

고급 문제 (대역폭 및 품질계수)

1. 문제: 임피던스가 다음과 같은 주파수 응답을 갖는 회로에서

$$Z(j\omega) = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

공진 주파수에서 대역폭이 200 Hz, 공진 주파수가 20 kHz일 때, 회로의 저항 R 을 구하시오. 단, $L = 100 \mu\text{H}$, $C = 10 \text{ nF}$

정답:

$$Q = \frac{f_0}{BW} = \frac{20000}{200} = 100$$

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \Rightarrow R = \frac{1}{Q} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{100} \sqrt{\frac{100 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-9}}} = 0.316 \Omega$$

2. 문제: 대역폭이 50 kHz, 품질계수가 $Q = 0.5$ 인 병렬 공진회로의 공진 주파수를 구하시오.

정답:

$$f_0 = Q \cdot BW = 0.5 \cdot 50000 = 25 \text{ kHz}$$

3. 문제: 다음의 주파수 응답 곡선에서 $f_L = 475 \text{ kHz}$, $f_H = 525 \text{ kHz}$ 일 때, 공진 주파수 및 품질계수를 구하시오.

정답:

$$f_0 = \sqrt{f_L \cdot f_H} = \sqrt{475 \times 525} = 500 \text{ kHz}$$

$$BW = f_H - f_L = 50 \text{ kHz}, \quad Q = \frac{500}{50} = 10$$

4. 문제: 전압이 3 dB 감소하는 두 주파수 f_L, f_H 를 찾기 위한 방법을 설명하시오. (그래프 또는 수치 함수 미제공)

정답: 전압이 최대 전압의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 가 되는 지점에서의 주파수 두 개를 찾으면 된다.

5. 문제: RLC 직렬 회로에서 다음 조건이 주어질 때 Q값을 계산하시오. $R = 5 \Omega$, $L = 1 \text{ mH}$, $C = 1 \mu\text{F}$

정답:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{5} \sqrt{\frac{1 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{5} \cdot \sqrt{1000} \approx 6.32$$

6. 문제: 병렬 RLC 회로에서 Q값의 정의를 이용해 R값을 구하시오. $Q = 50$, $L = 250 \mu\text{H}$, $C = 40 \text{ nF}$

정답: 병렬회로 Q:

$$Q = R \sqrt{\frac{C}{L}} \Rightarrow R = \frac{Q}{\sqrt{\frac{C}{L}}}$$

$$R = \frac{50}{\sqrt{\frac{40 \times 10^{-9}}{250 \times 10^{-6}}}} \approx 395 \Omega$$

7. 문제: 전달함수

$$H(j\omega) = \frac{1}{1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)}$$

의 Q값이 증가하면 시스템 응답은 어떻게 변화하는가?

정답: Q값이 증가할수록 공진점에서의 응답이 뽕족해지고, 대역폭은 줄어든다.

8. 문제: Q값이 100 이상인 회로가 신호 처리 시스템에 어떤 장점을 제공하는가?

정답: 선택도가 매우 우수하여 특정 주파수만 통과시킬 수 있다.

9. 문제: 공진 주파수와 대역폭이 정해졌을 때, 회로 설계 시 주파수 선택도를 조절하기 위한 요소는?

정답: 저항(R). 저항 값을 조절하여 품질계수(Q)를 조절함.

10. 문제: 다음은 전압 이득의 로그 스케일 주파수 응답이다. 3 dB 포인트가 90 kHz, 110 kHz일 때 Q값을 구하라. 공진 주파수는 100 kHz이다.

정답:

$$BW = 110 - 90 = 20 \text{ kHz}, \quad Q = \frac{100}{20} = 5$$

11. 문제: 회로가 다음과 같은 응답을 보인다:

$$|H(j\omega)| = \frac{Q}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}}$$

이 때 Q가 매우 클 경우의 시스템 응답의 특징은?

정답: 응답이 공진 주파수 근처에서 매우 뽕족하며, 잡음 필터링에 뛰어나다.

12. 문제: 회로의 대역폭이 10 kHz, 공진 주파수가 100 kHz일 때 전력의 절반이 되는 주파수 범위는?

정답: 3 dB 포인트에서의 주파수 범위는 95 kHz ~ 105 kHz

13. 문제: RLC 회로의 Q값이 다음과 같이 표현될 때

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R}$$

을 유도하시오. $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

정답:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow \sqrt{\frac{L}{C}} = \omega_0 L \Rightarrow Q = \frac{\omega_0 L}{R}$$

14. 문제: 병렬 회로에서 대역폭을 감소시키고 싶은 경우 어떤 요소를 조절해야 하는가?

정답: 저항 R을 증가시켜야 한다 (병렬 회로는 R이 클수록 Q가 커짐)

15. 문제: 응답곡선이 비대칭인 경우에도 품질계수 정의가 유효한가?

정답: 근사적으로 유효하나, 비선형 시스템이나 비대칭 응답에 대해선 별도 정의가 필요함.

16. 문제: 저역 통과 필터에서 대역폭이 감소하면 시간 영역의 응답은 어떻게 변화하는가?

정답: 시간 응답이 느려지고, 과도 응답 지속 시간이 길어진다 (지연 증가).

17. 문제: 회로의 Q가 매우 높을 때, 실제 회로 설계에서 발생할 수 있는 단점은?

정답: 너무 좁은 대역폭으로 인해 신호 왜곡이나 원하는 성분 누락 가능, 안정도 저하.

18. 문제: RLC 회로가 전자기 간섭(EMI)에 대해 얼마나 민감한지 결정하는 주요 파라미터는?

정답: Q 값. Q가 크면 좁은 대역의 신호만 반응하여 EMI에 덜 민감.

19. 문제: 병렬 공진 회로에서 다음 조건 하의 공진 주파수를 구하시오: $L = 2.5 \text{ mH}$, $C = 1 \text{ nF}$

정답:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2.5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-9}}} \approx 100.7 \text{ kHz}$$

20. 문제: 다음 전달 함수의 -3 dB 대역폭을 유도하라:

$$H(s) = \frac{sRC}{1 + sRC + s^2LC}$$

정답: 이 전달함수는 2차 시스템으로, 중심 주파수 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, 대역폭은 $\frac{1}{RC}$, 따라서

$$BW = \frac{1}{2\pi RC}$$