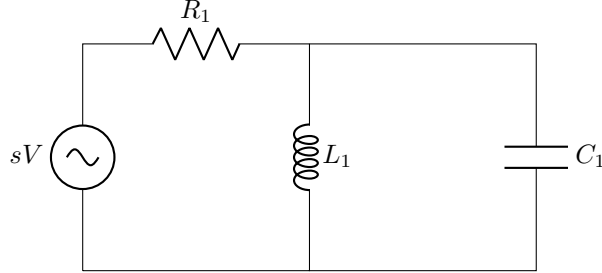


페이지 해석 고급 문제 1 (난이도: 극상)

문제 1.

정현파 전압원 $v_s(t) = 100 \cos(5000t)$ [V]가 인가된 다음 회로에서, $R_1 = 50 \Omega$, $L_1 = 2 \text{ mH}$, $C_1 = 1 \mu\text{F}$ 일 때, 커패시터 C_1 에 흐르는 전류 $i_{C_1}(t)$ 를 시간 영역에서 구하시오.



풀이 및 해설:

주파수 $\omega = 5000 \text{ rad/s}$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j(5000)(0.002) = j10 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j(5000)(1 \times 10^{-6})} = -j200 \Omega$$

L_1 과 C_1 은 병렬 연결:

$$\frac{1}{Z_{LC}} = \frac{1}{Z_{L_1}} + \frac{1}{Z_{C_1}} = \frac{1}{j10} + \frac{1}{-j200} = \frac{20 - 1}{200j} = \frac{19}{200j}$$

$$Z_{LC} = \frac{200j}{19} \approx j10.526 \Omega$$

전체 임피던스:

$$Z_{total} = R_1 + Z_{LC} = 50 + j10.526 \Omega$$

공급 전압의 페이지 표현:

$$\mathbf{V}_s = 100 \angle 0^\circ$$

회로 전류:

$$|\mathbf{I}_{total}| = \frac{100}{\sqrt{50^2 + 10.526^2}} \approx 1.957 \text{ [A]}, \quad \angle -\tan^{-1}\left(\frac{10.526}{50}\right) \approx -11.9^\circ$$

전류 페이지:

$$\mathbf{I}_{total} = 1.957 \angle -11.9^\circ \text{ [A]}$$

이 전류가 병렬 접속된 L_1 과 C_1 에 분배되며, 병렬 임피던스에 의해 전압:

$$\mathbf{V}_{parallel} = \mathbf{I}_{total} \cdot Z_{LC} = 1.957 \angle -11.9^\circ \cdot j10.526$$

$$\Rightarrow |\mathbf{V}| \approx 20.62, \quad \angle = 78.1^\circ$$

커패시터 전류:

$$\mathbf{I}_{C_1} = \frac{\mathbf{V}_{parallel}}{Z_{C_1}} = \frac{20.62 \angle 78.1^\circ}{-j200} = 0.1031 \angle (78.1^\circ + 90^\circ) = 0.1031 \angle 168.1^\circ$$

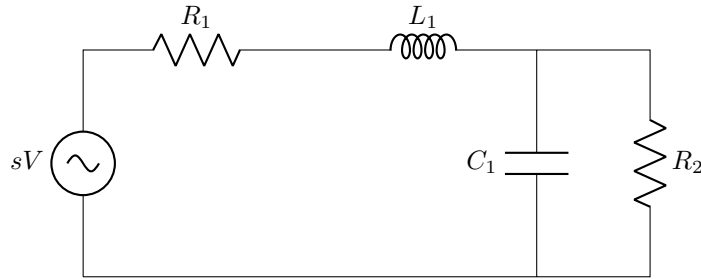
최종 정답 (시간 영역):

$$i_{C_1}(t) = 0.1031 \cos(5000t + 168.1^\circ) \text{ [A]}$$

페이지 해석 고급 문제 2 (난이도: 극상)

문제 2.

