

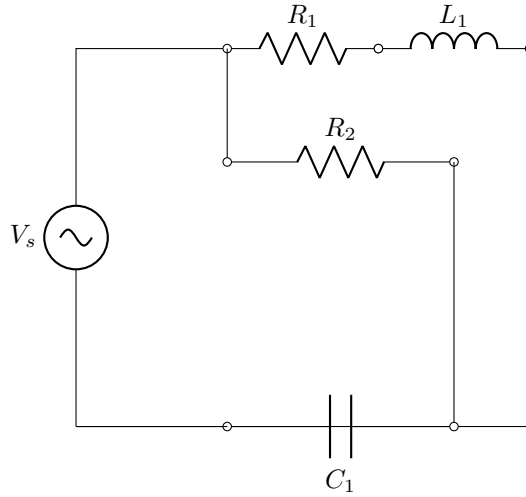
고급 문제 1

문제

다음과 같은 교류 회로에서 전체 임피던스 Z_{total} 를 구하시오.

- 직렬 연결된 저항 $R_1 = 5\ \Omega$ 과 인덕터 $L_1 = 0.1\ \text{H}$
- 병렬 연결된 저항 $R_2 = 10\ \Omega$ 과 커패시터 $C_1 = 50\ \mu\text{F}$
- 교류 전압원 $V_s = 120\ \text{V}$, 주파수 $f = 60\ \text{Hz}$ 에 연결됨.

회로도



풀이 및 해설

주파수에 따른 각종 파라미터 계산:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 60 = 376.99\ \text{rad/s}$$

1. 인덕터 리액턴스:

$$X_{L_1} = \omega L_1 = 376.99 \times 0.1 = 37.7\ \Omega$$

2. 커패시터 리액턴스:

$$X_{C_1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{376.99 \times 50 \times 10^{-6}} = 53.05\ \Omega$$

3. 직렬 임피던스 Z_1 (저항과 인덕터):

$$Z_1 = R_1 + jX_{L_1} = 5 + j37.7\ \Omega$$

4. 병렬 임피던스 Z_2 (저항과 커패시터 병렬): 각 임피던스:

$$Z_{R_2} = R_2 = 10\ \Omega, \quad Z_{C_1} = -jX_{C_1} = -j53.05\ \Omega$$

병렬 연결 공식:

$$\frac{1}{Z_2} = \frac{1}{Z_{R_2}} + \frac{1}{Z_{C_1}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{-j53.05} = 0.1 - j0.01884\ \text{S}$$

따라서,

$$Z_2 = \frac{1}{0.1 - j0.01884} = \frac{0.1 + j0.01884}{(0.1)^2 + (0.01884)^2} = \frac{0.1 + j0.01884}{0.010355} \approx 9.66 + j1.82\ \Omega$$

5. 전체 임피던스 Z_{total} (직렬 연결)

$$Z_{\text{total}} = Z_1 + Z_2 = (5 + j37.7) + (9.66 + j1.82) = 14.66 + j39.52\ \Omega$$

6. 크기와 위상

$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{14.66^2 + 39.52^2} \approx 42.91 \, \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{39.52}{14.66} \right) \approx 69.1^\circ$$

결론: 전체 임피던스는

$$Z_{\text{total}} = 14.66 + j39.52 \, \Omega = 42.91 \angle 69.1^\circ \, \Omega$$

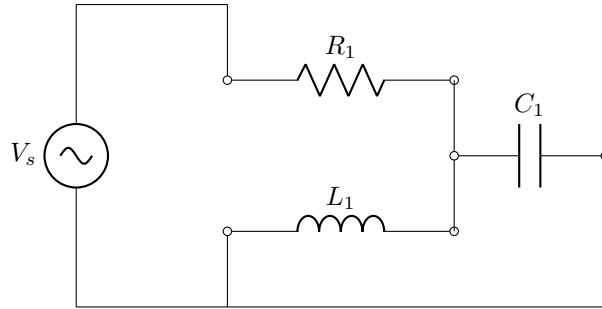
고급 문제 2

문제

다음 회로에서 전체 임피던스 Z_{total} 를 구하시오.

- 저항 $R_1 = 8 \, \Omega$ 과 인덕터 $L_1 = 0.15 \, \text{H}$ 이 병렬로 연결되어 있음
- 이 병렬 조합은 직렬로 커패시터 $C_1 = 40 \, \mu\text{F}$ 와 연결되어 있음
- 교류 전압원 $V_s = 100 \, \text{V}$, 주파수 $f = 50 \, \text{Hz}$

회로도



풀이 및 해설

주파수에 따른 각종 파라미터 계산:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 314.16 \, \text{rad/s}$$

1. 인덕터 리액턴스:

$$X_{L_1} = \omega L_1 = 314.16 \times 0.15 = 47.12 \, \Omega$$

2. 커패시터 리액턴스:

$$X_{C_1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{314.16 \times 40 \times 10^{-6}} = 79.58 \, \Omega$$

3. 병렬 임피던스 Z_p (저항과 인덕터 병렬):

$$Z_{R_1} = 8 \, \Omega, \quad Z_{L_1} = j47.12 \, \Omega$$

병렬 임피던스 공식:

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{Z_{R_1}} + \frac{1}{Z_{L_1}} = \frac{1}{8} + \frac{1}{j47.12} = 0.125 - j0.02122 \, \text{S}$$

따라서,

$$Z_p = \frac{1}{0.125 - j0.02122} = \frac{0.125 + j0.02122}{(0.125)^2 + (0.02122)^2} = \frac{0.125 + j0.02122}{0.01602} \approx 7.8 + j1.32 \, \Omega$$

4. 전체 임피던스 Z_{total} (직렬 연결):

$$Z_{\text{total}} = Z_p + Z_{C_1} = (7.8 + j1.32) + (-j79.58) = 7.8 - j78.26 \Omega$$

5. 크기와 위상:

$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{7.8^2 + (-78.26)^2} \approx 78.63 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{-78.26}{7.8} \right) \approx -84.3^\circ$$

결론: 전체 임피던스는

$$Z_{\text{total}} = 7.8 - j78.26 \Omega = 78.63 \angle -84.3^\circ \Omega$$

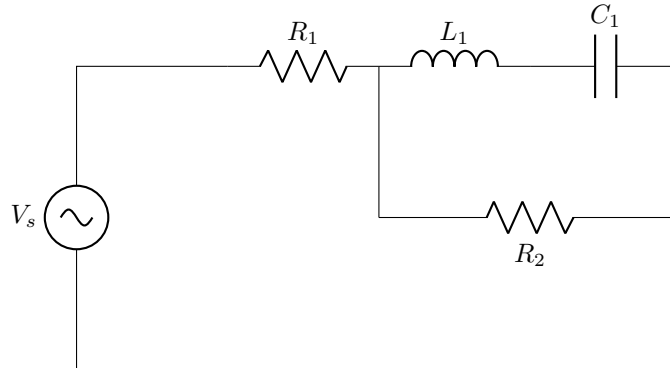
고급 문제 3

문제

다음 회로에서 전체 임피던스 Z_{total} 를 구하시오.

