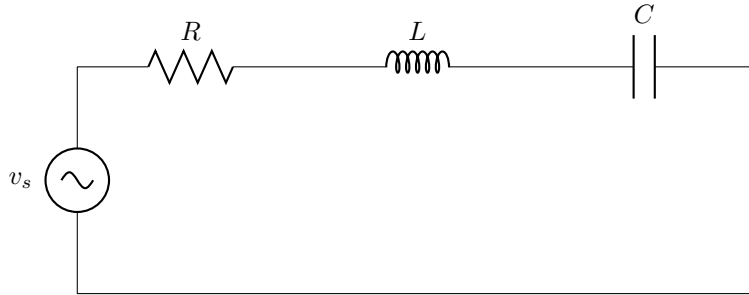


고급 문제 1

문제

아래 직렬 RLC 회로에서 교류 전압원 $v_s(t) = 100 \cos(2000t)$ [V]가 공급된다. $R = 50 \Omega$, $L = 25 \text{ mH}$, $C = 100 \mu\text{F}$ 일 때, 1) 공진 각주파수 ω_0 와 공진 주파수 f_0 를 구하시오. 2) 공진 주파수에서 임피던스 Z 를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설

1) 공진 각주파수는 다음과 같다:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{25 \times 10^{-3} \times 100 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{2.5 \times 10^{-6}}} = 632.46 \text{ rad/s}$$

2) 공진 주파수는

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{632.46}{2\pi} \approx 100.68 \text{ Hz}$$

3) 공진 시 임피던스는 저항 성분만 존재하므로

$$Z = R = 50 \Omega$$

정답

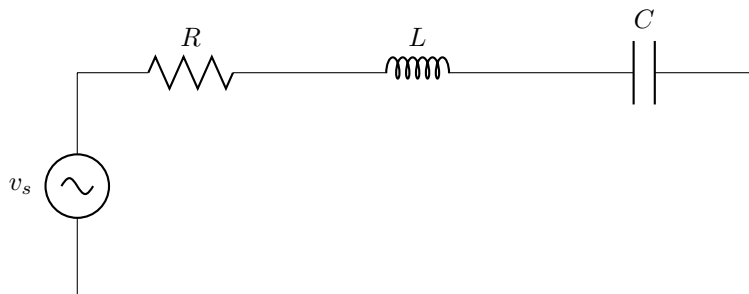
$$\omega_0 = 632.46 \text{ rad/s}, \quad f_0 = 100.68 \text{ Hz}, \quad Z = 50 \Omega$$

고급 문제 2

문제

다음 RLC 직렬 회로에서 $R = 10 \Omega$, $L = 0.2 \text{ H}$, $C = 20 \mu\text{F}$ 이다. 공진 주파수에서 회로의 품질 계수 Q 를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설
공진 각주파수

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.2 \times 20 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{4 \times 10^{-6}}} = 500 \text{ rad/s}$$

품질 계수는

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{500 \times 0.2}{10} = 10$$

정답

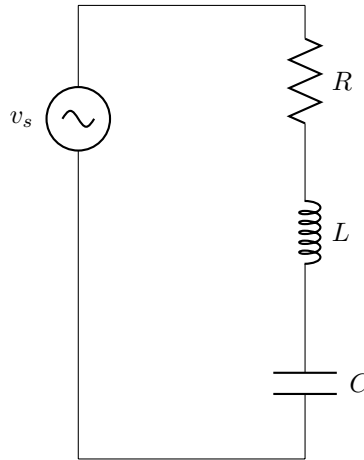
$$Q = 10$$

고급 문제 3

문제

병렬 RLC 회로에서 $R = 100 \Omega$, $L = 50 \text{ mH}$, $C = 10 \mu\text{F}$ 이다. 공진 각주파수 ω_0 와 품질 계수 Q 를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설
공진 각주파수는

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{50 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{5 \times 10^{-7}}} = 14142.14 \text{ rad/s}$$

병렬 회로 품질 계수는

$$Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} = 100 \times \sqrt{\frac{10 \times 10^{-6}}{50 \times 10^{-3}}} = 100 \times \sqrt{0.0002} = 100 \times 0.01414 = 1.414$$