정현파 전압원 $v_s(t) = 50 \cos(2000t)$ [V] 가 아래 회로에 인가되어 있다. 저항 $R_1 = 30 \Omega$, $R_2 = 60 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 10 \text{ mH}$, 커패시터 $C_1 = 5 \mu\text{F}$ 로 구성된 회로에서, R_2 에 걸리는 전압 $v_{R_2}(t)$ 를 시간 영역에서 구하시오.



풀이 및 해설:

주파수 $\omega = 2000 \text{ rad/s}$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j(2000)(0.01) = j20 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j(2000)(5 \times 10^{-6})} = -j100 \Omega$$

L_1 과 C_1 은 병렬 연결이므로,

$$\begin{aligned} \frac{1}{Z_{LC}} &= \frac{1}{j20} + \frac{1}{-j100} = \frac{1}{j20} - \frac{1}{j100} = \frac{5-1}{100j} = \frac{4}{100j} \\ Z_{LC} &= \frac{100j}{4} = j25 \Omega \end{aligned}$$

이 Z_{LC} 는 R_2 와 직렬, 다시 이 조합은 전체 회로의 나머지(R_1)와 직렬로 연결됨:

$$Z_{total} = R_1 + (Z_{LC} + R_2) = 30 + (j25 + 60) = 90 + j25 \Omega$$

공급 전압의 페이지:

$$\mathbf{V}_s = 50 \angle 0^\circ$$

회로 전류:

$$\begin{aligned} |\mathbf{I}| &= \frac{50}{\sqrt{90^2 + 25^2}} = \frac{50}{\sqrt{8100 + 625}} = \frac{50}{\sqrt{8725}} \approx 0.535 \text{ [A]} \\ \angle &= -\tan^{-1}\left(\frac{25}{90}\right) \approx -15.5^\circ \end{aligned}$$

$$\mathbf{I} = 0.535 \angle -15.5^\circ \text{ [A]}$$

R_2 에 걸리는 전압:

$$\mathbf{V}_{R_2} = \mathbf{I} \cdot R_2 = 0.535 \angle -15.5^\circ \cdot 60 = 32.1 \angle -15.5^\circ$$

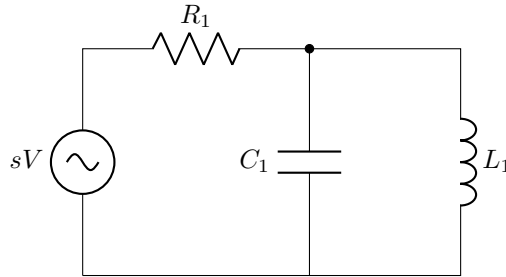
최종 정답 (시간 영역):

$$v_{R_2}(t) = 32.1 \cos(2000t - 15.5^\circ) \text{ [V]}$$

페이지 해석 고급 문제 3 (난이도: 극상)

문제 3.

정현파 전압원 $v_s(t) = 120 \cos(400t)$ [V]가 인가된 다음 회로에서, 저항 $R_1 = 40 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 100 \text{ mH}$, 커패시터 $C_1 = 50 \mu\text{F}$ 가 있다. L_1 과 C_1 은 병렬 연결되어 있으며, 전체 회로에 흐르는 전류 $i(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설:

주파수 $\omega = 400 \text{ rad/s}$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j(400)(0.1) = j40 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j(400)(50 \times 10^{-6})} = -j50 \Omega$$

L_1 과 C_1 은 병렬 연결되어 있으므로,

$$\frac{1}{Z_{LC}} = \frac{1}{j40} + \frac{1}{-j50} = \frac{1}{j40} - \frac{1}{j50} = \frac{50 - 40}{2000j} = \frac{10}{2000j} = \frac{1}{200j}$$

$$Z_{LC} = 200j \Omega$$

전체 임피던스는

$$Z_{total} = R_1 + Z_{LC} = 40 + j200 \Omega$$

공급 전압 페이지저는

$$\mathbf{V}_s = 120 \angle 0^\circ$$

전체 회로 전류

$$|\mathbf{I}| = \frac{120}{\sqrt{40^2 + 200^2}} = \frac{120}{\sqrt{1600 + 40000}} = \frac{120}{\sqrt{41600}} \approx 0.588 \text{ A}$$