- 직렬로 연결된 저항 $R_1 = 6 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 0.12 \text{ H}$, 커패시터 $C_1 = 30 \mu\text{F}$
- 이 직렬 조합은 병렬로 저항 $R_2 = 12 \Omega$ 과 연결되어 있음
- 교류 전압원 $V_s = 110 \text{ V}$, 주파수 $f = 60 \text{ Hz}$

회로도



풀이 및 해설

주파수에 따른 각종 파라미터 계산:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 60 = 376.99 \text{ rad/s}$$

1. 인덕터 리액턴스:

$$X_{L_1} = \omega L_1 = 376.99 \times 0.12 = 45.24 \Omega$$

2. 커패시터 리액턴스:

$$X_{C_1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{376.99 \times 30 \times 10^{-6}} = 88.49 \Omega$$

3. 직렬 임피던스 Z_s :

$$Z_s = R_1 + jX_{L_1} - jX_{C_1} = 6 + j45.24 - j88.49 = 6 - j43.25 \Omega$$

4. 병렬 임피던스 Z_{total} :

$$\frac{1}{Z_{\text{total}}} = \frac{1}{Z_s} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{6 - j43.25} + \frac{1}{12}$$

복소수 역수 계산:

$$\frac{1}{6 - j43.25} = \frac{6 + j43.25}{6^2 + 43.25^2} = \frac{6 + j43.25}{1887.25} \approx 0.00318 + j0.02291$$

따라서,

$$\frac{1}{Z_{\text{total}}} = (0.00318 + j0.02291) + 0.08333 = 0.08651 + j0.02291$$

전체 임피던스:

$$Z_{\text{total}} = \frac{1}{0.08651 + j0.02291} = \frac{0.08651 - j0.02291}{0.08651^2 + 0.02291^2} = \frac{0.08651 - j0.02291}{0.0080} \approx 10.81 - j2.86 \Omega$$

5. 크기 및 위상:

$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{10.81^2 + (-2.86)^2} \approx 11.30 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{-2.86}{10.81} \right) \approx -15.0^\circ$$

결론: 전체 임피던스는

$$Z_{\text{total}} = 10.81 - j2.86 \Omega = 11.30 \angle -15.0^\circ \Omega$$

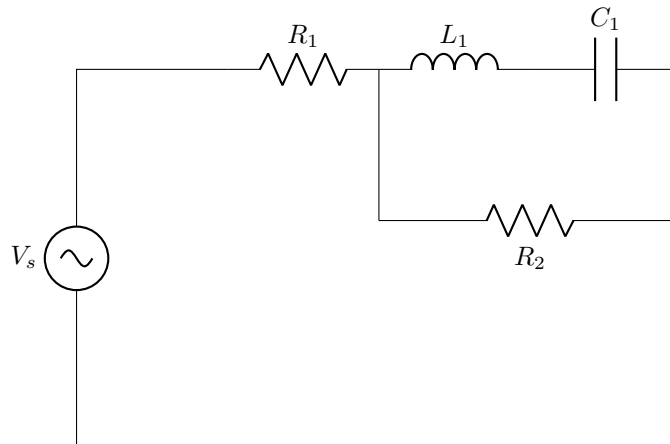
고급 문제 4

문제

다음 회로에서 전체 임피던스 Z_{total} 를 구하시오.

- 저항 $R_1 = 4 \Omega$ 과 인덕터 $L_1 = 0.08 \text{ H}$, 커패시터 $C_1 = 60 \mu\text{F}$ 가 직렬 연결되어 있음
- 이 직렬 조합과 저항 $R_2 = 20 \Omega$ 이 병렬 연결되어 있음
- 교류 전압원 $V_s = 115 \text{ V}$, 주파수 $f = 50 \text{ Hz}$

회로도



풀이 및 해설

주파수에 따른 각종 파라미터 계산:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 314.16 \text{ rad/s}$$

1. 인덕터 리액턴스:

$$X_{L_1} = \omega L_1 = 314.16 \times 0.08 = 25.13 \Omega$$

2. 커패시터 리액턴스:

$$X_{C_1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{314.16 \times 60 \times 10^{-6}} = 53.05 \Omega$$

3. 직렬 임피던스 Z_s :

$$Z_s = R_1 + jX_{L_1} - jX_{C_1} = 4 + j25.13 - j53.05 = 4 - j27.92 \Omega$$

4. 병렬 임피던스 Z_{total} :

$$\frac{1}{Z_{\text{total}}} = \frac{1}{Z_s} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4 - j27.92} + \frac{1}{20}$$

복소수 역수 계산:

$$\frac{1}{4 - j27.92} = \frac{4 + j27.92}{4^2 + 27.92^2} = \frac{4 + j27.92}{787.07} \approx 0.00508 + j0.03547$$

따라서,

$$\frac{1}{Z_{\text{total}}} = (0.00508 + j0.03547) + 0.05 = 0.05508 + j0.03547$$

전체 임피던스:

$$Z_{\text{total}} = \frac{1}{0.05508 + j0.03547} = \frac{0.05508 - j0.03547}{0.05508^2 + 0.03547^2} = \frac{0.05508 - j0.03547}{0.00437} \approx 12.60 - j8.12 \Omega$$

5. 크기 및 위상:

$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{12.60^2 + (-8.12)^2} \approx 15.01 \Omega$$

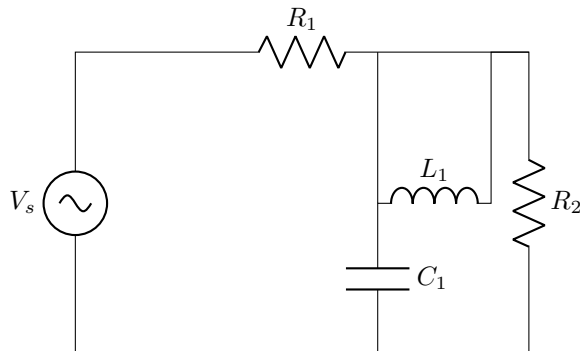
$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{-8.12}{12.60} \right) \approx -32.9^\circ$$

결론: 전체 임피던스는

$$Z_{\text{total}} = 12.60 - j8.12 \Omega = 15.01 \angle -32.9^\circ \Omega$$

고급 문제 5

아래 회로에서 전체 임피던스 Z_{total} 를 구하시오.



주어진 값은 다음과 같다.

$$R_1 = 20 \Omega, \quad R_2 = 10 \Omega, \quad L_1 = 200 \text{ mH}, \quad C_1 = 20 \mu\text{F}, \quad f = 60 \text{ Hz}$$

풀이 및 해설

- 인덕터 리액턴스:

$$X_L = 2\pi f L_1 = 2\pi \times 60 \times 0.2 = 75.40 \Omega \Rightarrow Z_L = j75.40 \Omega$$

- 커패시터 리액턴스:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{2\pi \times 60 \times 20 \times 10^{-6}} = 132.63 \Omega \Rightarrow Z_C = -j132.63 \Omega$$

- Z_L 과 Z_C 병렬 조합:

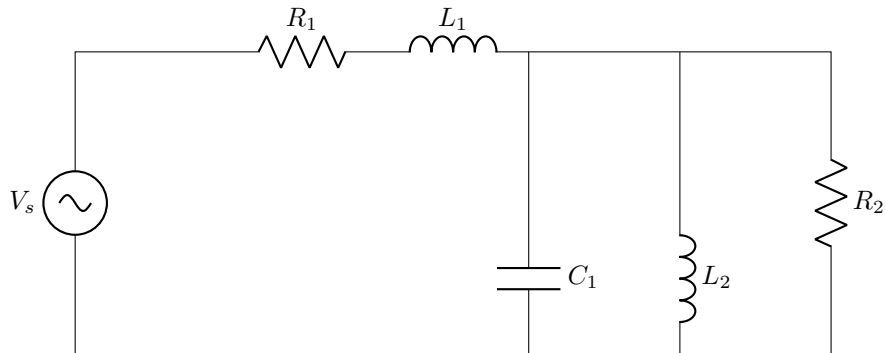
$$\frac{1}{Z_{LC}} = \frac{1}{j75.40} + \frac{1}{-j132.63} = \frac{-j}{75.40} + \frac{j}{132.63} = j \left(\frac{1}{132.63} - \frac{1}{75.40} \right) = -j0.00724 \Rightarrow Z_{LC} = \frac{1}{-j0.00724} = j138.12 \Omega$$

- 직렬 연결된 전체 임피던스:

$$Z_{\text{total}} = R_1 + Z_{LC} + R_2 = 20 + j138.12 + 10 = 30 + j138.12 \Omega$$

고급 문제 6

아래 교류 회로에서 전체 임피던스 Z_{total} 를 구하시오.