정답

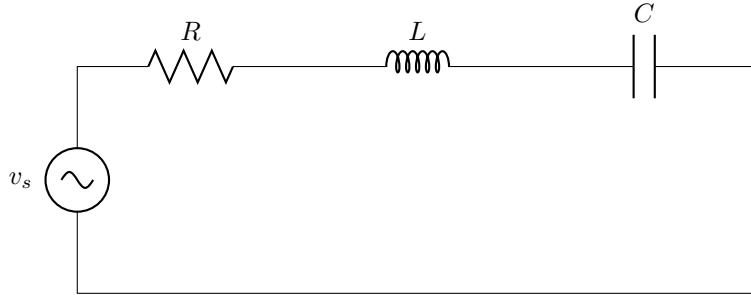
$$\omega_0 = 14142.14 \text{ rad/s}, \quad Q = 1.414$$

고급 문제 4

문제

직렬 RLC 회로에서 공진 주파수 $f_0 = 1 \text{ kHz}$, 품질 계수 $Q = 20$, $L = 10 \text{ mH}$ 일 때, 저항 R 과 커패시터 C 를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설

공진 각주파수

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \times 1000 = 6283.19 \text{ rad/s}$$

저항은 품질 계수 정의로부터

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} \implies R = \frac{\omega_0 L}{Q} = \frac{6283.19 \times 0.01}{20} = 3.1416 \Omega$$

커패시터 값은

$$C = \frac{1}{\omega_0^2 L} = \frac{1}{(6283.19)^2 \times 0.01} = 2.533 \times 10^{-6} \text{ F} = 2.533 \mu\text{F}$$

정답

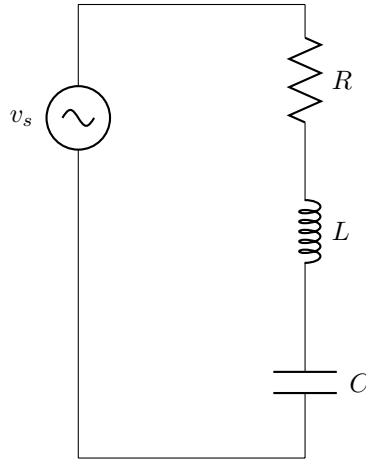
$$R = 3.1416 \Omega, \quad C = 2.533 \mu\text{F}$$

고급 문제 5

문제

병렬 RLC 회로에서 $R = 500 \Omega$, $L = 100 \text{ mH}$, $C = 1 \mu\text{F}$ 이다. 주파수가 공진 주파수에서 5% 증가할 때 임피던스 변화율을 구하고, 공진 임피던스와 비교하여 설명하시오.

회로도



풀이 및 해설
공진 각주파수

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.1 \times 1 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{10^{-7}}} = 3162.28 \text{ rad/s}$$

공진 임피던스는

$$Z_0 = R = 500 \Omega$$

5% 증가 주파수

$$\omega = 1.05 \times \omega_0 = 1.05 \times 3162.28 = 3319.39 \text{ rad/s}$$

임피던스는 병렬 회로에서

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}}$$

계산하면,

$$\frac{1}{R} = 0.002, \quad \omega C = 3319.39 \times 1 \times 10^{-6} = 0.00332, \quad \frac{1}{\omega L} = \frac{1}{3319.39 \times 0.1} = 0.00301$$

$$\omega C - \frac{1}{\omega L} = 0.00031$$

따라서,

$$Z = \frac{1}{\sqrt{(0.002)^2 + (0.00031)^2}} = \frac{1}{\sqrt{4 \times 10^{-6} + 9.61 \times 10^{-8}}} = \frac{1}{0.00201} \approx 497.5 \Omega$$

즉, 공진 임피던스 500Ω 에서 약간 감소하였다.

정답

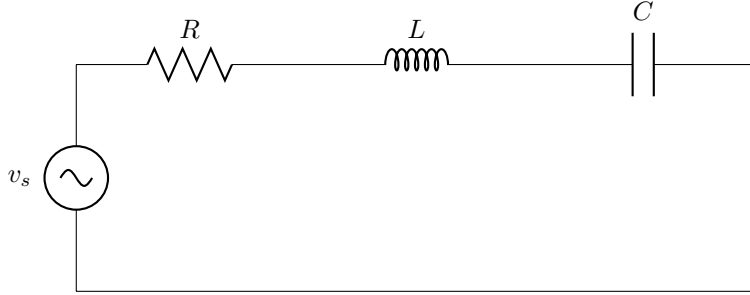
$$Z \approx 497.5 \Omega \quad (< X''_{\text{E1}})$$

고급 문제 6

문제

직렬 RLC 회로에서 $R = 5\Omega$, $L = 40\text{mH}$, $C = 5\mu\text{F}$ 이다. 주파수가 공진 주파수의 절반일 때 임피던스 크기와 위상각을 구하시오.

