**實驗單元(八)－RLC穩態電路**

**◎實驗單元摘要**

**此實驗單元包括：一階RC穩態電路與RLC二階串聯諧振電路，主要來探討RLC電路對頻率的關係。實驗測量方式只要是由函數波產生器提供測試訊號，經由輸入不同的頻率值來測量輸出節點數據，再經由Excell圖表作圖。另外也由示波器來測量-3dB頻率值下，所相對的波形圖，並測量兩波形的時間差，計算出相位角度。**

**◎學習目標**

**1.了解RC交流穩態特性(振幅、相位與頻率關係)。**

**2.了解RLC二階暫態電路特性、穩態特性及諧振電路特性。**

**3.使用OrCAD模擬軟體，模擬出RLC交流特性。**

**◎實驗單元目錄**

**一、實驗儀器設備與實驗材料表(P.02)**

**二、實驗預報(P.02)**

**三、電路說明(P.03)**

**四、實驗內容(P.08)**

**■實驗項目(一)：一階RC交流穩態電路(P.08)**

**■實驗項目(二)：RLC二階串聯諧振電路(P.12)**

**五、實驗問題與討論(P.14)**

**六、撰寫實驗結論(P.14)**

**七、實驗綜合評論(P.15)**

**八、附上實驗進度紀錄單(照片檔)、麵包板及PCB電路板組裝圖檔(照片檔) (P.15)**

**九、實驗參考資料來源(P.15)**

**◎實驗內容**

**一、實驗儀器設備與實驗材料表**

**表(一)：實驗儀器設備**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **項次** | **儀器名稱** | **數量** |
| **1** | **萬用電錶或三用電錶** | **1部** |
| **2** | **示波器** | **1台** |
| **3** | **訊號產生器** | **1台** |
| **4** | **RLC Meter** | **1台** |

**表(二)：實驗材料表**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **項次** | **位 置 碼** | **元 件 說 明** | **用量** |
| **1** | **R1、R2** | **10KΩ 1/4W 5% 碳膜電阻** | **2個** |
| **2** | **R3** | **1KΩ 1/4W 5% 碳膜電阻** | **1個** |
| **3** | **C1** | **0.001uF PE電容** | **1個** |
| **4** | **C2** | **0.68uF 陶瓷電容** | **2個** |
| **5** | **L1** | **68uH 電感** | **1個** |

**二、實驗預習**

**1.當電路學在討論交流電路時，對於基本電路元件電容C而言，定義出新名詞：容抗 (capacitive reactance)，，試推導出上述的表示式。**

**2.當電路學在討論交流電路時，對於基本電路元件電感L而言，定義出新名詞：感抗 (inductive reactance)，，試推導出上述的表示式。**

**3.請列出RLC串聯電路阻抗(impedance)大小值表示式？**

**試說明在何種電路條件下，RLC串聯諧振電路會產生諧振現象，其諧振頻率(resonant frequency)？**

**三、電路說明**

**1.RC穩態電路[1]**

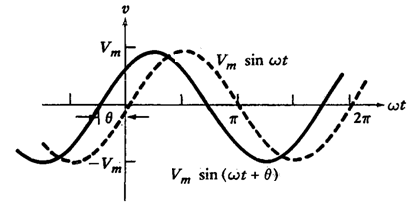
**★弦波激勵函數**

**弦波表示式 ……………………………………………(1)**

**上述中包含一個相角(θ)在其引數中。(1)式在圖(十二)中是畫成()的函數，且相角為原來正弦波(圖中以虛線表示)向左移或超前時間弳數。**

**因相對應的點發生於θ(rad)或()之前，所以[]比領先θ(rad)。**

**相反的，將描述成比落後θ(rad)或是比領先(-θ)(rad)，或是比領先θ(rad)，也是正確的。**

****

**圖(一)：正弦波領先之相角為θ(rad)**

* **以下列電路圖模擬說明**

|  |  |
| --- | --- |
| **RC一階電路** | **轉移函數(R1=R,C1=C)** |
|  |  |
| **圖(二)：RC一階電路** |  |

