

## **BÀI 4**

# **ĐÁP ỨNG TẦN SỐ VÀ MẠCH CỘNG HƯỞNG**

### **A. MỤC ĐÍCH :**

Bài thí nghiệm giúp sinh viên hiểu được tính chất phụ thuộc tần số của mạch điện thông qua xác định đáp ứng tần số của mạch, khảo sát các mạch lọc thụ động cơ bản và tìm hiểu hiện tượng cộng hưởng (xem thêm lý thuyết ở chương 2 – giáo trình Mạch Điện I).

### **B. ĐẶC ĐIỂM :**

Mạch lọc điện là mạch điện có tính chất cho qua (pass) các tín hiệu ở một khoảng tần số nào đó và không cho qua (stop) các tín hiệu ở các tần số còn lại. Mạch lọc thụ động được thiết kế từ các phần tử R, L, C và M. Mạch lọc tích cực có sự tham gia của các phần tử nguồn, phổ biến là các phần tử mạch bán dẫn hay OP-AMP. Có 4 loại mạch lọc cơ bản: mạch lọc thông thấp, mạch lọc thông cao, mạch lọc thông dải và mạch lọc chắn dải. Khảo sát mạch lọc dựa trên tìm đáp ứng tần số của mạch lọc, thường viết dạng:

$$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_{\text{out}}}{\dot{U}_{\text{in}}} = |H(j\omega)| \angle \varphi$$

Tần số cắt ( $f_c$ ) của mạch lọc là tần số mà ở đó  $|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{2}} |H(j\omega)|_{\text{max}}$  hay tính theo độ lợi đơn vị dB là -3db so độ lợi tại  $|H(j\omega)|_{\text{max}}$ .

Cộng hưởng là một hiện tượng đặc trưng của tính chất thay đổi theo tần số của một nhánh mạch điện: áp và dòng sẽ cùng pha tại tần số cộng hưởng. Có hai dạng cộng hưởng cơ bản: cộng hưởng nối tiếp và cộng hưởng song song. Ở mạch cộng hưởng RLC nối tiếp, trị hiệu dụng các điện áp trên các phần tử kháng ở gần cộng hưởng sẽ rất lớn so với điện áp vào của mạch (do đó mạch cộng hưởng nối tiếp còn gọi là cộng hưởng áp). Ở mạch cộng hưởng RLC song song thì dòng điện qua mắc lưới LC ở gần cộng hưởng sẽ rất lớn so với dòng điện cấp cho mạch (do đó mạch cộng hưởng song song còn gọi là cộng hưởng dòng).

Tại tần số cộng hưởng, biên độ tín hiệu ngõ ra sẽ là cực đại. Và khoảng tần số, mà ở đó biên độ hàm truyền đạt áp lớn hơn  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  biên độ cực đại, được gọi là băng thông của mạch cộng hưởng (ký hiệu là BW). Dấu băng xảy ra tại tần số cắt của mạch cộng hưởng. Có hai giá trị tần số cắt: tần số cắt dưới  $f_1$

(hay  $\omega_1$ ) bé hơn tần số cộng hưởng và tần số cắt trên  $f_2$  (hay  $\omega_2$ ) lớn hơn tần số cộng hưởng (xem thêm các công thức tính tần số cắt theo thông số mạch ở chương 2– giáo trình Mạch Điện I).

Băng thông của mạch cộng hưởng được xác định khi biết tần số cắt :

$$BW = f_2 - f_1 \text{ (Hz)}$$

Hay:  $BW = \omega_2 - \omega_1 \text{ (rad/s)}$

Hệ số phẩm chất Q của mạch cộng hưởng có thể tính bằng công thức :

$$Q = f_0 / BW \quad ; \quad \text{với } f_0 \text{ là tần số cộng hưởng.}$$

(BW và tần số cùng theo thứ nguyên như nhau)

## C. PHẦN THÍ NGHIỆM :

### I. Giá trị thông số mạch thí nghiệm:

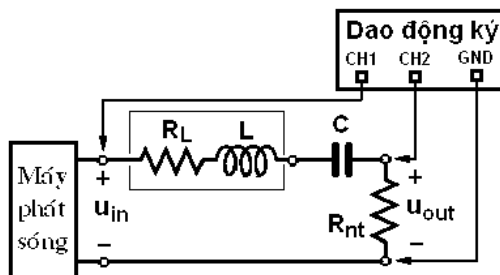
Giá trị thông số mạch thí nghiệm trong bài thí nghiệm này cho trong bảng sau, trong đó  $R_L$  là điện trở nội của cuộn dây trong mô hình nối tiếp.