회로도



풀이 및 해설

공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{40 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{2 \times 10^{-7}}} = 7071.07 \text{ rad/s}$$

주파수 $\omega = \frac{\omega_0}{2} = 3535.54 \text{ rad/s}$

리액턴스:

$$X_L = \omega L = 3535.54 \times 0.04 = 141.42 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{3535.54 \times 5 \times 10^{-6}} = 56.57 \Omega$$

임피던스 크기:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{5^2 + (141.42 - 56.57)^2} = \sqrt{25 + 7160.9} = \sqrt{7185.9} \approx 84.74 \Omega$$

위상각 θ :

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{84.85}{5} \right) \approx 86.63^\circ$$

정답

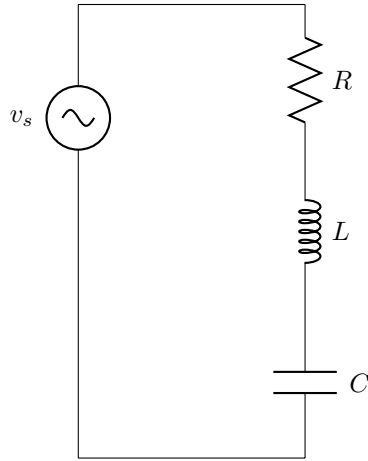
$$|Z| \approx 84.74 \Omega, \quad \theta \approx 86.63^\circ$$

고급 문제 7

문제

병렬 RLC 회로에서 $R = 200\Omega$, $L = 25\text{mH}$, $C = 25\mu\text{F}$ 이다. 공진 주파수에서 회로의 어드미턴스(Y) 크기와 위상각을 구하시오.

회로도



풀이 및 해설
공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.025 \times 25 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{6.25 \times 10^{-7}}} = 12649.11 \text{ rad/s}$$

공진 시 어드미턴스는 저항 어드미턴스와 같으므로:

$$Y = \frac{1}{R} = \frac{1}{200} = 0.005 \text{ S}$$

위상각은 공진 시 리액턴스 상쇄로 0이다.

정답

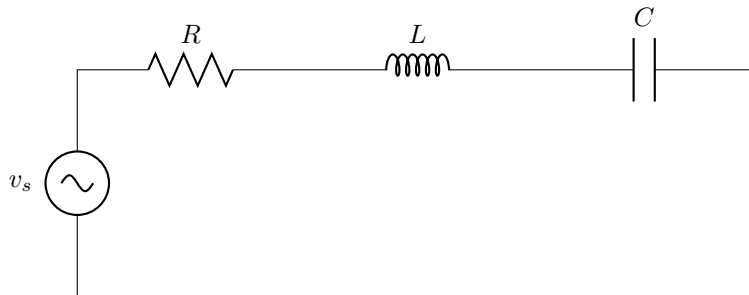
$$|Y| = 0.005 \text{ S}, \quad \theta = 0^\circ$$

고급 문제 8

문제

직렬 RLC 회로에서 $R = 20 \Omega$, $L = 15 \text{ mH}$, $C = 10 \mu\text{F}$, 교류 전압원의 각주파수 $\omega = 8000 \text{ rad/s}$ 일 때, 회로 임피던스 크기와 위상각을 구하시오.

회로도



풀이 및 해설

리액턴스:

$$X_L = \omega L = 8000 \times 0.015 = 120 \Omega$$
$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{8000 \times 10 \times 10^{-6}} = 12.5 \Omega$$

임피던스 크기:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{20^2 + (120 - 12.5)^2} = \sqrt{400 + 11556.25} = \sqrt{11956.25} \approx 109.3 \Omega$$

위상각:

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{X_L - X_C}{R} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{107.5}{20} \right) \approx 79.4^\circ$$

