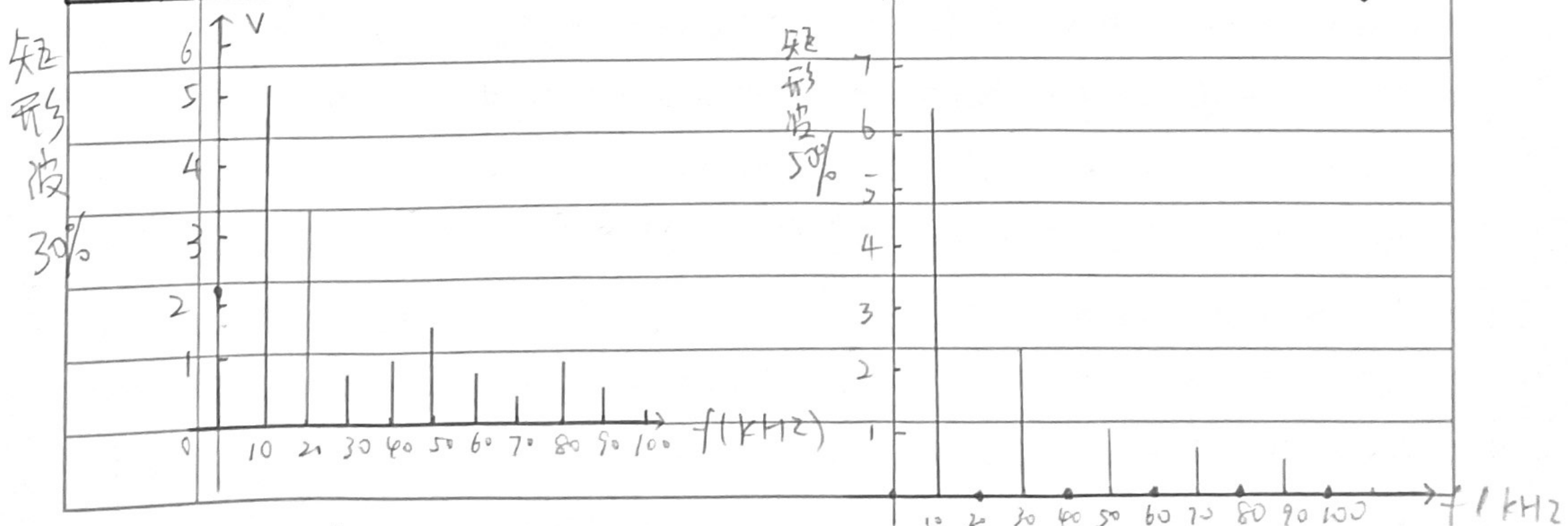
其中 $a_0 = \frac{V(2\tau - T)}{T}$, $A_n = \frac{2V}{n\pi} \sin\left(\frac{n\omega_1 \tau}{2}\right) \quad (n=1, 2, \dots)$

