课程编号 1800450001

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **得分** | **教师签名** | **批改日期** |
|  |  |  |

**深 圳 大 学 实 验 报 告**

**课程名称：­ 大学物理实验（二）**

**实验名称： RLC电路谐振特性的研究**

**学 院： 计算机与软件学院**

**指导教师： 高阳**

**报告人： 吴艇 组号： 19**

**学号 2020281061 实验地点 210**

**实验时间： 2021 年 10 月 27 日**

**提交时间：**

|  |
| --- |
| 一、实验目的  当电容C和电感L同时出现在电路中时，会发生谐振现象，这种电路叫谐振电路。在实际的电路中，总存在线圈、导线等电阻，因此，这种电路实际上是一个RLC谐振电路。RLC谐振电路最重要的应用是在无线电技术中的信号选择（也叫选频），也被广泛用于振荡器、滤波器里，在一些特殊的情况下，也用来升压。谐振现象也会带来一些危害，研究谐振的目的在于认识这种客观现象，在生产技术上充分利用谐振，同时又要预防它所产生的危害。  本实验的目的在于：（1）初步认识RLC电路的谐振特性，并学习RLC电路谐振曲线、谐振频率、通频带、品质因数的测试方法；（2）交流电路和直流电路中测电压的方法存在显著的不同，在实验中注意学习交流电路中测电压的方法。 |
| 二、实验原理  RLC谐振电路分串联谐振（也叫电压谐振）和并联谐振（也叫电流谐振）。  （―）RLC串联谐振  1.串联谐振现象及谐振频率  图3-2-1所示是一个RLC串联谐振电路.其交流电压U与交流电流I（均为有效值）的关系为  ()  电压与电流的相位差为  ()  其中：，称为交流电路的阻抗；L是电感的自感系数；C是电容器的容值；R是电路中的电阻（注意：电路中的电阻除了之外，还有电感上的，即）；是交流电源的圆频率；U是交流电源的输出电压的有效值。  由式(3-2-1)、式(3-2-2)可知，Z、、I都是电源圆频率的函数，当=0时，电压和电流问的位相差为零，即，此时电路中阻抗Z达到极小，电流I达到最大值，整个电路呈纯电阻性，这种现象叫做谐振现象，发生谐振的圆频率叫谐振圆频率，的大小为  ()  谐振频率为  ()  保持电压U不变，由式(3-2-1)决定的I - f曲线称为RLC串联谐振曲线，如图3-2-2所示。  2.品质因数Q及带宽  RLC串联电路谐振时，电感上的电压和电容上的电压大小相等，相位相反，总电压为，通常情况下，谐振电路的R比起容抗、感抗来说小得多，所以和比总电压U大许多倍，这个倍数称为谐振电路的品质因数Q，即  ()  因为Q—般都大于1，所以串联谐振也叫电压谐振。  Q除了反映电路的电压分配之外，也反映电路存储能量的效率。RLC串联电路谐振时，能量在电容和电感之间来回振荡，在振荡过程中能量有一部分变成焦耳热消耗在电阻上，为了维持振荡，外电路就要不断输人能量。由式(3-2-5)也可看出，电阻越小，Q值越大，存储能量的效率越高。  Q值也决定了电路的频率选择性能。为了定量描述频率选择性能，把在谐振峰两边的处对应频率之间的宽度称为通频带宽度，简称带宽，如图3-2-3所示。Q值越大，谐振峰越高，带宽越窄，电路的频率选择性越强。Q值和带宽的关系为  ()    （二）RLC并联谐振  并联谐振现象及谐振频率的介绍如下。  图3-2-4所示是一个RLC并联谐振电路，其等效阻抗Z和位相差分别为  ()  ()  并联电路的总电流I和等效阻抗Z的频率特性与串联相反，在某一频率下，阻抗有极大值，电流有极小值，如图3-2-5所示（注：在并联电路中，阻抗达到的极大频率，与谐振频率不严格一致）。    在某一特定频率下，电流和电压同相，即，整个电路呈纯电阻性，通常说电路达到谐振，由式（3-2-8）可解出并联谐振圆频率为  ()  其中为RLC串联时的谐振圆频率，Q为并联谐振的品质因数，其表达式仍为  ()  当Q>>1时，有。  从式(3-2-9)可看出，只有当，即时，才是实数，才有可能通过调频使电路达到谐振，实验中要注意这个问题。  谐振时，两个支路的电流和大小几乎相等，相位差为，且近似为总电流I的Q倍，即= QI， Q—般都大于1，因而并联谐振也称为“电流谐振”。谐振时，因阻抗最大，在激励电流一定时，电压的有效值最大，如图3-2-5所示。  和串联谐振电路一样，Q越大，并联谐振电路的选择性越好 |