정답

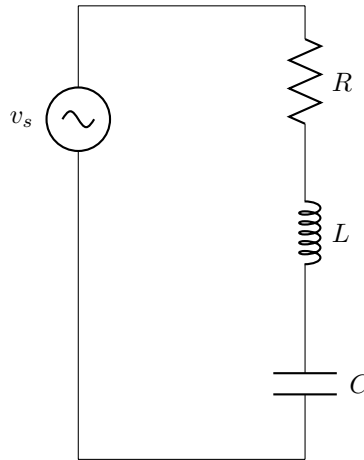
$$|Z| \approx 109.3 \Omega, \quad \theta \approx 79.4^\circ$$

고급 문제 9

문제

병렬 RLC 회로에서 $R = 400 \Omega$, $L = 40 \text{ mH}$, $C = 4 \mu\text{F}$ 일 때, 공진 주파수와 품질 계수 Q 를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설

공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.04 \times 4 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{1.6 \times 10^{-7}}} = 7905.69 \text{ rad/s}$$

품질 계수:

$$Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} = 400 \times \sqrt{\frac{4 \times 10^{-6}}{0.04}} = 400 \times \sqrt{10^{-4}} = 400 \times 0.01 = 4$$

정답

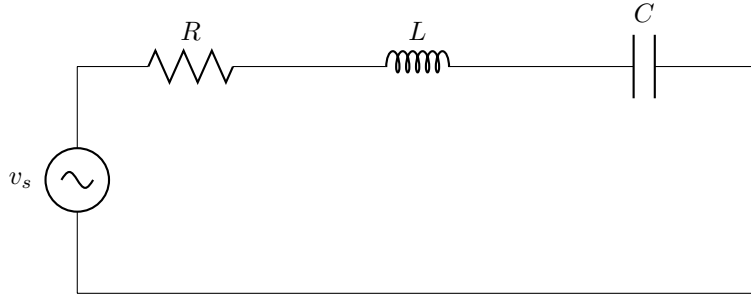
$$\omega_0 = 7905.69 \text{ rad/s}, \quad Q = 4$$

고급 문제 10

문제

직렬 RLC 회로에서 $R = 10\ \Omega$, $L = 100\text{ mH}$, $C = 25\ \mu\text{F}$ 이다. 공진 주파수에서 전류 크기와 전압 위상차를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설

공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.1 \times 25 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{2.5 \times 10^{-6}}} = 632.46\text{ rad/s}$$

임피던스는 저항과 같으므로

$$Z = R = 10\ \Omega$$

전압 크기가 $V_s = 100\text{ V}$ 라면 전류 크기는

$$I = \frac{V_s}{Z} = \frac{100}{10} = 10\text{ A}$$

공진에서는 위상차 0도이다.

정답

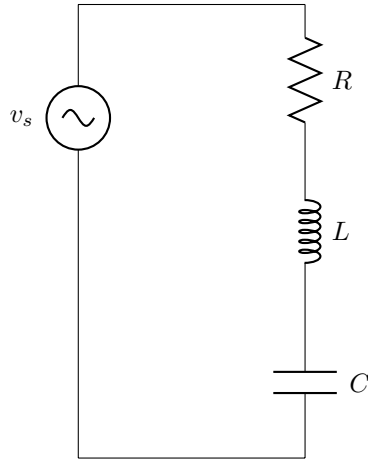
$$I = 10\text{ A}, \quad \theta = 0^\circ$$

고급 문제 11

문제

병렬 RLC 회로에서 $R = 250\ \Omega$, $L = 80\text{ mH}$, $C = 10\ \mu\text{F}$ 일 때, 공진 주파수에서 회로의 임피던스와 품질 계수를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설
공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.08 \times 10 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{8 \times 10^{-7}}} = 3535.53 \text{ rad/s}$$

임피던스는

$$Z = R = 250 \Omega$$

품질 계수는

$$Q = R\sqrt{\frac{C}{L}} = 250 \times \sqrt{\frac{10 \times 10^{-6}}{0.08}} = 250 \times \sqrt{1.25 \times 10^{-4}} = 250 \times 0.01118 = 2.8$$