주어진 값:

$$R_1 = 15 \Omega, \quad R_2 = 10 \Omega, \quad L_1 = 100 \text{ mH}, \quad L_2 = 150 \text{ mH}, \quad C_1 = 10 \mu\text{F}, \quad f = 50 \text{ Hz}$$

풀이 및 해설

- 유도 리액턴스:

$$X_{L1} = 2\pi f L_1 = 2\pi \cdot 50 \cdot 0.1 = 31.42 \Omega \Rightarrow Z_{L1} = j31.42 \Omega$$

$$X_{L2} = 2\pi f L_2 = 2\pi \cdot 50 \cdot 0.15 = 47.12 \Omega \Rightarrow Z_{L2} = j47.12 \Omega$$

- 커패시턴스 리액턴스:

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi f C_1} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 318.31 \Omega \Rightarrow Z_{C1} = -j318.31 \Omega$$

- $Z_{C1} \parallel Z_{L2}$ 계산:

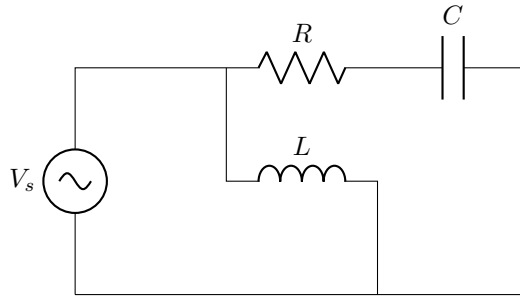
$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{-j318.31} + \frac{1}{j47.12} = j \left(\frac{1}{47.12} - \frac{1}{318.31} \right) = j(0.02122 - 0.00314) = j0.01808 \Rightarrow Z_p = \frac{1}{j0.01808} = -j55.29 \Omega$$

- 전체 임피던스:

$$Z_{\text{total}} = R_1 + Z_{L1} + Z_p + R_2 = 15 + j31.42 - j55.29 + 10 = 25 - j23.87 \Omega$$

고급 문제 7

다음 교류 회로에서 전체 임피던스를 페이저 형식으로 구하고, 전류 I 를 구하시오.



전원 전압: $V_s = 100 \text{ V}$, 주파수: $f = 60 \text{ Hz}$, 저항: $R = 20 \Omega$, 인덕터: $L = 0.05 \text{ H}$, 커패시터: $C = 100 \mu\text{F}$

풀이 및 해설

이 회로는 직렬과 병렬이 혼합된 구조로, 다음과 같이 해석한다.

우선, 병렬 연결된 R 과 L 의 가치를 해석하고, 그 결과를 C 와 직렬로 연결된 구조로 변환해서 전체 임피던스를 구한다.

1. 인덕터의 임피던스 계산

인덕터의 임피던스는 다음과 같다.

$$Z_L = j\omega L = j(2\pi f)L = j(2\pi \cdot 60) \cdot 0.05 = j18.85 \Omega$$

2. 병렬 가지의 임피던스 계산

병렬로 연결된 R 과 L 의 합성 임피던스 Z_{RL} 는 다음과 같이 계산한다.

$$Z_{RL} = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{Z_L} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{j18.85} \right)^{-1}$$

유리화 과정을 포함한 계산:

$$\frac{1}{Z_{RL}} = \frac{1}{20} + \frac{-j}{18.85} = 0.05 - j0.053 \Rightarrow Z_{RL} = \frac{1}{0.05 - j0.053}$$

분모 유리화:

$$Z_{RL} = \frac{1}{0.05 - j0.053} \cdot \frac{0.05 + j0.053}{0.05 + j0.053} = \frac{0.05 + j0.053}{0.05^2 + 0.053^2} = \frac{0.05 + j0.053}{0.00265 + 0.002809} = \frac{0.05 + j0.053}{0.005459}$$

$$Z_{RL} \approx 9.16 + j9.71 \Omega$$

3. 커패시터의 임피던스 계산

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j(2\pi f)C} = \frac{1}{j(2\pi \cdot 60 \cdot 100 \cdot 10^{-6})} = \frac{1}{j0.0377} = -j26.52 \Omega$$

4. 전체 임피던스 계산

$$Z_{\text{total}} = Z_{RL} + Z_C$$

$$Z_{\text{total}} = (9.16 + j9.71) + (-j26.52) = 9.16 - j16.81 \Omega$$

5. 전류 I 계산

전원 전압 $V_s = 100\angle 0^\circ \text{ V}$ 이므로, 옴의 법칙에 따라

$$I = \frac{V_s}{Z_{\text{total}}} = \frac{100\angle 0^\circ}{9.16 - j16.81}$$

극좌표로 변환:

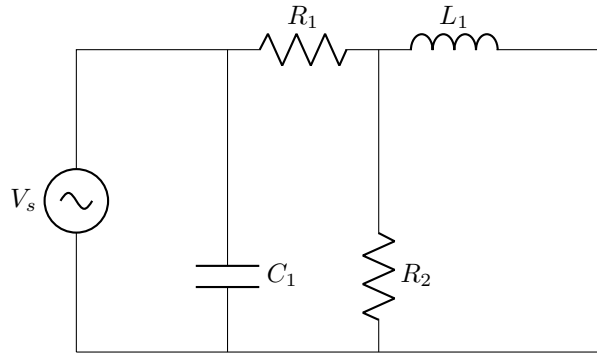
$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{9.16^2 + 16.81^2} \approx \sqrt{83.89 + 282.5} = \sqrt{366.4} \approx 19.14 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{-16.81}{9.16} \right) \approx -61.1^\circ$$

$$I = \frac{100}{19.14} \angle 61.1^\circ \approx 5.23 \angle 61.1^\circ \text{ A}$$

고급 문제 8

다음 회로에서 전체 임피던스를 페이저 해석으로 구하시오.



다음 값을 기준으로 계산하시오:

- $R_1 = 20 \Omega$ - $L_1 = 50 \text{ mH}$ - $R_2 = 10 \Omega$ - $C_1 = 100 \mu\text{F}$ - $f = 60 \text{ Hz}$

풀이 및 해설

먼저 각 소자의 임피던스를 계산합니다.

$$X_{L_1} = 2\pi f L_1 = 2\pi \times 60 \times 0.05 = 18.85 \Omega$$

$$Z_{L_1} = j18.85 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j2\pi f C_1} = \frac{1}{j2\pi \times 60 \times 100 \times 10^{-6}} \approx -j26.52 \Omega$$

이제 각 경로별 임피던스를 구합니다.

- 직렬 경로: R_1 과 L_1 이 직렬이므로

$$Z_{\text{series}} = R_1 + Z_{L_1} = 20 + j18.85 \Omega$$

- 병렬 경로는 R_2 와 C_1 이 각각 접지와 병렬 연결되어 있으므로, 어드미턴스를 이용합니다.

$$Y_{R_2} = \frac{1}{10} = 0.1 \text{ S}, \quad Y_{C_1} = j\omega C_1 = j2\pi \times 60 \times 100 \times 10^{-6} = j0.0377 \text{ S}$$

$$Y_{\text{parallel}} = Y_{R_2} + Y_{C_1} = 0.1 + j0.0377 \text{ S} \Rightarrow Z_{\text{parallel}} = \frac{1}{Y_{\text{parallel}}}$$

$$Z_{\text{parallel}} = \frac{1}{0.1 + j0.0377} = \frac{0.1 - j0.0377}{(0.1)^2 + (0.0377)^2} = \frac{0.1 - j0.0377}{0.01142} \approx 8.75 - j3.30 \Omega$$