Phần tử	Giá trị danh định
$R, R_{nt}$	1 k $\Omega$
$R_{ss}$	2,2 k $\Omega$
C	0,047 $\mu$ F (473)
L	100 mH
$R_L$	300 $\Omega$

### II. Mạch cộng hưởng RLC nối tiếp:

#### a) Đo tần số cộng hưởng nối tiếp:

Thực hiện mạch thí nghiệm như Hình 1.4.1. Chỉnh máy phát sóng sin để  $u_{in}$  luôn có biên độ 2 V, tần số chỉnh từ 1kHz đến khoảng 10kHz. Xác định tần số cộng hưởng  $f_0$  khi  $u_{in}$  và  $u_{out}$  cùng pha. Ta có :  $f_0 =$



Hình 1.4.1: Mạch cộng hưởng nối tiếp

**b) Vẽ dạng  $U_{out}(f)$  của mạch nối tiếp:**

Mạch thí nghiệm như 1.4.1, chỉnh  $u_{in}$  biên độ 2V, tần số thay đổi (có thể đọc tần số dùng dao động ký). Đọc biên độ  $u_{out}$  là áp trên điện trở dùng dao động ký và ghi vào bảng số liệu:

f (Hz)	100	1k	10k	100k	$f_0$
$U_{out}$ (V)					

+ Vẽ đặc tuyến  $U_{out}(f)$ .

**c) Đo tần số cắt và băng thông mạch nối tiếp:**

+ Từ giá trị  $f_0$ , giảm từ từ tần số máy phát cho đến khi  $U_{out} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{out}(f_0)$

(Lưu ý kiểm tra biên độ của  $u_{in}$  luôn giữ đúng 4 Vpp). Ta có :

$$f_1 = \quad ; \quad U_{out}(f_1) =$$

+ Từ giá trị  $f_0$ , tăng từ từ tần số máy phát cho đến khi  $U_{out} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{out}(f_0)$

(Lưu ý kiểm tra biên độ của  $u_{in}$  luôn giữ đúng 4 Vpp). Ta có:

$$f_2 = \quad ; \quad U_{out}(f_2) =$$

+ Xác định  $BW = f_2 - f_1$  và  $Q = f_0/BW$ .

**d) Thực hiện bảng số liệu mạch nối tiếp:**

+ Điền giá trị thông số mạch đo được vào cột thứ hai. (Với  $R_\Sigma = R_{nt} + R_L$ )

+ Dùng giá trị đo ở cột 2 để tính toán theo lý thuyết các đại lượng ở cột 3 và điền kết quả vào cột 4.

+ Ghi các đại lượng đo ở trên vào cột 5.

Phần tử	Giá trị	Đại lượng	Tính theo lý thuyết	Đo được	% sai số
$R_{nt}$		$f_0$			
$R_L$		$f_1$			
L		$f_2$			
C		BW			
$R_\Sigma$		Q			

+ Xác định sai số và ghi vào cột 6.

$$\% \text{ sai số} = \left| \frac{\text{lý thuyết} - \text{đo đạc}}{\text{lý thuyết}} \right| 100\%$$

**e) Đo góc lệch pha giữa  $u_{out}$  và  $u_{in}$  tại các tần số cắt:**

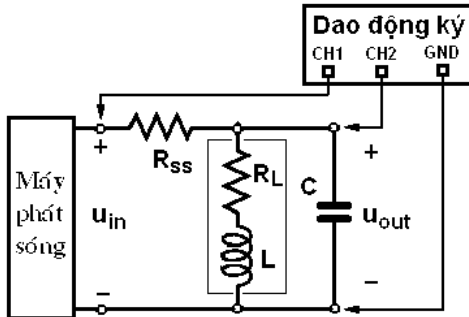
Xem lại cách đo góc lệch pha ở bài TN số 1. Tính góc lệch pha theo lý thuyết.