정답

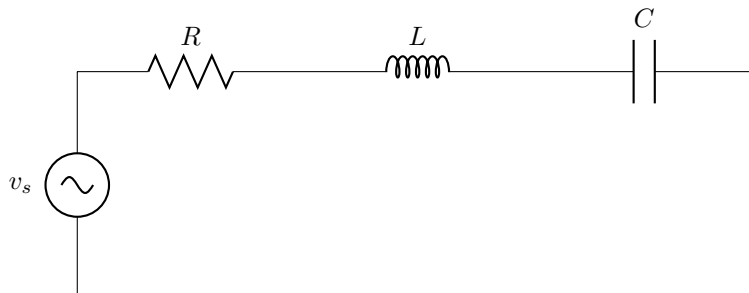
$$Z = 250 \Omega, \quad Q = 2.8$$

고급 문제 12

문제

직렬 RLC 회로에서 $R = 15 \Omega$, $L = 60 \text{ mH}$, $C = 8 \mu\text{F}$ 이다. 공진 주파수에서 임피던스 크기와 전류 크기를 구하시오. 전압 크기는 $V_s = 120 \text{ V}$ 이다.

회로도



풀이 및 해설
공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.06 \times 8 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{4.8 \times 10^{-7}}} = 14433.75 \text{ rad/s}$$

임피던스는 저항과 같으므로

$$Z = 15 \Omega$$

전류 크기:

$$I = \frac{V_s}{Z} = \frac{120}{15} = 8 \text{ A}$$

정답

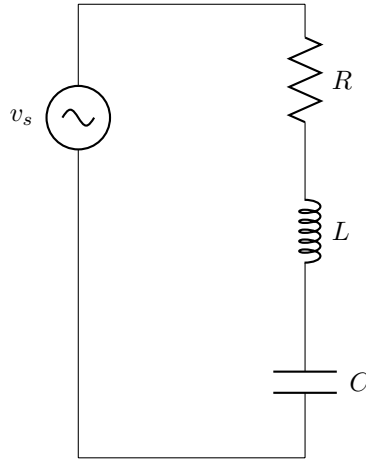
$$Z = 15 \Omega, \quad I = 8 \text{ A}$$

고급 문제 13

문제

병렬 RLC 회로에서 $R = 600 \Omega$, $L = 30 \text{ mH}$, $C = 15 \mu\text{F}$ 이다. 주파수가 공진 주파수의 1.1배일 때 임피던스 크기를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설
공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.03 \times 15 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{4.5 \times 10^{-7}}} = 4714.04 \text{ rad/s}$$

주파수:

$$\omega = 1.1 \times \omega_0 = 5185.44 \text{ rad/s}$$

임피던스 계산용 보조 변수:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{600} = 0.001667 \text{ S}$$

$$B = \omega C - \frac{1}{\omega L} = 5185.44 \times 15 \times 10^{-6} - \frac{1}{5185.44 \times 0.03} = 0.0778 - 0.00643 = 0.0714 \text{ S}$$

임피던스 크기:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{G^2 + B^2}} = \frac{1}{\sqrt{(0.001667)^2 + (0.0714)^2}} = \frac{1}{0.07142} = 14.0 \Omega$$

정답

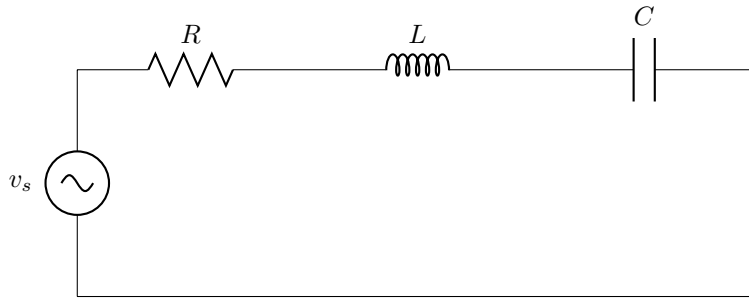
$$Z \approx 14.0 \Omega$$

고급 문제 14

문제

직렬 RLC 회로에서 $R = 30 \Omega$, $L = 50 \text{ mH}$, $C = 50 \mu\text{F}$, 주파수가 공진 주파수의 0.9배일 때 임피던스 크기를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설

공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.05 \times 50 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{2.5 \times 10^{-6}}} = 632.46 \text{ rad/s}$$

주파수:

$$\omega = 0.9 \times \omega_0 = 569.21 \text{ rad/s}$$

리액턴스:

$$X_L = \omega L = 569.21 \times 0.05 = 28.46 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{569.21 \times 50 \times 10^{-6}} = 35.14 \Omega$$

임피던스 크기:

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{30^2 + (28.46 - 35.14)^2} = \sqrt{900 + 44.7} = \sqrt{944.7} = 30.74 \Omega$$

정답

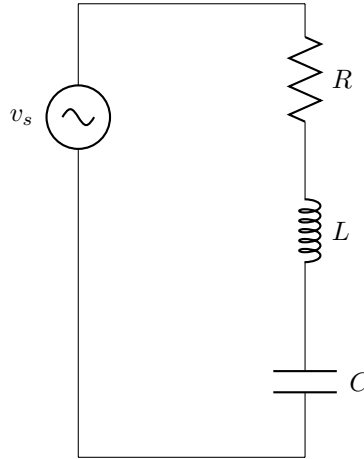
$$|Z| \approx 30.74 \Omega$$

고급 문제 15

문제

병렬 RLC 회로에서 $R = 350\ \Omega$, $L = 10\text{ mH}$, $C = 100\ \mu\text{F}$, 주파수가 공진 주파수보다 10% 낮을 때 임피던스를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설

공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.01 \times 100 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{1 \times 10^{-6}}} = 1000\text{ rad/s}$$

주파수:

$$\omega = 0.9 \times \omega_0 = 900\text{ rad/s}$$

임피던스 계산:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{350} = 0.002857\text{ S}$$

$$B = \omega C - \frac{1}{\omega L} = 900 \times 100 \times 10^{-6} - \frac{1}{900 \times 0.01} = 0.09 - 0.1111 = -0.0211\text{ S}$$

임피던스 크기:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{G^2 + B^2}} = \frac{1}{\sqrt{(0.002857)^2 + (-0.0211)^2}} = \frac{1}{0.0213} = 46.95\ \Omega$$

정답

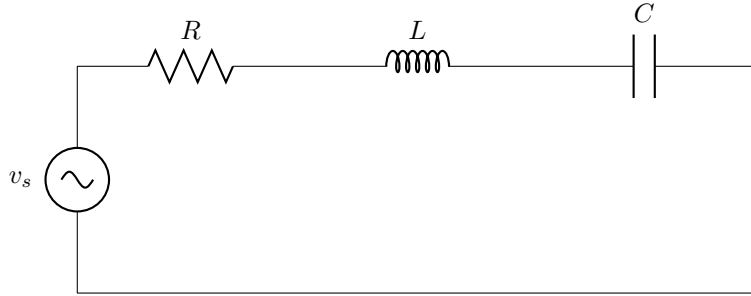
$$Z \approx 46.95\ \Omega$$

고급 문제 16

문제

직렬 RLC 회로에서 $R = 60\ \Omega$, $L = 200\text{ mH}$, $C = 2\ \mu\text{F}$ 일 때, 공진 주파수와 품질 계수를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설
공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.2 \times 2 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{4 \times 10^{-7}}} = 15811.39 \text{ rad/s}$$

품질 계수:

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{15811.39 \times 0.2}{60} = \frac{3162.28}{60} = 52.7$$

정답

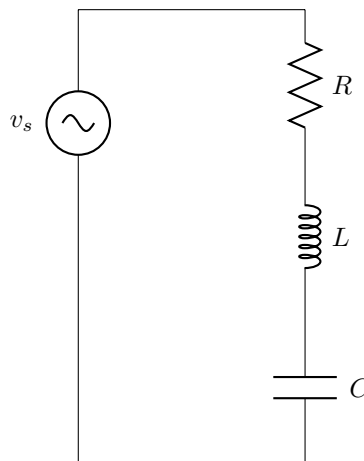
$$\omega_0 = 15811.39 \text{ rad/s}, \quad Q = 52.7$$

고급 문제 17

문제

병렬 RLC 회로에서 $R = 1000 \Omega$, $L = 1 \text{ H}$, $C = 0.5 \mu\text{F}$ 일 때, 공진 주파수와 임피던스를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설
공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{1 \times 0.5 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{5 \times 10^{-7}}} = 1414.21 \text{ rad/s}$$

