

중급 문제 1

문제

교류 전압원 $v_s(t) = 100 \cos(500t)$ [V]가 공급되는 RLC 직렬 회로에서 $R = 20 \Omega$, $L = 0.1 \text{ H}$, $C = 100 \mu\text{F}$ 일 때, 회로의 임피던스를 구하라.

풀이 및 해설

각 소자의 임피던스는 다음과 같다:

$$Z_R = R = 20 \Omega, \quad Z_L = j\omega L = j(500)(0.1) = j50 \Omega, \quad Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j(500)(100 \times 10^{-6})} = -j20 \Omega$$

총 임피던스는 다음과 같다:

$$Z = Z_R + Z_L + Z_C = 20 + j50 - j20 = 20 + j30 \Omega$$

정답: $Z = 20 + j30 \Omega$

중급 문제 2

문제

RLC 직렬 회로에서 $R = 10 \Omega$, $L = 0.2 \text{ H}$, $C = 50 \mu\text{F}$ 일 때 공진 주파수를 구하라.

풀이 및 해설

공진 주파수 ω_0 는 다음과 같이 구한다:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.2 \cdot 50 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{0.00001}} = 10000 \text{ rad/s}$$

정답: $\omega_0 = 10000 \text{ rad/s}$

중급 문제 3

문제

공진 주파수에서 전류가 최대가 되는 이유를 설명하라.

풀이 및 해설

공진 상태에서는 유도 리액턴스와 정전 리액턴스가 서로 상쇄되어 회로의 임피던스가 순수한 저항 성분만 남게 된다. 즉,

$$X_L = X_C \Rightarrow Z = R$$

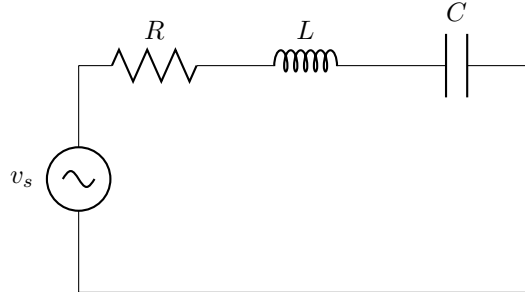
따라서, 옴의 법칙에 의해 같은 전압 조건 하에 전류가 최대가 된다.

정답: 리액턴스 상쇄로 인해 임피던스가 최소가 되어 전류가 최대가 된다.

중급 문제 4

문제

다음 회로에서 공진 주파수를 구하라.



소자 값: $R = 10\ \Omega$, $L = 50\text{ mH}$, $C = 20\ \mu\text{F}$

풀이 및 해설

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{50 \times 10^{-3} \cdot 20 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{10^{-6}}} = 1000\text{ rad/s}$$

정답: $\omega_0 = 1000\text{ rad/s}$

중급 문제 5

문제

교류 전압원 $v_s(t) = 120 \cos(2000t)$ [V]가 직렬 RLC 회로에 인가될 때, $R = 30\ \Omega$, $L = 10\text{ mH}$, $C = 2\ \mu\text{F}$ 일 경우 회로의 공진 주파수 ω_0 와 일반 주파수 f_0 를 구하라.

풀이 및 해설

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{10 \times 10^{-3} \cdot 2 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{2 \times 10^{-8}}} \approx 7071\text{ rad/s}$$
$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} \approx \frac{7071}{2\pi} \approx 1125\text{ Hz}$$

정답: $\omega_0 \approx 7071\text{ rad/s}$, $f_0 \approx 1125\text{ Hz}$

중급 문제 6

문제

직렬 회로에서 $\omega = 7071\text{ rad/s}$ 일 때 리액턴스 X_L 과 X_C 를 계산하고, 임피던스를 구하라. (문제5 조건 사용)

풀이 및 해설

$$X_L = \omega L = 7071 \cdot 10 \times 10^{-3} = 70.71\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{7071 \cdot 2 \times 10^{-6}} \approx 70.71\ \Omega$$

이므로 리액턴스 상쇄되어

$$Z = R = 30 \Omega$$

정답: $X_L \approx 70.71 \Omega$, $X_C \approx 70.71 \Omega$, $Z = 30 \Omega$

중급 문제 7

문제

품질 계수 $Q = \omega_0 L / R$ 를 이용하여 문제5 조건에서 Q 값을 구하라.

풀이 및 해설

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{7071 \cdot 10 \times 10^{-3}}{30} \approx \frac{70.71}{30} \approx 2.36$$

정답: $Q \approx 2.36$

중급 문제 8

문제

대역폭 $B = f_0 / Q$ 를 구하라. (문제5,7 조건 사용)

풀이 및 해설

$$B = \frac{1125}{2.36} \approx 477 \text{ Hz}$$

정답: $B \approx 477 \text{ Hz}$

중급 문제 9

문제

RLC 직렬 회로에서 주파수에 따른 전류 크기를 표현하는 정규화된 표현식을 쓰고 설명하라.

풀이 및 해설

정규화된 전류는 다음과 같다:

$$I_{\text{norm}}(x) = \frac{1}{\sqrt{(1 - x^2)^2 + \left(\frac{x}{Q}\right)^2}}$$

여기서 $x = \omega / \omega_0$, Q 는 품질 계수이다. 이 식은 주파수 변화에 따른 전류 감쇠 및 공진 피크를 정량적으로 표현한다.

정답: 위 수식 설명과 함께 제공됨.