Góc lệch pha đo được		Góc lệch pha theo lý thuyết	
Tại $f_1$	Tại $f_2$	Tại $f_1$	Tại $f_2$

**III. Mạch cộng hưởng RLC song song:**

**a) Đo tần số cộng hưởng song song:**

Thực hiện mạch thí nghiệm như Hình 1.4.2. Chỉnh máy phát sóng sin để  $u_{in}$  luôn có biên độ 2 V, tần số chỉnh từ 1kHz đến khoảng 10kHz. Xác định tần số cộng hưởng  $f_0$  khi  $u_{in}$  và  $u_{out}$  cùng pha. Ta có :  $f_0 =$



Hình 1.4.2: Mạch cộng hưởng song song

**b) Vẽ dạng  $U_{out}(f)$  của mạch song song:**

Mạch thí nghiệm như 1.4.2, chỉnh  $u_{in}$  biên độ 2 V, tần số thay đổi (có thể đọc tần số dùng dao động ký). Đọc biên độ  $u_{out}$  là áp trên khung LC dùng dao động ký và ghi vào bảng số liệu:

f (Hz)	100	1k	10k	100k	$f_0$
$U_{out}$ (V)					

+ Vẽ đặc tuyến  $U_{out}(f)$ .

**c) Đo tần số cắt và băng thông mạch song song:**

+ Từ giá trị  $f_0$ , giảm từ từ tần số máy phát cho đến khi  $U_{out} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{out}(f_0)$

(Lưu ý kiểm tra biên độ của  $u_{in}$  luôn giữ đúng 4 Vpp). Ta có :

$$f_1 = \quad ; \quad U_{out}(f_1) =$$

+ Từ giá trị  $f_0$ , tăng từ từ tần số máy phát cho đến khi  $U_{out} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{out}(f_0)$

(Lưu ý kiểm tra biên độ của  $u_{in}$  luôn giữ đúng 4 Vpp). Ta có :

$$f_2 = \quad ; \quad U_{out}(f_2) =$$

+ Xác định  $BW = f_2 - f_1$  và  $Q = f_0/BW$ .

**d) Thực hiện bảng số liệu mạch song song:**

+ Điền giá trị thông số mạch đo được vào cột thứ hai.

+ Dùng giá trị đo ở cột 2 để tính toán theo lý thuyết các đại lượng ở cột 3 và điền kết quả vào cột 4.

+ Ghi các đại lượng đo ở trên vào cột 5.

Phần tử	Giá trị	Đại lượng	Tính theo lý thuyết	Đo được	% sai số
$R_{ss}$		$f_0$			
$R_L$		$f_1$			
$L$		$f_2$			
$C$		BW			
$G_\Sigma$		Q			

(Với  $G_\Sigma$  = dẫn nạp tương đương của mô hình 3 nhánh song song)

+ Xác định sai số và ghi vào cột 6.

$$\% \text{ sai số} = \left| \frac{\text{lý thuyết} - \text{đo đạc}}{\text{lý thuyết}} \right| 100\%$$

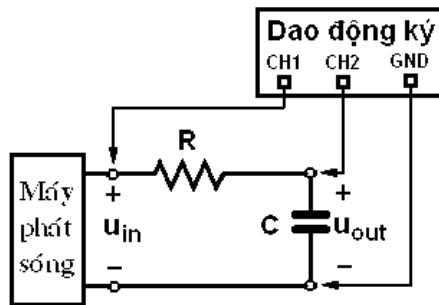
**e) Đo góc lệch pha giữa  $u_{out}$  và  $u_{in}$  tại các tần số cắt:**

Xem lại cách đo góc lệch pha ở bài TN số 1. Tính góc lệch pha theo lý thuyết.

Góc lệch pha đo được		Góc lệch pha theo lý thuyết	
Tại $f_1$	Tại $f_2$	Tại $f_1$	Tại $f_2$

**IV. Mạch lọc thông thấp RC:**

+ Thực hiện mạch thí nghiệm như Hình 1.4.3. Đưa  $u_{in}$  vào CH1,  $u_{out}$  vào CH2 của dao động ký.