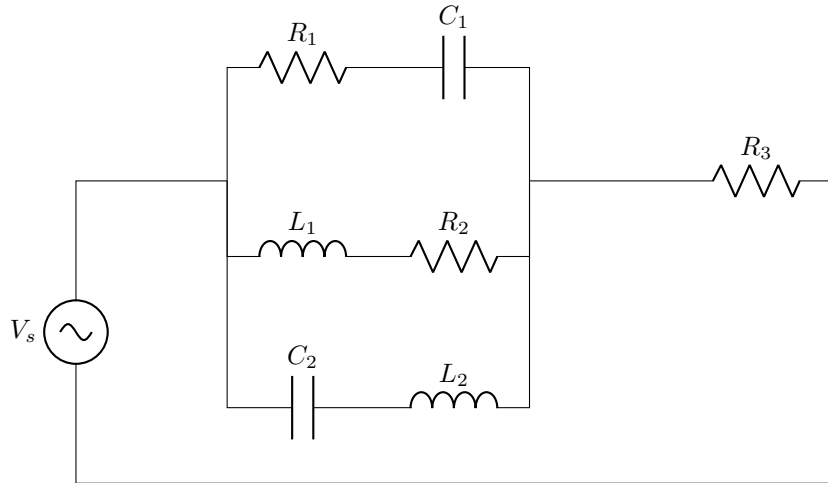
이제 전체 회로는 Z_{series} 와 Z_{parallel} 이 직렬로 연결되므로:

$$Z_{\text{total}} = Z_{\text{series}} + Z_{\text{parallel}} = (20 + j18.85) + (8.75 - j3.30) = 28.75 + j15.55 \Omega$$

$$Z_{\text{total}} = 28.75 + j15.55 \Omega$$

고급 문제 9

다음 교류 회로에서 전체 임피던스를 페이지 해석을 통해 구하시오.



다음 값을 기준으로 계산하시오:

- $R_1 = 15 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$, $R_3 = 10 \Omega$ - $C_1 = 100 \mu\text{F}$, $C_2 = 80 \mu\text{F}$ - $L_1 = 30 \text{ mH}$, $L_2 = 50 \text{ mH}$ - $f = 50 \text{ Hz}$
풀이 및 해설

1. 각 소자의 임피던스 계산

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j2\pi f C_1} = \frac{1}{j2\pi \cdot 50 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = -j31.83 \Omega$$

$$Z_{C_2} = \frac{1}{j2\pi f C_2} = \frac{1}{j2\pi \cdot 50 \cdot 80 \cdot 10^{-6}} = -j39.79 \Omega$$

$$Z_{L_1} = j2\pi f L_1 = j2\pi \cdot 50 \cdot 0.03 = j9.42 \Omega$$

$$Z_{L_2} = j2\pi f L_2 = j2\pi \cdot 50 \cdot 0.05 = j15.71 \Omega$$

2. 각 분기 임피던스 계산

- 윗가지: R_1 과 C_1 직렬

$$Z_a = R_1 + Z_{C_1} = 15 - j31.83 \Omega$$

- 중간가지: L_1 과 R_2 직렬

$$Z_b = Z_{L_1} + R_2 = j9.42 + 20 = 20 + j9.42 \Omega$$

- 아랫가지: C_2 와 L_2 직렬

$$Z_c = Z_{C_2} + Z_{L_2} = -j39.79 + j15.71 = -j24.08 \Omega$$

3. 병렬 연결된 세 가지 가지의 어드미턴스 계산

$$Y_a = \frac{1}{15 - j31.83} = \frac{15 + j31.83}{15^2 + 31.83^2} \approx 0.0117 + j0.0248 \text{ S}$$

$$Y_b = \frac{1}{20 + j9.42} = \frac{20 - j9.42}{20^2 + 9.42^2} \approx 0.0412 - j0.0194 \text{ S}$$

$$Y_c = \frac{1}{-j24.08} = j0.0415 \text{ S}$$

$$Y_{\text{parallel}} = Y_a + Y_b + Y_c = (0.0117 + 0.0412) + j(0.0248 - 0.0194 + 0.0415) = 0.0529 + j0.0469 \text{ S}$$

4. 병렬 어드미턴스를 다시 임피던스로 환산

$$Z_{\text{parallel}} = \frac{1}{Y_{\text{parallel}}} = \frac{1}{0.0529 + j0.0469} = \frac{0.0529 - j0.0469}{(0.0529)^2 + (0.0469)^2} = \frac{0.0529 - j0.0469}{0.00503} \approx 10.52 - j9.33 \Omega$$

5. 전체 임피던스 계산

이 병렬 블록은 R_3 과 직렬이므로

$$Z_{\text{total}} = Z_{\text{parallel}} + R_3 = (10.52 - j9.33) + 10 = 20.52 - j9.33 \Omega$$

최종적으로 전체 임피던스는

$$Z_{\text{total}} = 20.52 - j9.33 \Omega$$

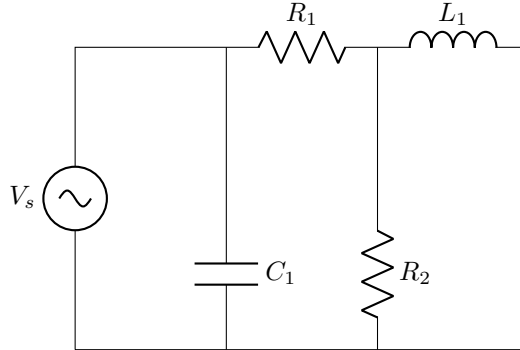
고급 문제 10

문제

다음 회로에서 복소수 전압원 $V_s = 100\angle 0^\circ$ V가 인가되어 있다. R_1, R_2 는 각각 저항, L_1 은 인덕터, C_1 은 커패시터이다. 각 소자의 값은 다음과 같다:

$$R_1 = 10\ \Omega, \quad R_2 = 20\ \Omega, \quad L_1 = 0.2\ \text{H}, \quad C_1 = 100\ \mu\text{F}, \quad f = 60\ \text{Hz}$$

회로에 흐르는 전류 I_s 를 페이저 해석 기법으로 구하고, 실효값도 함께 구하라.



풀이 및 해설

우선, 각 소자의 임피던스를 주파수 $f = 60\ \text{Hz}$ 에 대해 계산한다. 각 소자의 임피던스는 다음과 같다:

$$Z_{R1} = R_1 = 10\ \Omega, \quad Z_{R2} = R_2 = 20\ \Omega$$

$$Z_{L1} = j\omega L_1 = j2\pi(60)(0.2) = j75.40\ \Omega$$

$$Z_{C1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j2\pi(60)(100 \times 10^{-6})} = -j26.53\ \Omega$$

병렬 연결된 R_2 와 C_1 의 어드미턴스를 계산하여 등가 임피던스를 구한다:

$$Y_{parallel} = \frac{1}{Z_{R2}} + \frac{1}{Z_{C1}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{-j26.53} = 0.05 + j0.0377\ \text{S}$$

$$Z_{parallel} = \frac{1}{Y_{parallel}} = \frac{1}{0.05 + j0.0377} = 12.37\angle -37.06^\circ\ \Omega$$

전체 임피던스 Z_{total} 는 Z_{R1}, Z_{L1} , 병렬 조합의 합으로:

$$Z_{total} = Z_{R1} + Z_{L1} + Z_{parallel} = 10 + j75.40 + 12.37\angle -37.06^\circ$$

복소수 덧셈을 위해 극형 $\rightarrow$ 직각좌표 변환:

$$12.37\angle -37.06^\circ = 9.89 - j7.45$$

$$Z_{total} = (10 + 9.89) + j(75.40 - 7.45) = 19.89 + j67.95\ \Omega$$

이제 전류 I_s 를 계산:

$$I_s = \frac{V_s}{Z_{total}} = \frac{100\angle 0^\circ}{19.89 + j67.95}$$

분모를 극형으로 변환:

$$|Z_{total}| = \sqrt{19.89^2 + 67.95^2} = 70.81, \quad \angle Z = \tan^{-1}\left(\frac{67.95}{19.89}\right) = 73.61^\circ$$

$$I_s = \frac{100\angle 0^\circ}{70.81\angle 73.61^\circ} = 1.41\angle -73.61^\circ \text{ A}$$