중급 문제 10

문제

병렬 RLC 회로의 품질 계수 Q 식은 직렬 회로와 어떻게 다른가? 그리고 병렬 회로에서 Q 를 R , L , C 를 이용해 표현하라.

풀이 및 해설

병렬 회로에서

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

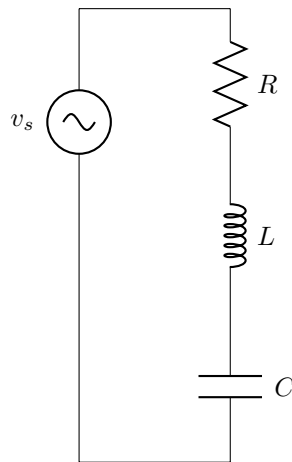
직렬 회로에서 $Q = \omega_0 L/R$ 와는 역 관계이며, 각 회로 형태에 따른 정의가 다르다.

정답: $Q = R\sqrt{\frac{C}{L}}$

중급 문제 11

문제

다음 회로도에서 병렬 RLC 회로의 공진 주파수를 구하라.



소자 값: $R = 50\ \Omega$, $L = 20\text{ mH}$, $C = 5\ \mu\text{F}$

풀이 및 해설 병렬 공진 주파수는 직렬과 동일하게

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{20 \times 10^{-3} \cdot 5 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{10^{-7}}} = 3162\text{ rad/s}$$

정답: $\omega_0 \approx 3162\text{ rad/s}$

중급 문제 12

문제

병렬 회로에서 입력 임피던스를 공진 주파수에서 설명하라.

풀이 및 해설 공진 시 병렬 회로에서는 리액턴스들이 상쇄되어 회로는 최대 임피던스를 가진다. 즉, 병렬 분기 전류가 최소가 되어 전체적으로 임피던스가 커진다.

정답: 공진에서 임피던스가 최대가 된다.

중급 문제 13

문제

품질 계수 $Q \approx 2.36$, 공진 주파수 $f_0 \approx 1125$ Hz일 때 -3 dB 포인트 주파수 범위를 구하라.

풀이 및 해설 대역폭 $B \approx 477$ Hz이므로, -3 dB 포인트는

$$f_1 \approx f_0 - \frac{B}{2} \approx 1125 - 238.5 = 886.5 \text{ Hz}, \quad f_2 \approx f_0 + \frac{B}{2} \approx 1125 + 238.5 = 1363.5 \text{ Hz}$$

정답: $f_1 \approx 886.5$ Hz, $f_2 \approx 1363.5$ Hz

중급 문제 14

문제

Q 가 매우 큰 회로의 주파수 응답 특성은 어떠한가? 설명하라.

풀이 및 해설 Q 가 크면 응답 곡선이 매우 날카로워지고 공진 주파수 근처에서 전류 피크가 급격히 형성된다. 대역폭은 좁다.

정답: 날카로운 피크, 좁은 대역폭.

중급 문제 15

문제

직렬 회로에서 회로의 반전 주파수(inversion frequency)를 정의하고 설명하라.

풀이 및 해설 회로 반전 주파수는 직렬 회로에서 리액턴스 위상이 45° 일 때 해당 주파수로, 전류와 전압 위상이 90° 에서 0° 로 넘어가는 중간점이다. 약식으로

$$\tan^{-1}(Q) = 45^\circ.$$

정답: 반전 주파수는 리액턴스 위상이 45° 일 때의 주파수.

중급 문제 16

문제

RLC 회로의 공진 주파수가 온도 변화에 따라 영향을 받을 수 있는 이유를 설명하라.

풀이 및 해설 온도 변화로 인해 L (인덕턴스)와 C (커패시턴스) 값이 변동될 수 있으며, 이로 인해 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ 도 변화한다.

정답: L , C 가 온도에 따라 바뀌어 공진 주파수가 변화한다.

중급 문제 17

문제

병렬 공진 회로에서 R, L, C 값 중 어느 값이 증가하면 Q 가 증가하는가? 설명하라.

풀이 및 해설 병렬 회로에서는 $Q = R\sqrt{C/L}$ 이므로, R 증가 또는 C 증가 또는 L 감소 시 Q 증가.

정답: R 또는 C 또는 L Q 증가.

중급 문제 18

문제

RLC 회로에서 비저항성 손실(예: 코어 손실, 누설) 등이 있을 경우 Q 에 어떤 영향을 주는가?

풀이 및 해설 비저항성 손실이 증가하면 유효 저항이 증가한 것처럼 작용하여 Q 는 감소한다.

정답: 손실 증가 Q 감소.

중급 문제 19

문제

회로의 역질량 분수(impedance ratio) 개념을 설명하고 공진 시의 값은 어떻게 되나?

풀이 및 해설 역질량 분수(비임피던스비)는 $|Z|/R$ 이며, 공진 시에는 $|Z| = R$ 이므로 값은 1이 된다.

정답: 공진 시 역질량 분수는 1.

중급 문제 20

문제

공진 회로에서 주파수가 공진 주파수보다 높은 경우와 낮은 경우 각각 전류 위상은 어떻게 변화하는가?

풀이 및 해설 - 주파수 $> \omega_0$ 일 때: 인덕터 리액턴스가 더 커서 회로는 유도전압보다 전류가 지연 전류가 뒤짐 (lag) - 주파수 $< \omega_0$ 일 때: 정전 리액턴스가 더 커서 전류가 전압보다 앞섬(lead)

정답: 높은 주파수: 전류 lag, 낮은 주파수: 전류 lead.