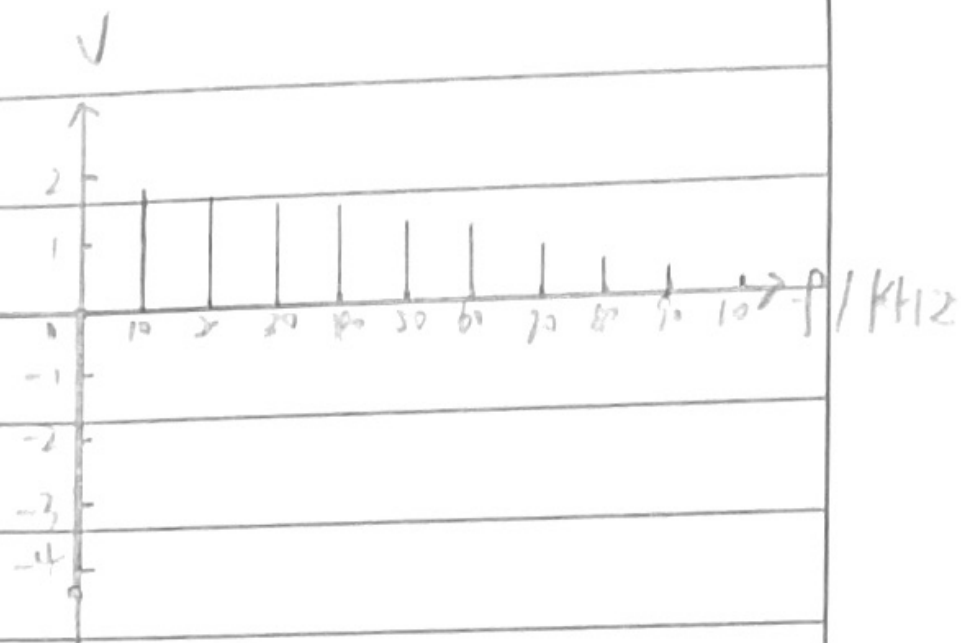
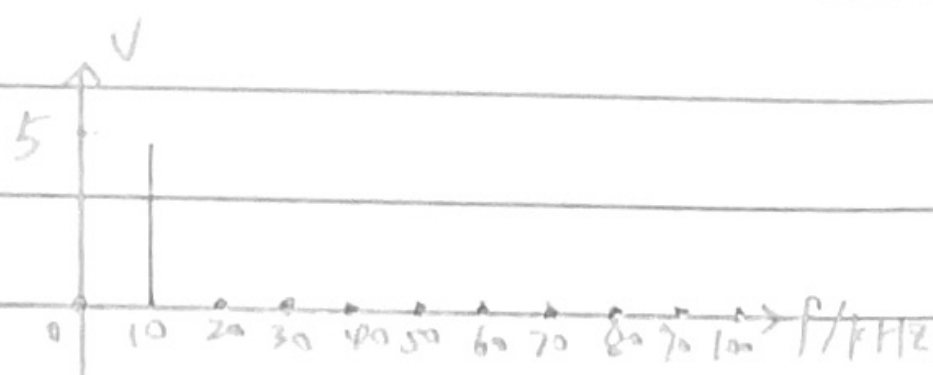
式中, V 为矩形脉冲的峰值, τ 为矩形脉冲的脉宽, T 为矩形脉冲的周期, ω 为矩形脉冲的角频率。
运用仿真软件中的 Fourier (傅里叶) 分析可以非常方便, 直观地得到周期信号的单边频谱图。

四、实验数据分析和实验结果。

测试数据

波形占比	矩形波10%	矩形波30%	矩形波50%	正弦波	三角波50%	三角波70%	三角波90%	n
0	-4.02	2.03	0	0	0	0	0	0
10	1.92	5.11	6.37	4.99	4.05	3.90	3.48	1
20	1.83	3.05	0	0	0	1.15	1.65	2
30	1.69	0.72	2.12	0	0.45	0.17	1.01	3
40	1.50	0.88	0	0	0	0.19	0.67	4
50	1.27	1.28	1.27	0	0.16	0.08	0.45	5
60	1.02	0.67	0	0	0	0.03	0.30	6
70	0.76	0.22	0.91	0	0.83	0.07	0.19	7
80	0.51	0.74	0	0	0	0.05	0.10	8
90	0.26	0.61	0.71	0	0.50	0	0.04	9
100	0.05	0.06	0	0	0	0.03	0	10





五、实验小结.

1. 理想的正弦波只有基波, 而无谐波分量, 如果能测出谐波分量, 说明正弦波已有失真.
2. 单位冲激信号的傅里叶变换等于1, 其频谱称为均匀谱(白色谱)
3. 周期信号的频谱有三个特点: 离散性, 谐波性, 收敛性.
4. 连续非周期信号的频谱是连续, 非周期.
5. 非正弦周期信号的谱线是离散的, 其中角频率间隔为 $2\pi f$, 且只存在于 $2\pi f$ 的整数倍上.
6. 采用 Multisim 软件对正峰值为 $4V$ 、负峰值为 $-4V$ 、频率为 $1kHz$ 、占空比为 20% 的矩形波进行单边频谱分析, 可知, 其直流分量为负值, 谱线包络的第一个零结点位置为 $5kHz$, 有效频带范围内谱线有4条. 当增大矩形波占空比后, 其谱线包络的主峰高度增高, 有效频带宽度减小, 有效频带范围内高次谐波数目减少.