**■AC SWEEP**

****

**-3dB截止頻率約32KHz**

* **Time Domain**

****

* **t=3.989us，計算相角二=360×32KHz×3.989us=45.953(度)，此時落後，。**

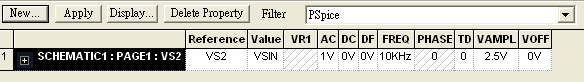
**圖(三)：AC SWEEP與Time Domain模擬輸出**

**2.RLC二階串聯諧振電路**

**由ORCAD軟體模擬RLC串聯諧振電路，AC SWEEP掃描方式，此電路的頻率響應圖及時域波形如下所示。**

****

**圖(四)：RLC串聯諧振電路模擬電路圖(使用DB探棒)**

****

**圖(五)：V2 VSIN波形之文字設定\**

**◎模擬結果：**

**a.AC SWEEP(頻率響應)**

****

**圖(六)：RLC串聯諧振電路模擬輸出(使用dB探棒)**

**測量值：233.376Hz(-3dB頻率)，2.3714MHz(-3dB頻率)**

**b.相位圖：-3dB頻率相對相角度。**

****

**圖(七)：RLC串聯諧振電路模擬輸出(使用VP探棒)**

**c.時域測試資料(Time Domain)：**

**(輸入頻率)，VS2=5()，Ve=3.529()**

****

**圖(八)：RLC串聯諧振電路模擬輸出(使用電壓探棒)**

**d.時域測試資料(Time Domain)：**

**測試資料：(輸入頻率)，VS2=5()，VE=3.4952()**

****

**圖(九)：RLC串聯諧振電路模擬輸出(使用電壓探棒)**

**四、實驗數據測量與記錄**

**■實驗項目(一)：一階RC交流穩態電路**

****

**圖(8-1)：實驗電路圖(一)**

1. **參閱圖(8-1)使用麵包板組裝上述電路接線。**
2. **計算出-3dB截止點頻率理論值 KHz(代入上述電阻及電容值之測量值)。**
3. **示波器設定：**

**a.探棒CH1＝節點[VS1]，CH2＝節點[a]，示波器視窗中兩波形分開。**

**b.CH1、CH2輸入設定以「直流」耦合方式。測試探棒×1。**

**c.垂直解析度－1V/格。水平掃描時間－200ms/格。**

**d.觸發面板設定－**

|  |  |
| --- | --- |
| **觸發方式－邊緣觸發** | **觸發方式－自動** |
| **信源選擇－CH1** | **耦合－直流** |
| **邊緣類型－無關** | **Level旋鈕－不用設定** |

**e.水平面版－水平觸發點游標定於螢幕中心位置點。**

**f.測量功能鍵－測量CH1、CH2之電壓(峰-峰值)及時間差或相位差。**

**g.說明示波器使用－兩波形延遲時間之測量：見圖(8-2)，輸入為5(Vp-p)。**

|  |
| --- |
|  |

**圖(8-2)：示波器設定(延遲時間)**

1. **訊號產生器(F.G.)設定：F.G.輸出端接至電路輸入端VS1節點，調整(F.G.)振幅約為2.5V之正弦波(F.G.面板上振幅)，頻率值設定為2Hz。**
2. **示波器CH1探棒需與節點[VS1]並接，使用示波器電壓測量功能鍵，測量CH1的峰-峰值電壓，示波器測得約為之正弦波。**
3. **示波器兩波形延遲時間之測量結果與調整。**