| 三、实验仪器：  实验仪器包括：DH4503型实验仪、MVT-172D型交流数字毫伏表、导线若干。  (―)DH4503型RLC实验仪  1. DH4503型实验仪简介  DH4503型RLC实验仪与交流数字毫伏表配合可以开展RLC谐振特性的研究实验，与示波器配套可以开展RC、RL、RLC暂态特性实验及RC、RL、RLC稳态特性(幅频特性、相频特性)的研究，RLC串联并联选频特性分析，电感量、电容量的测量，交流信号的整流滤波实验。其操作面板如图3-2-6所示。    2. DH4503型RLC实验仪主要技术指标  (1) 输入电源：220 V±10%，50 Hz。  (2) 环境适应性：；为。  (3) 抗电强度：仪器能耐受50 Hz、500 V正弦波电压1 min。  (4) 信号源：输出波形为正弦波、方波、直流。  T作频率范围：正弦波（分三挡）分别为、、 ；  方波为：。  最大信号幅度：正弦波、方波电压峰峰值为；  直流为。  （二）MVT-172D型交流数字毫伏表  1. MVT-172D型交流数字毫伏表简介  MVT-172D型交流数字毫伏表适用于测量频率为的正弦波的有效电压值，采用4位数显，有电压V、dB、dBm三种显示方式，其操作面板如圈3-2-7所示。    POWER：电源开关。  AUTO/MAN：测量方式选择。开机时处于“AUTO”（自动转换量程）状态，按一下该开关，转换到“MAN”（手动转换量程），再按下该开关，回到“AUTO”状态。  PRESET PANGE：当测量方式为“MAN”时用于改变量程。  CHANNEL（CH1/ CH2）：用于选择测量通道，按下CHANNEL键，若“CH1”前的灯亮.表头将显示CH1测得的电压；若“CH2”前的灯亮，表头将显示CH2测得的电压。  CH1:被测信号输入通道1。  CH2：被测信号输人通道2。  OVER：该指示灯亮，表示量程不合适。  AUTO：该指示灯亮，表示处于自动测换量程的状态。  MAN：该指示灯亮，表示处于手动测换量程的状态。  2.主要技术指标  （1） 交流电压测量范围：。  （2） 量程：3mV，30mV，300mV，3V，30V，300V。  （3） 电压的固有误差：5%读数土6个字（1 kHz为基准）。  （4） 频率范围：。  （5） 最大输入电压有效值：450 rms。 |
| 四、实验内容：  （一）RLC串联电路的谐振特性研究  具体要求：  （1）分别取和测两条谐振曲线，分析电路中电阻不同会有哪些影响。  （2）测量谐振频率，分析谐振频率的测量值和理论值是否相等，若不相等，请分析原因。  （3）测量带宽：测出谐振曲线后，可由谐振曲线图求出带宽。  （4）测量品质因数Q，并分別用三种方法计算Q值，比较三种方法的计算结果是否相等，若不等，分析原因。  方法1：  方法2：，其中  方法3：  操作提示:  （1）测绘谐振曲线时应保持信号源的输出电压不变。信号源输出电压为2V以下，为便于计算，推荐值为1V。电源的频率可由RLC实验仪的频率计直接读出，电路电流由算出。用交流毫伏表的两个通道分别测信号源电压和电阻的电压时须注意毫伏表两通道的地线是相通的，接入电路时应在同一点上（共地），否则会造成短路。测量电路呵参照图3-2-8。  （2）选合适的L值、C值和R值，推荐值为，。  （3）测量点的选择。先计算出谐振频率的理论值，再从到，相隔一定频率间隔测一次电压值，在谐振频率附近应缩短步长多测几个点。  （4）当达到最大时对应的电源频率就是谐振频率，请记录这一点的坐标。作图时应注意，这一点对应谐振曲线的峰值点。  （5）品质因数Q的测量方法。达到谐振吋，测量电路中L、C上的电压和，由可计算出Q。  （二）RLC并联电路的谐振特性研究（选做）  具体要求：自行拟定测量内容及方法，对并联电路的谐振现象做进一步的探究。  测量电路可参见图3-2-9。L、C仍用串联电路中所用的数值，是电感本身的电阻，取。    需要解决的问题：  （1）在测量并联谐振曲线时，需要电路中的I保持恒定.这应该怎么保证？  （2）在电路中加入电阻后，为了使上的电压不随频率改变，测量点应该怎么选择？  注意事项：  （1）毫伏表两通道的公共线是相通的，连接线路时注意不要将电源短路。在测量和时，注意信号源和测量仪器共地的接法。  （2）注意改变频率时要重新调整和测量音频振荡器的输出电压，使它保持为定值。 |
| 五、数据记录：  组号： 19 ；姓名 吴艇  C= L=   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | f/Hz |  | |  | | f/Hz |  | |  | | | u=mV | i/mA | u/mV | i/mA | u=mV | i/mA | u/mV | i/mA | | 1600 | 75.6 | 0.756 | 150 | 0.750 | 2400 | 700 | 7.00 | 822 | 4.11 | | 1700 | 88.8 | 0.888 | 173 | 0.865 | 2450 | 582 | 5.82 | 776 | 3.88 | | 1800 | 105 | 1.05 | 207 | 1.04 | 2500 | 456 | 4.56 | 688 | 3.44 | | 1900 | 135 | 1.35 | 262 | 1.31 | 2550 | 371 | 3.71 | 612 | 3.06 | | 2000 | 178 | 1.78 | 330 | 1.65 | 2600 | 309 | 3.09 | 531 | 2.66 | | 2100 | 256 | 2.56 | 436 | 2.18 | 2700 | 229 | 2.29 | 415 | 2.08 | | 2150 | 304 | 3.04 | 512 | 2.56 | 2800 | 182 | 1.82 | 343 | 1.72 | | 2200 | 374 | 3.74 | 591 | 2.96 | 2900 | 155 | 1.55 | 293 | 1.47 | | 2250 | 483 | 4.83 | 682 | 3.41 | 3000 | 131 | 1.31 | 259 | 1.200 | | 2300 | 600 | 6.00 | 763 | 3.82 | 3100 | 120 | 1.20 | 230 | 1.15 | | 2350 | 723 | 7.23 | 819 | 4.10 | 3200 | 109 | 1.09 | 211 | 1.06 |   时：  共振频率的理论值 2400Hz ;共振频率测量值 2377Hz ; 715mV ;  达到共振时： 10.9V 11.1V  时：  共振频率的理论值 2400Hz ;共振频率测量值 2375Hz ; 818mV ;  达到共振时： 6.35V 6.49V |
| 六、数据处理   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | f/Hz |  | |  | | f/Hz |  | |  | | | u=mV | i/mA | u/mV | i/mA | u=mV | i/mA | u/mV | i/mA | | 1600 | 75.6 | 0.756 | 150 | 0.750 | 2400 | 700 | 7.00 | 822 | 4.11 | | 1700 | 88.8 | 0.888 | 173 | 0.865 | 2450 | 582 | 5.82 | 776 | 3.88 | | 1800 | 105 | 1.05 | 207 | 1.04 | 2500 | 456 | 4.56 | 688 | 3.44 | | 1900 | 135 | 1.35 | 262 | 1.31 | 2550 | 371 | 3.71 | 612 | 3.06 | | 2000 | 178 | 1.78 | 330 | 1.65 | 2600 | 309 | 3.09 | 531 | 2.66 | | 2100 | 256 | 2.56 | 436 | 2.18 | 2700 | 229 | 2.29 | 415 | 2.08 | | 2150 | 304 | 3.04 | 512 | 2.56 | 2800 | 182 | 1.82 | 343 | 1.72 | | 2200 | 374 | 3.74 | 591 | 2.96 | 2900 | 155 | 1.55 | 293 | 1.47 | | 2250 | 483 | 4.83 | 682 | 3.41 | 3000 | 131 | 1.31 | 259 | 1.200 | | 2300 | 600 | 6.00 | 763 | 3.82 | 3100 | 120 | 1.20 | 230 | 1.15 | | 2350 | 723 | 7.23 | 819 | 4.10 | 3200 | 109 | 1.09 | 211 | 1.06 |   由表格得：当时，  故，,，，  ①  ②，  ③  由  共振频率理论值和测量值体现在数据记录栏。 |
| 七、结果陈述：  本次实验测量得共振频率，以及在共振时与的值，都与理论值接近，在一定误差的范围内。 |
| 八、实验总结与思考题  总结：本次实验主要测量在不同信号频率下的电阻两端以及在共振频率下电容和电感两端的电压，在数据处理的时候品质因数需要通过理论计算和实验数据计算。  思考题：  1.可以用哪些试验方法判别电路处于谐振状态？  答：测量端口电压和电流，谐振状态下表现为纯电阻性（看示波器R两端电压达到最大值）；电源电压与电流同相位时处于谐振状态。  2.实验中，当RLC串联电路发生谐振时，是否有(为电阻上的电压，为电源输出电压）和？若关系式不成立，试分析其原因。  答：关系成立，当RLC电路发生谐振时，电感上的电压与电容上的电压是相等的，电阻上的电压灯光与电源上的电压。不成立可能是没有找准谐振点。  3.研究RLC串联电路谐振时，L值、C值和R值的选择会影响什么？实验中L值、C值和R值的选择应注意什么问题？  答：研究RLC串联电路谐振时，L值和C值会影响谐振频率和品质因数，R值会影响品质因数。所以在实验中应该注意选取合适的参数大小，使得实验顺利进行。  4.在交流电路中测电压应注意什么问题？  答：本实验中，在测量一个元件两端电压时要注意与电源“共地”。在平常实验中，在不知道具体电压时，应该选用量程较大的档位进行测量，以免电压表损坏。 |
| 指导教师批阅意见： |
| 成绩评定：     |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **预习**  （20分） | **操作及记录**  （40分） | 数据处理20分 | 结果陈述实验总结10分 | 思考题  10分 | **报告整体**  **印 象** | **总分** | |  |  |  |  |  |  |  | |