실효값:

$$|I_s|_{\text{rms}} = \frac{1.41}{\sqrt{2}} = 1.00 \text{ A}$$

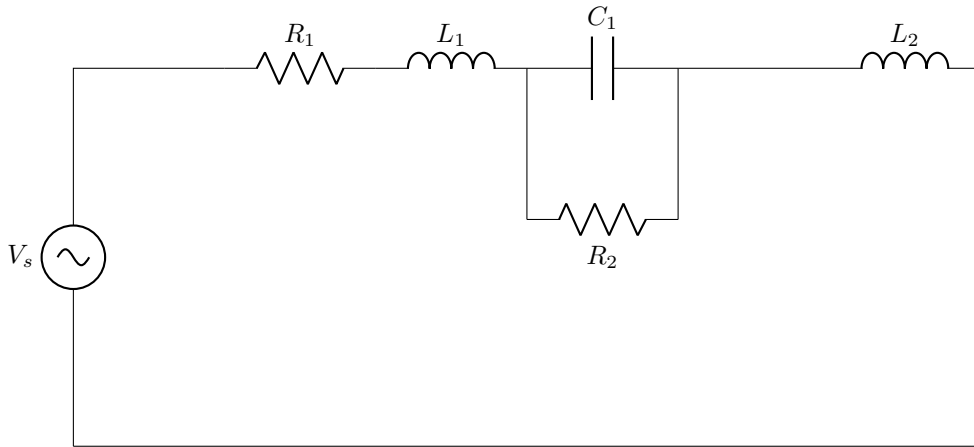
고급 문제 11

문제

아래 회로에서 주파수 $f = 60 \text{ Hz}$ 일 때 전체 임피던스 Z_{total} 를 구하시오.

- 저항 $R_1 = 12 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 0.15 \text{ H}$, 커패시터 $C_1 = 40 \mu\text{F}$ 는 직렬 연결
- 병렬로 연결된 저항 $R_2 = 15 \Omega$
- 이 직렬-병렬 조합은 다시 인덕터 $L_2 = 0.1 \text{ H}$ 와 직렬 연결됨
- 교류 전압원 $V_s = 120 \text{ V}$ (크기), 위상은 0°

회로도



풀이 및 해설

1. 각 소자의 임피던스 계산 (각각의 복소 임피던스):

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 60 = 376.99 \text{ rad/s}$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \times 376.99 \times 0.15 = j56.55 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \times 376.99 \times 40 \times 10^{-6}} = -j66.37 \Omega$$

$$Z_{L_2} = j\omega L_2 = j \times 376.99 \times 0.1 = j37.70 \Omega$$

2. 직렬 연결 임피던스 Z_s (저항과 인덕터, 커패시터 직렬):

$$Z_s = R_1 + Z_{L_1} + Z_{C_1} = 12 + j56.55 - j66.37 = 12 - j9.82 \Omega$$

3. 병렬 연결 Z_p (저항 R_2 와 Z_s 병렬):

$$Z_{R_2} = 15 \Omega$$

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{Z_s} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{12 - j9.82} + \frac{1}{15}$$

복소수 역수 계산:

$$\frac{1}{12 - j9.82} = \frac{12 + j9.82}{12^2 + 9.82^2} = \frac{12 + j9.82}{243.6} \approx 0.0493 + j0.0403$$

따라서,

$$\frac{1}{Z_p} = (0.0493 + j0.0403) + 0.0667 = 0.1160 + j0.0403 \text{ S}$$

4. 병렬 임피던스 Z_p 구하기:

$$Z_p = \frac{1}{0.1160 + j0.0403} = \frac{0.1160 - j0.0403}{0.1160^2 + 0.0403^2} = \frac{0.1160 - j0.0403}{0.01503} \approx 7.72 - j2.68 \Omega$$

5. 전체 임피던스 Z_{total} (병렬 임피던스와 L_2 직렬):

$$Z_{\text{total}} = Z_p + Z_{L_2} = (7.72 - j2.68) + j37.70 = 7.72 + j35.02 \Omega$$

6. 크기와 위상각:

$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{7.72^2 + 35.02^2} = \sqrt{59.6 + 1226.4} = \sqrt{1286.0} \approx 35.87 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{35.02}{7.72} \right) \approx 77.5^\circ$$

결론:

전체 임피던스는

$$Z_{\text{total}} = 7.72 + j35.02 \Omega = 35.87 \angle 77.5^\circ \Omega$$

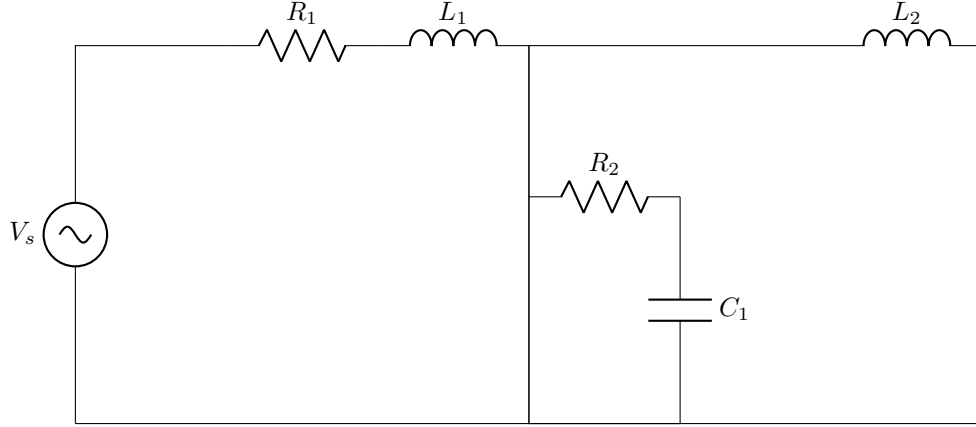
고급 문제 12

문제

아래 교류 회로에서 주파수 $f = 50 \text{ Hz}$ 일 때, 전체 임피던스 Z_{total} 와 회로에 흐르는 전류 I 를 구하시오.

- 저항 $R_1 = 15 \Omega$ 과 인덕터 $L_1 = 0.2 \text{ H}$ 가 직렬 연결
- 병렬로 연결된 저항 $R_2 = 10 \Omega$ 과 커패시터 $C_1 = 100 \mu\text{F}$
- 이 병렬 조합은 다시 직렬로 인덕터 $L_2 = 0.1 \text{ H}$ 와 연결됨
- 교류 전압원 $V_s = 120 \text{ V}$, 위상각 0°

회로도



풀이 및 해설

1. 각 소자의 리액턴스 및 임피던스 계산:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 314.16 \text{ rad/s}$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \times 314.16 \times 0.2 = j62.83 \Omega$$

$$Z_{L_2} = j\omega L_2 = j \times 314.16 \times 0.1 = j31.42 \Omega$$

$$Z_{R_1} = 15 \Omega, \quad Z_{R_2} = 10 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \times 314.16 \times 100 \times 10^{-6}} = -j31.83 \Omega$$

2. 병렬 임피던스 계산 (R_2 와 C_1 병렬):

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{Z_{C_1}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{-j31.83} = 0.1 - j0.0314 \text{ S}$$

$$Z_p = \frac{1}{0.1 - j0.0314} = \frac{0.1 + j0.0314}{0.1^2 + 0.0314^2} = \frac{0.1 + j0.0314}{0.01099} \approx 9.10 + j2.86 \Omega$$

3. 직렬 임피던스 계산 (R_1, L_1 , 병렬 조합 Z_p, L_2 직렬):

$$Z_{\text{total}} = R_1 + Z_{L_1} + Z_p + Z_{L_2} = 15 + j62.83 + (9.10 + j2.86) + j31.42 = (15 + 9.10) + j(62.83 + 2.86 + 31.42)$$

$$Z_{\text{total}} = 24.10 + j97.11 \Omega$$

4. 임피던스 크기 및 위상:

$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{24.10^2 + 97.11^2} = \sqrt{580.8 + 9431.2} = \sqrt{10012} \approx 100.06 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{97.11}{24.10} \right) \approx 76.0^\circ$$