**a.Dly\_A＜20.0ms表示CH1與CH2延遲時間小於20ms，受限於示波器水平時間軸的解析度，無法顯示出更小的時間差，如果將兩波形重疊顯示，將發現時間軸上的兩訊號交疊在一起，如此可將兩訊號的時間延遲視為0sec。**

**b.當F.G.頻率改變後，CH2節點振幅大小會變小，此時需改變垂直軸的刻度，盡量讓CH1與CH2兩訊號在螢幕上能夠顯示有相同的波形大小，**

**c.當F.G.頻率改變後，示波器也需要改變時間軸的刻度，於示波器螢幕中顯示幾個週期波形就可以，如此較易測得兩訊號的時間延遲。**

1. **測量數據，將測量值填入表格(8-1)中。**

**a.測量CH1電壓大小(峰-峰值)約5()，當訊號產生器(F.G.)調整頻率時，有時候(F.G.)輸出振福改變大小，此時需調整一下振幅旋鈕，示波器測量電壓值，依示波器的解析度，請記錄到小數點第二位。**

**b.適當調整水平掃描時間及垂直刻度，測得[CH1，CH2] 之電壓(峰-峰值)及[CH1，CH2]之間的相位差或時間延遲，將數據記錄於表格(8-1)中且計算出dB值，依序改變表格(8-1)之頻率值，完成表格(8-1)內容。**

**c.使用Excel軟體繪製頻率響應圖(包含大小及相位)，其中相位範圍取[＋180°～－180°]。例如：相位差＝280°，需轉換為(－80°)。**

1. **測量-3dB截止點頻率：又稱半功率截止頻率。**

**a.計算公式：。**

**另以電壓計算時公式：，，表示輸出與輸入電壓比為倍。**

**b.依據電路模擬＝31.9KHz，相位差約45°。**

**c.CH1＝節點[VS1]，CH2＝節點[a]。**

**d.調整訊號產生器輸出頻率約32KHz，然後使用頻率微調旋鈕微調頻率，使得節點[a]輸出振幅＝，此時記錄頻率值，即為-3dB截止點頻率＝ KHz，測量與記錄出相位差＝ 度，並記錄CH1對CH2的相位是□相位超前或是□相位落後之關係。**

**e.擷取上述截止點頻率的波形，CH1對CH2的相位差為□超前或是□落後。**

**◎擷取節點[a]─(-3dB)截止點頻率波形：DC耦合。**

**表(8-1)：頻率響應數據**

| **頻率** | **輸入振幅約略值≒** | **記錄輸出振幅** | **計算㏒(dB)** | **記錄CH1及CH2之間的相位差** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **2** |  |  |  |  |
| **10** |  |  |  |  |
| **100** |  |  |  |  |
| **500** |  |  |  |  |
| **1000** |  |  |  |  |
| **3000** |  |  |  |  |
| **5000** |  |  |  |  |
| **7000** |  |  |  |  |
| **9000** |  |  |  |  |
| **10E3** |  |  |  |  |
| **30E3** |  |  |  |  |
| **50E3** |  |  |  |  |
| **70E3** |  |  |  |  |
| **90E3** |  |  |  |  |
| **100E3** |  |  |  |  |
| **300E3** |  |  |  |  |
| **500E3** |  |  |  |  |
| **700E3** |  |  |  |  |
| **900E3** |  |  |  |  |
| **1000E3** |  |  |  |  |

**◎測試說明：輸出振幅會隨輸入頻率增加而減少，故需要適當調整示波器得水平掃描時間及垂直刻度，以利實驗數據之測量。**

**9.完成上述實驗記錄之後(請確實記錄)，將數據填入Excell檔案中(先建立表格)，並分別計算dB值及相位差，並使用Excell完成下列圖表，附於實驗報告中。**

**a.E3表示科學記號為，E-6表示科學記號為。**

**10.繪製出電壓增益對頻率之響應圖及相位對頻率之響應圖。**

**a.頻率響應圖(Excell作圖)－增益對頻率之關係。**

**b.頻率響應圖(Excell作圖)－相位對頻率之關係。**

**■實驗項目(二)：RLC二階串聯諧振電路**

****

**圖(8-3)：實驗電路圖(二)**

1. **參閱圖(8-3)焊接電路板上電路接線。**
2. **訊號產生器設定：**

**a.訊號產生器輸出端接至節點[VS2]。**

**b.調整輸出振幅約為2.5(V)之正弦波(F.G.面板上振幅)，頻率值=10KHz。**

1. **示波器的設定：**

**a.示波器探棒CH1＝節點[VS2]，CH2＝節點[e]，將兩波形分開。**

**b.CH1、CH2輸入以「直流」耦合方式。測試探棒×1。**

**c.垂直解析度－1V/格。水平掃描時間－200ms/格。**

**d.觸發面板設定－**

|  |  |
| --- | --- |
| **觸發方式－邊緣觸發** | **觸發方式－自動** |
| **信源選擇－CH1** | **耦合－直流** |
| **邊緣類型－無關** | **Level旋鈕－不用設定** |

