

중급 문제 및 해설

1. 문제: RLC 직렬회로에서 $R = 10\ \Omega$, $L = 20\text{ mH}$, $C = 5\ \mu\text{F}$ 일 때 공진 주파수 f_0 와 품질계수 Q 를 구하시오.

풀이:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{20 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-6}}} \approx 503\text{ Hz}$$

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{10}\sqrt{\frac{20 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{10} \times 63.25 = 6.325$$

정답: $f_0 \approx 503\text{ Hz}$, $Q \approx 6.33$

2. 문제: 병렬 RLC 회로에서 $R = 500\ \Omega$, $L = 10\text{ mH}$, $C = 1\ \mu\text{F}$ 일 때 공진 주파수와 품질계수를 구하시오.

풀이: 공진 주파수:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-6}}} \approx 1591.5\text{ Hz}$$

병렬회로 품질계수:

$$Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} = 500 \times \sqrt{\frac{1 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-3}}} = 500 \times 0.01 = 5$$

정답: $f_0 \approx 1591.5\text{ Hz}$, $Q = 5$

3. 문제: 직렬 RLC 회로에서 $f_0 = 2\text{ kHz}$, $Q = 20$ 일 때 대역폭을 구하고, 대역폭을 10% 줄이기 위한 저항 변화는?

풀이: 대역폭:

$$BW = \frac{f_0}{Q} = \frac{2000}{20} = 100\text{ Hz}$$

대역폭 10% 감소:

$$BW_{new} = 0.9 \times 100 = 90\text{ Hz}$$

새 품질계수:

$$Q_{new} = \frac{f_0}{BW_{new}} = \frac{2000}{90} \approx 22.22$$

기존 $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$, 저항 R 에 반비례 따라서:

$$R_{new} = R \times \frac{Q}{Q_{new}} = R \times \frac{20}{22.22} \approx 0.9R$$

정답: $BW = 100\text{ Hz}$, 저항은 약 10% 감소해야 한다.

4. 문제: RLC 직렬회로에서 $R = 15\ \Omega$, $L = 25\text{ mH}$, $C = 2\ \mu\text{F}$ 일 때 전류가 최대가 되는 주파수(공진 주파수)와 품질계수를 구하시오.

풀이:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{25 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-6}}} \approx 712\text{ Hz}$$

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{15}\sqrt{\frac{25 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{15} \times 111.8 = 7.45$$

정답: $f_0 \approx 712 \text{ Hz}$, $Q \approx 7.45$

5. 문제: 병렬 RLC 회로에서 $R = 200 \Omega$, $L = 50 \text{ mH}$, $C = 0.5 \mu\text{F}$ 일 때 공진 주파수, 품질계수, 그리고 대역폭을 구하시오.

풀이:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{50 \times 10^{-3} \times 0.5 \times 10^{-6}}} \approx 1006 \text{ Hz}$$
$$Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} = 200 \times \sqrt{\frac{0.5 \times 10^{-6}}{50 \times 10^{-3}}} = 200 \times 0.00316 = 0.632$$

대역폭:

$$BW = \frac{f_0}{Q} = \frac{1006}{0.632} \approx 1592 \text{ Hz}$$

정답: $f_0 \approx 1006 \text{ Hz}$, $Q \approx 0.632$, $BW \approx 1592 \text{ Hz}$

6. 문제: RLC 직렬회로의 임피던스가 최소가 되는 주파수는? 단, $R = 20 \Omega$, $L = 40 \text{ mH}$, $C = 1 \mu\text{F}$.

풀이: 임피던스 최소는 공진 주파수에서 발생.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{40 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-6}}} \approx 796 \text{ Hz}$$

정답: 약 796 Hz

7. 문제: 공진 주파수 $f_0 = 1 \text{ kHz}$, 품질계수 $Q = 50$ 인 회로에서 3dB 대역폭을 구하고, 해당 주파수 범위를 쓰시오.

풀이:

$$BW = \frac{f_0}{Q} = \frac{1000}{50} = 20 \text{ Hz}$$

3dB 대역폭은 $f_0 \pm \frac{BW}{2}$ 즉,

$$980 \text{ Hz} \sim 1020 \text{ Hz}$$

정답: 대역폭 20 Hz, 주파수 범위 980 Hz ~ 1020 Hz

8. 문제: RLC 직렬회로에서 $L = 10 \text{ mH}$, $C = 2 \mu\text{F}$ 이고, 공진 주파수가 1.1 kHz이다. 저항 R 이 5 Ω 일 때 품질계수를 구하시오.

풀이:

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{5}\sqrt{\frac{10 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-6}}} = 0.2 \times 70.71 = 14.14$$

정답: $Q \approx 14.14$

9. 문제: 병렬 RLC 회로에서 $R = 1\text{ k}\Omega$, $L = 100\text{ }\mu\text{H}$, $C = 10\text{ nF}$ 일 때 공진 주파수와 품질계수를 구하시오.