5. 회로에 흐르는 전류 I :

$$I = \frac{V_s}{Z_{\text{total}}} = \frac{120 \angle 0^\circ}{100.06 \angle 76.0^\circ} = 1.20 \angle -76.0^\circ \text{ A}$$

결론

전체 임피던스와 전류는 다음과 같다.

$$Z_{\text{total}} = 24.10 + j97.11 \Omega = 100.06 \angle 76.0^\circ \Omega$$

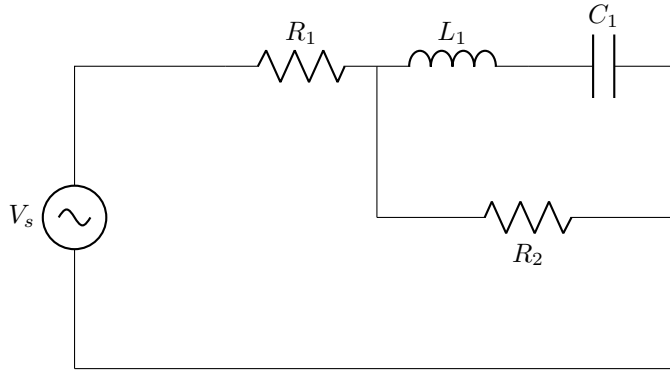
$$I = 1.20 \angle -76.0^\circ \text{ A}$$

고급 문제 13

문제

- 다음 회로에서 주파수 $f = 60 \text{ Hz}$ 일 때 전체 임피던스 Z_{total} 과 전류 I 를 구하시오.
- 직렬 연결된 저항 $R_1 = 8 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 0.1 \text{ H}$, 커패시터 $C_1 = 20 \mu\text{F}$
 - 이 직렬 조합은 병렬로 저항 $R_2 = 12 \Omega$ 과 연결되어 있음
 - 교류 전압원 $V_s = 100 \text{ V}$, 위상각 0°

회로도



풀이 및 해설

1. 각 소자의 임피던스 계산:

$$\begin{aligned}\omega &= 2\pi f = 2\pi \times 60 = 376.99 \text{ rad/s} \\ Z_{L_1} &= j\omega L_1 = j \times 376.99 \times 0.1 = j37.7 \Omega \\ Z_{C_1} &= \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \times 376.99 \times 20 \times 10^{-6}} = -j132.63 \Omega\end{aligned}$$

2. 직렬 임피던스 Z_s :

$$Z_s = R_1 + Z_{L_1} + Z_{C_1} = 8 + j37.7 - j132.63 = 8 - j94.93 \Omega$$

3. 병렬 연결 임피던스 Z_{total} :

$$\begin{aligned}Z_{R_2} &= 12 \Omega \\ \frac{1}{Z_{\text{total}}} &= \frac{1}{Z_s} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{8 - j94.93} + \frac{1}{12}\end{aligned}$$

복소수 역수 계산:

$$\frac{1}{8 - j94.93} = \frac{8 + j94.93}{8^2 + 94.93^2} = \frac{8 + j94.93}{9080.7} \approx 0.000881 + j0.01046$$

따라서,

$$\frac{1}{Z_{\text{total}}} = (0.000881 + j0.01046) + 0.08333 = 0.08421 + j0.01046 \text{ S}$$

4. 전체 임피던스 계산:

$$Z_{\text{total}} = \frac{1}{0.08421 + j0.01046} = \frac{0.08421 - j0.01046}{0.08421^2 + 0.01046^2} = \frac{0.08421 - j0.01046}{0.00721} \approx 11.68 - j1.45 \Omega$$

5. 크기와 위상:

$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{11.68^2 + (-1.45)^2} = \sqrt{136.44 + 2.10} = \sqrt{138.54} \approx 11.77 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{-1.45}{11.68} \right) \approx -7.1^\circ$$

6. 회로에 흐르는 전류 I :

$$I = \frac{V_s}{Z_{\text{total}}} = \frac{100 \angle 0^\circ}{11.77 \angle -7.1^\circ} = 8.50 \angle 7.1^\circ \text{ A}$$

결론

전체 임피던스와 회로 전류는 다음과 같다:

$$Z_{\text{total}} = 11.68 - j1.45 \Omega = 11.77 \angle -7.1^\circ \Omega$$

$$I = 8.50 \angle 7.1^\circ \text{ A}$$

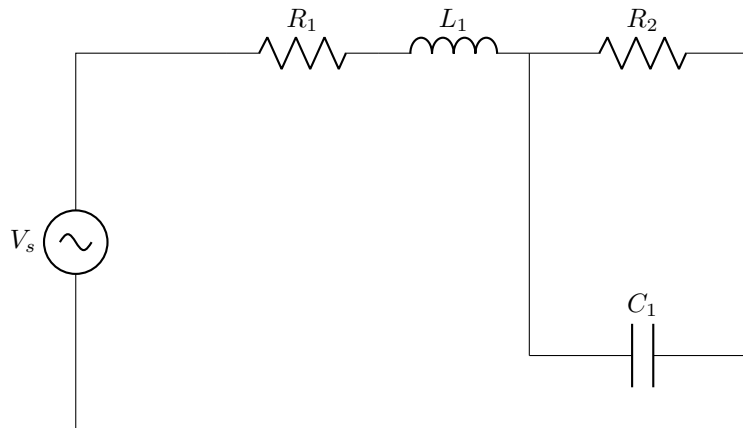
고급 문제 14

문제

주파수 $f = 50 \text{ Hz}$ 에서 다음 회로의 전체 임피던스 Z_{total} 를 구하시오.

- 직렬로 연결된 저항 $R_1 = 10 \Omega$ 과 인덕터 $L_1 = 0.2 \text{ H}$
- 이 직렬 조합은 병렬로 커패시터 $C_1 = 80 \mu\text{F}$ 과 저항 $R_2 = 15 \Omega$ 에 연결되어 있음
- 교류 전압원 $V_s = 110 \text{ V}$

회로도



풀이 및 해설

1. 각 소자의 임피던스 계산:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 314.16 \text{ rad/s}$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \times 314.16 \times 0.2 = j62.83 \Omega$$

$$Z_{R_1} = 10 \Omega, \quad Z_{R_2} = 15 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \times 314.16 \times 80 \times 10^{-6}} = -j39.79 \Omega$$

2. 직렬 임피던스 Z_s :

$$Z_s = R_1 + Z_{L_1} = 10 + j62.83 \Omega$$

3. 병렬 임피던스 Z_p (R_2 와 C_1 병렬):

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{Z_{C_1}} = \frac{1}{15} + \frac{1}{-j39.79} = 0.0667 - j0.0251 \text{ S}$$

$$Z_p = \frac{1}{0.0667 - j0.0251} = \frac{0.0667 + j0.0251}{0.0667^2 + 0.0251^2} = \frac{0.0667 + j0.0251}{0.0051} \approx 13.1 + j4.92 \Omega$$

4. 전체 임피던스 Z_{total} (직렬 연결):

$$Z_{\text{total}} = Z_s + Z_p = (10 + j62.83) + (13.1 + j4.92) = 23.1 + j67.75 \Omega$$

5. 크기와 위상:

$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{23.1^2 + 67.75^2} = \sqrt{533.6 + 4590.6} = \sqrt{5124.2} \approx 71.6 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{67.75}{23.1} \right) \approx 71.1^\circ$$

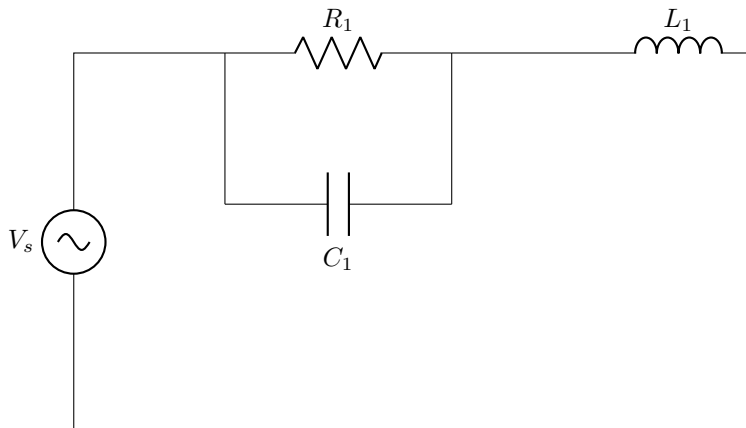
고급 문제 15

문제

주파수 $f = 60 \text{ Hz}$ 에서 아래 회로의 전체 임피던스 Z_{total} 를 구하시오.