**e.水平面版－水平觸發點游標定於螢幕中心位置點。**

1. **測量數據，將測量值填入表格(8-2)中。**

**a.CH1電壓(峰-峰值)約。**

**b.訊號產生器輸出頻率＝10KHz，調整適當的水平掃描時間，測得[CH1，CH2] 之電壓()振幅，其中CH2之()電壓振幅，需調整CH2垂直軸刻度以利觀測數據，將數據記錄於表格(8-2)中。**

**c.依據前項.b.步驟及依序改變表格(8-2)之頻率值，完成表格(8-2)內容。**

**d.改變訊號產生器頻率時，也會改變輸出振幅，只要稍微調整輸出振幅旋鈕，即可修正輸出振幅約為，即電壓需固定值。**

**e.使用Excel軟體繪製對頻率的諧振曲線圖的頻率響應圖。**

**f.輸出圖表：頻率響應圖(Excell作圖)－對頻率之關係。**

**表(8-2)：RLC串聯諧振電路測量數據**

| **測試頻率** | **輸入振幅固定值** | **記錄** | **測試頻率** | **輸入振幅固定值** | **記錄** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **2** |  |  | **20E3** |  |  |
| **10** |  |  | **30E3** |  |  |
| **100** |  |  | **40E3** |  |  |
| **1000** |  |  | **50E3** |  |  |
| **2000** |  |  | **60E3** |  |  |
| **3000** |  |  | **70E3** |  |  |
| **4000** |  |  | **80E3** |  |  |
| **5000** |  |  | **90E3** |  |  |
| **6000** |  |  | **100E3** |  |  |
| **7000** |  |  | **200E3** |  |  |
| **8000** |  |  | **300E3** |  |  |
| **9000** |  |  | **400E3** |  |  |
| **10E3** |  |  | **500E3** |  |  |
| **15E3** |  |  | **1000E3** |  |  |

**◎測試說明：輸出振幅會隨輸入頻率增加而減少(高頻)，輸出振幅也會隨輸入頻率減低而減少(低頻)，故需要適當調整示波器得水平掃描時間及垂直刻度，以利實驗數據之測量。**

1. **測量出-3dB截止點頻率**

**※注意事項：下列頻率調整時，仍然需注意訊號產生器的輸出振幅大小需維持，如有改變請微調訊號產生器振幅旋鈕。**

**a.依據電路模擬＝233.376Hz，相位差約45°。**

**b.依據電路模擬＝2.3714MHz，相位差約-45°。**

**c.CH1＝節點[VS2]，CH2＝節點[e]。**

**d.調整訊號產生器輸出頻率233Hz，然後使用頻率微調旋鈕微調頻率，使得節點[e]輸出振幅＝，此時記錄頻率值，即為截止點頻率＝ KHz，測量與記錄出相位差＝ 度，並記錄CH1對CH2的相位是□相位超前或是□相位落後之關係。**

**e.擷取上述波形，需測量頻率值、延遲時間及節點[e]輸出振幅。**

**◎擷取節點[e]─-3dB截止點頻率波形：DC耦合。**

**f.調整訊號產生器輸出頻率約2.37MHz，然後使用頻率微調旋鈕微調頻率，使得節點[E]輸出振幅＝，此時記錄頻率值，即為截止點頻率＝ KHz，測量與記錄出相位差＝ 度，並記錄CH1對CH2的相位是□相位超前或是□相位落後之關係。**

**g.擷取上述波形，需測量頻率值、延遲時間及節點[e]輸出振幅。**

**◎擷取節點[e]─-3dB截止點頻率波形：DC耦合。**

**五、實驗問題與討論**

**1.RLC串聯諧振電路有定義Q值，請問在您所畫出的對頻率的諧振曲線圖中，如何來表示此Q值。如何更改RLC串聯諧振電路中之元件以得到高Q值電路？**

**2.相位有超前及落後兩種，您在示波器上觀測波形時，您如何判斷是那一種相位差情形？**

**六、撰寫實驗結論與心得**

**七、實驗綜合評論**

**1.實驗測試說明、實驗補充資料及老師上課原理說明，是否有需要改善之處。**

**2.實驗模擬項目內容，是否有助於個人對實驗電路測試內容的了解。**

**3.實驗測量結果，是否合乎實驗目標及個人的是否清楚瞭解其電路特性。**

**4.就實驗內容的安排，是否合乎相關課程進度。**

**5.就個人實驗進度安排及最後結果，自己的評等是幾分。**

**6.在實驗項目中，最容易的項目有那些，最艱難的項目包含那些項目，並回憶一下，您在此實驗中學到了那些知識與常識。**

**八、附上實驗進度紀錄單(照片檔)、麵包板及PCB電路板組裝圖檔(照片檔)**

**九、實驗參考資料來源**

**[1]陳盛有,陳長安編譯,“工程電路分析”,東華書局出版,第四版,P.301～P.311,1992.**