Hình 1.4.3: Mạch lọc thông thấp RC

+ Xác định đáp ứng tần số của mạch:  $H(j\omega) = \hat{U}_{out}/\hat{U}_{in}$ . Tính tần số cắt ( $f_c$ ) của mạch lọc theo thông số mạch. Lưu ý: tần số cắt là tần số mà ở đó

$$U_{out} = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{in} .$$

+ Chỉnh máy phát sóng sin để biên độ  $U_{in}$  có giá trị khoảng 2 V, tần số thay đổi từ 100 Hz đến 100 kHz, trong đó có giá trị tại tần số cắt (có thể đọc tần số dùng dao động ký). Đọc biên độ  $U_{out}$ , góc lệch pha  $\varphi$  giữa  $u_{out}$  và  $u_{in}$  dùng dao động ký và ghi vào bảng số liệu:

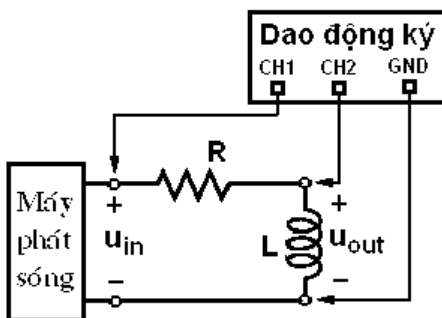
Tần số	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	$f_c$
$U_{in}$ (V)					
$U_{out}$ (V)					
$20\log(U_{out}/U_{in})$					
$\varphi$ (deg)					

- + Vẽ đặc tuyến biên độ logarithm và đặc tuyến pha của mạch lọc.
- + Vẽ đặc tuyến biên độ và pha theo thông số mạch dùng Bode plot.
- + Thiết kế bộ lọc thông thấp, dùng mạch R-C, có tần số cắt  $f_c = 1,7 \text{ KHz}$ , biết giá trị  $C = 0,047 \mu\text{F}$ ? Chỉnh biến trở VR để có giá trị điện trở tìm được và đo lại tần số cắt:

Giá trị R	$U_{in}(V)$	$U_{out}(V)$	$20\log(U_{out}/U_{in})$	$f_c$ đo lại	% sai số

**V. Mạch lọc thông cao RL:**

+ Thực hiện mạch thí nghiệm như Hình 1.4.4. Đưa  $u_{in}$  vào CH1,  $u_{out}$  vào CH2 của dao động ký.



Hình 1.4.4: Mạch lọc thông cao RL

- + Xác định đáp ứng tần số của mạch:  $H(j\omega) = \hat{U}_{out}/\hat{U}_{in}$ . Tính tần số cắt ( $f_c$ ) của mạch lọc.
- + Chỉnh máy phát sóng sin để biên độ  $U_{in}$  có giá trị khoảng 2 V, tần số thay đổi từ 100 Hz đến 100 kHz, trong đó có giá trị tại tần số cắt (có thể đọc tần số dùng dao động ký). Đọc biên độ  $U_{out}$ , góc lệch pha  $\varphi$  giữa  $u_{out}$  và  $u_{in}$  dùng dao động ký và ghi vào bảng số liệu:

Tần số	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	$f_c$
$U_{in}(V)$					
$U_{out}(V)$					
$20\log(U_{out}/U_{in})$					
$\varphi$ (deg)					

- + Vẽ đặc tuyến biên độ logarithm và đặc tuyến pha của mạch lọc.
- + Vẽ đặc tuyến biên độ và pha theo thông số mạch dùng Bode plot.
- + Thiết kế bộ lọc thông cao , dùng mạch R-L, có tần số cắt  $f_c = 5 \text{ Khz}$ , biết giá trị  $L = 100 \text{ mH}$  ? Chính biến trở để có giá trị điện trở tìm được và đo lại tần số cắt:

Giá trị R	$U_{in}(V)$	$U_{out}(V)$	$20\log(U_{out}/U_{in})$	$f_c$ đo	% sai số

#### **D. DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM:**

- Hộp thí nghiệm và Module bài thí nghiệm số 4.
- Dao động ký , DMM và cầu đo RLC.
- Dây nối.

-----