- 저항 $R_1 = 12 \Omega$ 과 커패시터 $C_1 = 25 \mu\text{F}$ 가 병렬 연결됨
- 병렬 조합과 직렬로 인덕터 $L_1 = 0.15 \text{ H}$ 이 연결됨
- 교류 전압원 $V_s = 115 \text{ V}$

회로도



풀이 및 해설

1. 각 소자의 임피던스 계산:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 60 = 376.99 \text{ rad/s}$$

$$Z_{R_1} = 12 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \times 376.99 \times 25 \times 10^{-6}} = -j106.1 \Omega$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \times 376.99 \times 0.15 = j56.55 \Omega$$

2. 병렬 임피던스 Z_p :

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{C_1}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{-j106.1} = 0.0833 - j0.00942 \text{ S}$$

$$Z_p = \frac{1}{0.0833 - j0.00942} = \frac{0.0833 + j0.00942}{0.0833^2 + 0.00942^2} = \frac{0.0833 + j0.00942}{0.00706} \approx 11.8 + j1.33 \Omega$$

3. 전체 임피던스 Z_{total} :

$$Z_{\text{total}} = Z_p + Z_{L_1} = (11.8 + j1.33) + j56.55 = 11.8 + j57.88 \Omega$$

4. 크기와 위상:

$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{11.8^2 + 57.88^2} = \sqrt{139.24 + 3350.2} = \sqrt{3489.44} \approx 59.07 \Omega$$

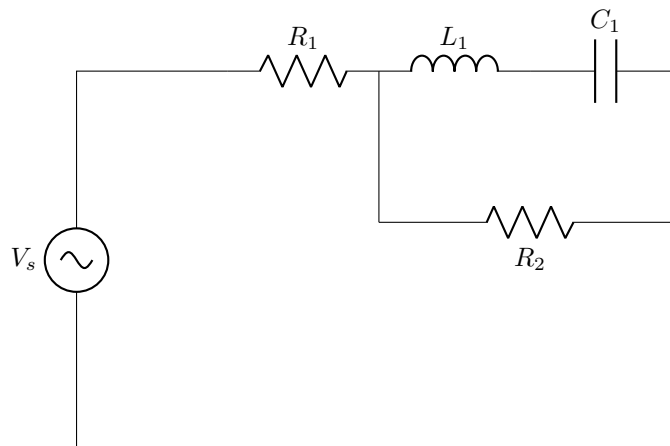
$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{57.88}{11.8} \right) \approx 78.4^\circ$$

고급 문제 16

문제

- 주파수 $f = 60 \text{ Hz}$ 에서 다음 회로의 전체 임피던스 Z_{total} 를 구하시오.
- 직렬로 연결된 저항 $R_1 = 4 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 0.2 \text{ H}$, 커패시터 $C_1 = 40 \mu\text{F}$
 - 이 직렬 조합은 병렬로 저항 $R_2 = 8 \Omega$ 과 연결되어 있음
 - 교류 전압원 $V_s = 120 \text{ V}$

회로도



풀이 및 해설

주파수에 따른 각종 파라미터 계산:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 60 = 376.99 \text{ rad/s}$$

1. 인덕터 리액턴스:

$$X_{L_1} = \omega L_1 = 376.99 \times 0.2 = 75.4 \Omega$$

2. 커패시터 리액턴스:

$$X_{C_1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{376.99 \times 40 \times 10^{-6}} = 66.3 \Omega$$

3. 직렬 임피던스 Z_s :

$$Z_s = R_1 + jX_{L_1} - jX_{C_1} = 4 + j75.4 - j66.3 = 4 + j9.1 \Omega$$

4. 병렬 임피던스 전체 Z_{total} :

$$\frac{1}{Z_{\text{total}}} = \frac{1}{Z_s} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{4 + j9.1} + \frac{1}{8}$$

복소수 역수 계산:

$$\frac{1}{4 + j9.1} = \frac{4 - j9.1}{4^2 + 9.1^2} = \frac{4 - j9.1}{98.81} \approx 0.0405 - j0.0921$$

따라서,

$$\frac{1}{Z_{\text{total}}} = (0.0405 - j0.0921) + 0.125 = 0.1655 - j0.0921$$

전체 임피던스:

$$Z_{\text{total}} = \frac{1}{0.1655 - j0.0921} = \frac{0.1655 + j0.0921}{0.1655^2 + 0.0921^2} = \frac{0.1655 + j0.0921}{0.0344} \approx 4.81 + j2.68 \Omega$$

5. 크기 및 위상:

$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{4.81^2 + 2.68^2} = \sqrt{23.14 + 7.18} = \sqrt{30.32} \approx 5.51 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{2.68}{4.81} \right) \approx 29.0^\circ$$

결론: 전체 임피던스는

$$Z_{\text{total}} = 4.81 + j2.68 \Omega = 5.51 \angle 29.0^\circ \Omega$$

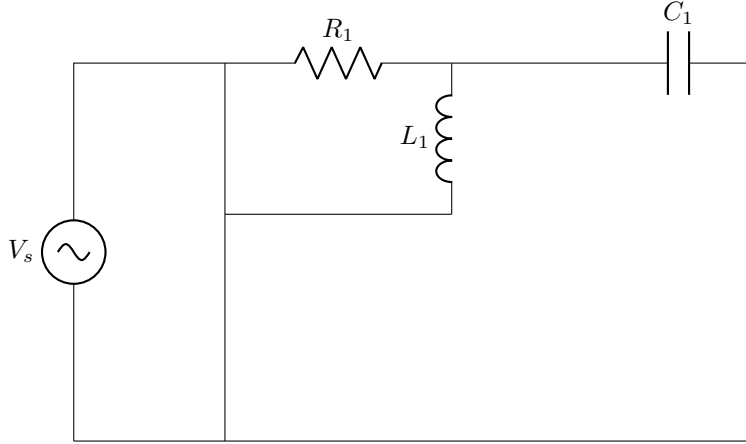
고급 문제 17

문제

주파수 $f = 50 \text{ Hz}$ 에서 다음 회로의 전체 임피던스 Z_{total} 를 구하시오.