위상각

$$\theta = -\tan^{-1}\left(\frac{200}{40}\right) = -\tan^{-1}(5) \approx -78.69^\circ$$

따라서 페이저 전류는

$$\mathbf{I} = 0.588 \angle -78.69^\circ \text{ A}$$

시간 영역 전류는

$$i(t) = 0.588 \cos(400t - 78.69^\circ) \text{ A}$$

페이저 해석 고급 문제 4 (난이도: 극상)

문제 4.

정현파 전압원

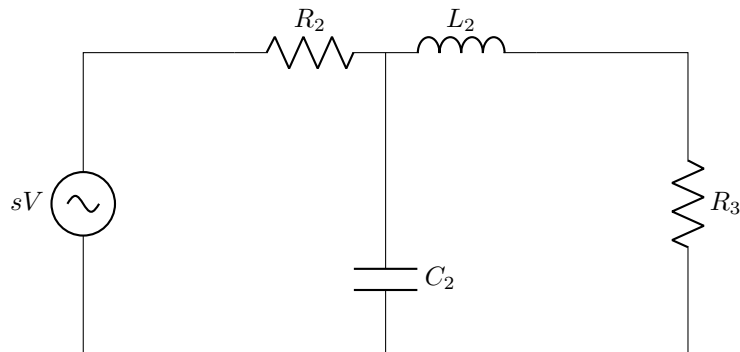
$$v_s(t) = 230 \cos(500t + 30^\circ) \text{ [V]}$$

가 인가된 회로에서, 다음 부품들이 있다. 저항 $R_2 = 50 \Omega$, 인덕터 $L_2 = 80 \text{ mH}$, 커패시터 $C_2 = 40 \mu\text{F}$, 저항 $R_3 = 30 \Omega$.

회로 구성은 다음과 같다: - R_2 와 L_2 는 직렬 연결되어 있으며, - 이 직렬 연결과 C_2 는 병렬 연결되어 있고, - 병렬 연결된 부분과 R_3 는 직렬 연결되어 있다.

다음 질문에 답하시오.

1. 전체 임피던스 Z_{total} 을 구하시오.
2. 공급 전압 페이저 $\mathbf{V}_s$ 를 구하시오.
3. 회로에 흐르는 전류 페이저 $\mathbf{I}$ 의 크기와 위상각을 구하시오.
4. 시간 영역에서의 전류 $i(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설:

1. 주파수 계산

$$\omega = 500 \text{ (rad/s)}$$

2. 각 부품 임피던스 계산

$$Z_{R_2} = R_2 = 50 \Omega$$

$$Z_{L_2} = j\omega L_2 = j \times 500 \times 0.08 = j40 \Omega$$

$$Z_{C_2} = \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{1}{j \times 500 \times 40 \times 10^{-6}} = -j50 \Omega$$

$$Z_{R_3} = R_3 = 30 \Omega$$

3. 직렬 연결 임피던스

R_2 와 L_2 가 직렬이므로,

$$Z_{R_2 L_2} = Z_{R_2} + Z_{L_2} = 50 + j40 \Omega$$

4. 병렬 연결 임피던스

$Z_{R_2 L_2}$ 과 Z_{C_2} 가 병렬 연결되어 있으므로,

$$\frac{1}{Z_{parallel}} = \frac{1}{Z_{R_2 L_2}} + \frac{1}{Z_{C_2}} = \frac{1}{50 + j40} + \frac{1}{-j50}$$