풀이:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{100 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-9}}} \approx 50330\text{ Hz}$$

$$Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} = 1000 \times \sqrt{\frac{10 \times 10^{-9}}{100 \times 10^{-6}}} = 1000 \times 0.01 = 10$$

정답: $f_0 \approx 50.3\text{ kHz}$, $Q = 10$

10. 문제: 직렬 RLC회로에서 $R = 30\text{ }\Omega$, $L = 15\text{ mH}$, $C = 1\text{ }\mu\text{F}$ 일 때 대역폭과 공진 주파수를 구하시오.

풀이:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{15 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-6}}} \approx 1300\text{ Hz}$$

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{30}\sqrt{\frac{15 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{30} \times 122.47 = 4.08$$

대역폭:

$$BW = \frac{f_0}{Q} = \frac{1300}{4.08} \approx 318.6\text{ Hz}$$

정답: $f_0 \approx 1300\text{ Hz}$, $BW \approx 319\text{ Hz}$

11. 문제: RLC 병렬 회로에서 공진 주파수는 2 kHz , 품질계수는 25 일 때 대역폭과 저항 값을 구하시오. 단, $L = 10\text{ mH}$, $C = 0.63\text{ }\mu\text{F}$ 이다.

풀이: 대역폭:

$$BW = \frac{f_0}{Q} = \frac{2000}{25} = 80\text{ Hz}$$

저항 계산:

$$Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} \Rightarrow R = \frac{Q}{\sqrt{\frac{C}{L}}} = \frac{25}{\sqrt{\frac{0.63 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-3}}}} = \frac{25}{0.00794} \approx 3149\text{ }\Omega$$

정답: $BW = 80\text{ Hz}$, $R \approx 3.15\text{ k}\Omega$

12. 문제: 직렬 RLC회로에서 공진 주파수가 5 kHz 이고, 저항이 $25\text{ }\Omega$, 커패시터가 $0.1\text{ }\mu\text{F}$ 일 때 인덕턴스와 품질계수를 구하시오.

풀이:

$$L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C} = \frac{1}{(2\pi \times 5000)^2 \times 0.1 \times 10^{-6}} \approx 101.3\text{ }\mu\text{H}$$

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{25}\sqrt{\frac{101.3 \times 10^{-6}}{0.1 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{25} \times 31.82 = 1.27$$

정답: $L \approx 101.3\text{ }\mu\text{H}$, $Q \approx 1.27$

13. 문제: 공진 회로에서 품질계수가 15이고, 대역폭이 400 Hz일 때 공진 주파수를 구하시오.

풀이:

$$f_0 = Q \times BW = 15 \times 400 = 6000 \text{ Hz}$$

정답: 6000 Hz

14. 문제: RLC 직렬회로에서 공진 주파수가 10 kHz이고 품질계수가 40일 때 대역폭과 저항 값을 구하시오. 단, $L = 25 \text{ mH}$, $C = 40 \text{ nF}$ 이다.

풀이: 대역폭:

$$BW = \frac{f_0}{Q} = \frac{10,000}{40} = 250 \text{ Hz}$$

저항:

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \Rightarrow R = \frac{1}{Q} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{40} \sqrt{\frac{25 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-9}}} = 0.025 \times 790.57 = 19.76 \Omega$$

정답: $BW = 250 \text{ Hz}$, $R \approx 19.8 \Omega$

15. 문제: 병렬 RLC 회로에서 저항이 1 kΩ, 인덕턴스가 50 mH, 커패시턴스가 0.1 μF일 때 품질계수를 구하시오.

풀이:

$$Q = R \sqrt{\frac{C}{L}} = 1000 \times \sqrt{\frac{0.1 \times 10^{-6}}{50 \times 10^{-3}}} = 1000 \times 0.001414 = 1.414$$

정답: $Q \approx 1.414$

16. 문제: 직렬 RLC 회로에서 저항이 5 Ω이고, 공진 주파수가 3 kHz, 품질계수가 60일 때 인덕턴스와 커패시턴스를 구하시오.

풀이: 우선 $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = 60 \Rightarrow \sqrt{\frac{L}{C}} = 60 \times 5 = 300$ 공진주파수:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 3000$$

양변 제곱 후 정리:

$$LC = \frac{1}{(2\pi f_0)^2} = \frac{1}{(2\pi \times 3000)^2} \approx 2.81 \times 10^{-9}$$

두 식으로부터:

$$\sqrt{\frac{L}{C}} = 300 \Rightarrow \frac{L}{C} = 90000$$

따라서:

$$L = 90000C$$

$$LC = 2.81 \times 10^{-9} \Rightarrow 90000C^2 = 2.81 \times 10^{-9} \Rightarrow C^2 = \frac{2.81 \times 10^{-9}}{90000} = 3.12 \times 10^{-14}$$

$$C = \sqrt{3.12 \times 10^{-14}} = 5.59 \times 10^{-7} = 559 \text{ nF}$$

$$L = 90000 \times 5.59 \times 10^{-7} = 0.0503 \text{ H} = 50.3 \text{ mH}$$

정답: $L \approx 50.3 \text{ mH}$, $C \approx 559 \text{ nF}$