임피던스:

$$Z = R = 1000 \Omega$$

정답

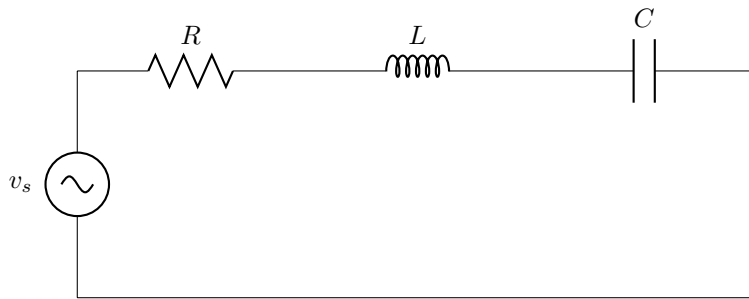
$$\omega_0 = 1414.21 \text{ rad/s}, \quad Z = 1000 \Omega$$

고급 문제 18

문제

직렬 RLC 회로에서 $R = 25 \Omega$, $L = 100 \text{ mH}$, $C = 50 \mu\text{F}$, 전압 크기 $V_s = 220 \text{ V}$, 주파수가 공진 주파수일 때 전류 크기를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설

공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.1 \times 50 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{5 \times 10^{-6}}} = 447.21 \text{ rad/s}$$

임피던스는 저항과 같으므로

$$Z = 25 \Omega$$

전류 크기:

$$I = \frac{V_s}{Z} = \frac{220}{25} = 8.8 \text{ A}$$

정답

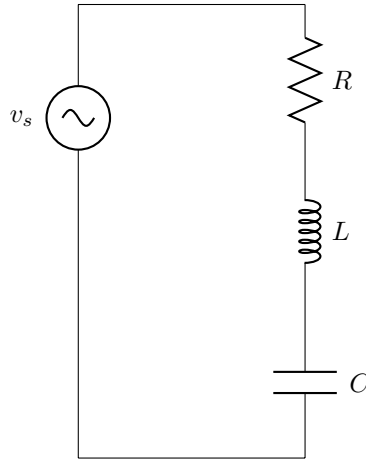
$$I = 8.8 \text{ A}$$

고급 문제 19

문제

병렬 RLC 회로에서 $R = 800 \Omega$, $L = 20 \text{ mH}$, $C = 20 \mu\text{F}$ 이다. 주파수가 공진 주파수의 1.05배일 때 임피던스 크기를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설
공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.02 \times 20 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{4 \times 10^{-7}}} = 15811.39 \text{ rad/s}$$

주파수:

$$\omega = 1.05 \times \omega_0 = 16602.96 \text{ rad/s}$$

임피던스 계산:

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{800} = 0.00125 \text{ S}$$

$$B = \omega C - \frac{1}{\omega L} = 16602.96 \times 20 \times 10^{-6} - \frac{1}{16602.96 \times 0.02} = 0.332 - 0.00301 = 0.329 \text{ S}$$

임피던스 크기:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{G^2 + B^2}} = \frac{1}{\sqrt{(0.00125)^2 + (0.329)^2}} = \frac{1}{0.329} = 3.04 \Omega$$

정답

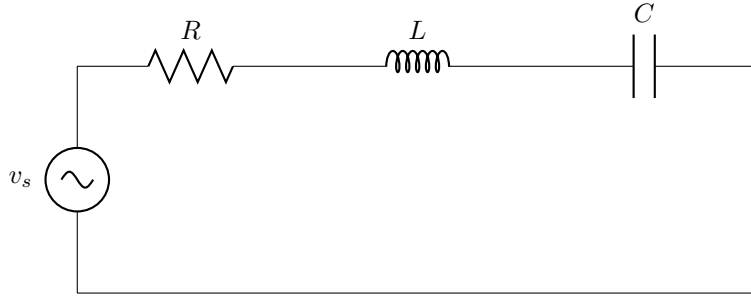
$$Z \approx 3.04 \Omega$$

고급 문제 20

문제

직렬 RLC 회로에서 $R = 50 \Omega$, $L = 10 \text{ mH}$, $C = 100 \mu\text{F}$, 전압 크기 $V_s = 150 \text{ V}$, 주파수가 공진 주파수일 때 전류 크기를 구하시오.

회로도



풀이 및 해설

공진 각주파수:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{0.01 \times 100 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{1 \times 10^{-6}}} = 1000 \text{ rad/s}$$

임피던스는 저항과 같으므로

$$Z = 50 \, \Omega$$

전류 크기:

$$I = \frac{V_s}{Z} = \frac{150}{50} = 3 \text{ A}$$

정답

$$I = 3 \text{ A}$$