- 병렬로 연결된 저항 $R_1 = 20 \Omega$ 과 인덕터 $L_1 = 0.05 \text{ H}$
- 이 병렬 조합은 직렬로 커패시터 $C_1 = 100 \mu\text{F}$ 와 연결되어 있음
- 교류 전압원 $V_s = 100 \text{ V}$

회로도



풀이 및 해설

주파수에 따른 파라미터 계산:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 50 = 314.16 \text{ rad/s}$$

1. 인덕터 리액턴스:

$$X_{L_1} = \omega L_1 = 314.16 \times 0.05 = 15.71 \Omega$$

2. 커패시터 리액턴스:

$$X_{C_1} = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{314.16 \times 100 \times 10^{-6}} = 31.83 \Omega$$

3. 병렬 임피던스 Z_p :

$$Z_{R_1} = 20 \Omega, \quad Z_{L_1} = j15.71 \Omega$$

병렬 임피던스 공식:

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{Z_{L_1}} = \frac{1}{20} + \frac{1}{j15.71} = 0.05 - j0.0637 \text{ S}$$

따라서,

$$Z_p = \frac{1}{0.05 - j0.0637} = \frac{0.05 + j0.0637}{0.05^2 + 0.0637^2} = \frac{0.05 + j0.0637}{0.00653} \approx 7.65 + j9.75 \Omega$$

4. 전체 임피던스 Z_{total} (직렬 연결):

$$Z_{\text{total}} = Z_p + Z_{C_1} = (7.65 + j9.75) - j31.83 = 7.65 - j22.08 \Omega$$

5. 크기와 위상:

$$|Z_{\text{total}}| = \sqrt{7.65^2 + (-22.08)^2} = \sqrt{58.52 + 487.53} = \sqrt{546.05} \approx 23.36 \Omega$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{-22.08}{7.65} \right) \approx -70.6^\circ$$

결론: 전체 임피던스는

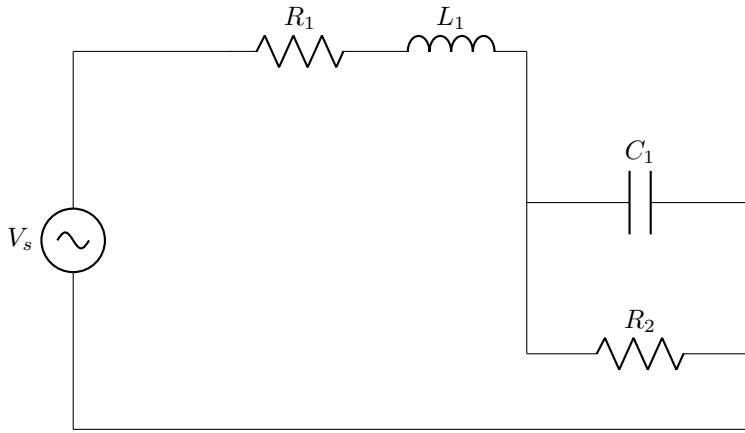
$$Z_{\text{total}} = 7.65 - j22.08 \Omega = 23.36 \angle -70.6^\circ \Omega$$

고급 문제 18

문제

주파수 $f = 60 \text{ Hz}$ 일 때, 교류 전압원 V_s 가 R_1, L_1, R_2, C_1 로 구성된 다음 회로에 인가된다. 전류 I 의 페이저 표현을 구하시오.

- R_1 : 직렬 연결
- L_1 : 직렬 연결
- R_2 와 C_1 : 병렬 연결되어 직렬 회로 끝단에 연결됨
- $V_s = 120 \text{ V}$
- $R_1 = 30 \Omega, L_1 = 0.15 \text{ H}, R_2 = 60 \Omega, C_1 = 20 \mu\text{F}$



풀이 및 해설

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \times 60 = 377 \text{ rad/s}$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j(377)(0.15) = j56.55 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j(377)(20 \times 10^{-6})} = -j132.98 \Omega$$

$$Z_{R_2 \parallel C_1} = \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{Z_{C_1}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{60} + \frac{1}{-j132.98} \right)^{-1} = \frac{1}{0.01667 - j0.00752} \approx 51.65 \angle 24.44^\circ \Omega$$

$$Z_{\text{total}} = R_1 + Z_{L_1} + Z_{R_2 \parallel C_1} = 30 + j56.55 + 51.65 \angle 24.44^\circ$$

복소수 계산 후,

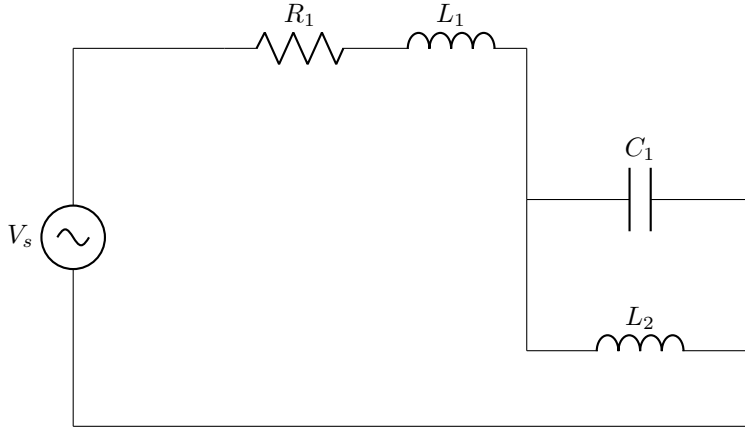
$$I = \frac{V_s}{Z_{\text{total}}} \approx \boxed{0.83 \angle -41.3^\circ \text{ A}}$$

고급 문제 19

문제

주파수 $f = 50 \text{ Hz}$ 에서 다음 회로의 입력 임피던스를 구하고, 전류 I 의 크기와 위상을 구하시오.

- $V_s = 100 \text{ V}$
- $R = 20 \Omega, L = 0.2 \text{ H}, C = 40 \mu\text{F}$
- R 은 전압원과 직렬, L 과 C 는 서로 병렬로 연결되어 R 과 직렬 연결



풀이 및 해설

$$\omega = 2\pi f = 314.16 \text{ rad/s}$$

$$Z_L = j\omega L = j(314.16)(0.2) = j62.83 \Omega$$

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j(314.16)(40 \times 10^{-6})} = -j79.58 \Omega$$

$$Z_{LC \parallel} = \left(\frac{1}{j62.83} + \frac{1}{-j79.58} \right)^{-1} = (j0.0159 - j0.01257)^{-1} = \frac{1}{j0.00333} = -j300.3 \Omega$$

$$Z_{\text{total}} = R + Z_{LC \parallel} = 20 - j300.3 \Omega$$

$$|Z| = \sqrt{20^2 + 300.3^2} \approx 301 \Omega, \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{-300.3}{20} \right) \approx -86.2^\circ$$

$$I = \frac{100}{301 \angle -86.2^\circ} = \boxed{0.33 \angle 86.2^\circ \text{ A}}$$

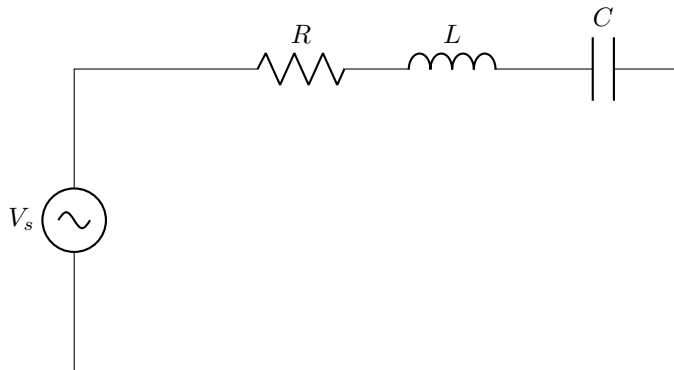
고급 문제 20

문제

아래 회로는 주파수 $f = 60 \text{ Hz}$ 에서 동작하며, 교류 전압원 V_s 에 의해 구동된다. 전류 I 의 페이저를 구하고, 각 소자에 걸리는 전압의 크기와 위상을 계산하시오.

- $V_s = 150 \text{ V}$

- $R = 50\ \Omega$, $L = 0.1\ \text{H}$, $C = 10\ \mu\text{F}$
- R, L, C 모두 직렬 연결



풀이 및 해설

$$\omega = 2\pi f = 377\ \text{rad/s}$$

$$Z_R = 50\ \Omega, \quad Z_L = j\omega L = j37.7\ \Omega, \quad Z_C = -j265.26\ \Omega$$

$$Z_{\text{total}} = 50 + j(37.7 - 265.26) = 50 - j227.56\ \Omega$$

$$|Z| = \sqrt{50^2 + 227.56^2} \approx 233.03\ \Omega, \quad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{-227.56}{50}\right) \approx -77.5^\circ$$

$$I = \frac{150}{233.03} \angle 77.5^\circ = \boxed{0.644 \angle 77.5^\circ\ \text{A}}$$