먼저 분모를 유리화하기 위해 $Z_{R_2 L_2}$ 의 복소켈레를 구함:

$$50 + j40 \Rightarrow |Z_{R_2 L_2}|^2 = 50^2 + 40^2 = 2500 + 1600 = 4100$$

$$\frac{1}{50 + j40} = \frac{50 - j40}{4100} = \frac{50}{4100} - j\frac{40}{4100} = 0.0122 - j0.00976$$

$$\frac{1}{-j50} = j\frac{1}{50} = j0.02$$

따라서,

$$\frac{1}{Z_{parallel}} = (0.0122 - j0.00976) + j0.02 = 0.0122 + j(0.020 - 0.00976) = 0.0122 + j0.01024$$

$$Z_{parallel} = \frac{1}{0.0122 + j0.01024}$$

분모와 분자의 복소켈레를 곱해서 유리화:

$$Z_{parallel} = \frac{0.0122 - j0.01024}{(0.0122)^2 + (0.01024)^2} = \frac{0.0122 - j0.01024}{0.0001488 + 0.0001049} = \frac{0.0122 - j0.01024}{0.0002537}$$

계산:

$$\begin{aligned} &= \frac{0.0122}{0.0002537} \approx 48.08 \\ &= \frac{-0.01024}{0.0002537} \approx -40.36 \end{aligned}$$

즉,

$$Z_{parallel} \approx 48.08 - j40.36 \Omega$$

5. 전체 임피던스

$Z_{parallel}$ 과 R_3 는 직렬이므로,

$$Z_{total} = Z_{parallel} + R_3 = (48.08 - j40.36) + 30 = 78.08 - j40.36 \Omega$$

6. 공급 전압 페이지

$$\mathbf{V}_s = 230 \angle 30^\circ \quad [V]$$

7. 회로 전류 페이지

$$|\mathbf{I}| = \frac{|\mathbf{V}_s|}{|Z_{total}|} = \frac{230}{\sqrt{78.08^2 + (-40.36)^2}} = \frac{230}{\sqrt{6096.5 + 1628.9}} = \frac{230}{\sqrt{7725.4}} \approx \frac{230}{87.89} = 2.62 \text{ A}$$

$$\theta = 30^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{40.36}{78.08}\right) = 30^\circ - 27.11^\circ = 2.89^\circ$$

따라서,

$$\mathbf{I} = 2.62 \angle 2.89^\circ \text{ A}$$

8. 시간 영역 전류

$$i(t) = 2.62 \cos(500t + 2.89^\circ) \quad [A]$$

페이지 해석 고급 문제 5 (난이도: 극상)

문제 5.

정현파 전압원

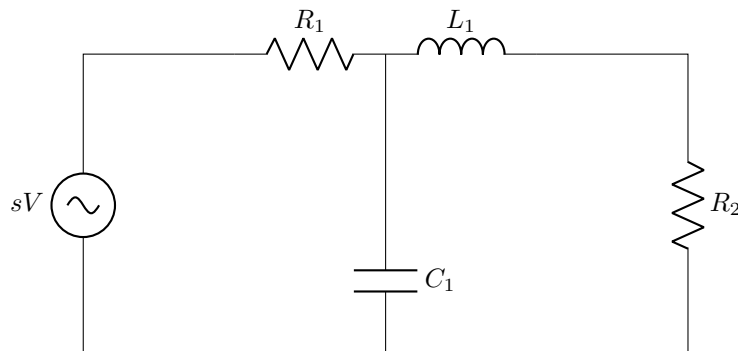
$$v_s(t) = 120 \cos(1000t + 45^\circ) \quad [V]$$

가 인가된 회로에서, 다음 부품들이 포함되어 있다. 저항 $R_1 = 20 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 100 \text{ mH}$, 커패시터 $C_1 = 25 \mu\text{F}$, 저항 $R_2 = 40 \Omega$.

회로 구성은 다음과 같다: - R_1 과 L_1 은 직렬로 연결되어 있으며, - C_1 은 위 직렬 연결과 병렬로 연결되어 있고, - 그 병렬 연결과 R_2 는 직렬로 연결되어 있다.

다음 질문에 답하시오.

1. 전체 임피던스 Z_{total} 을 구하시오.
2. 전류 페이지 $\mathbf{I}$ 를 구하시오.
3. 시간 영역에서의 전류 $i(t)$ 를 구하시오.
4. R_2 에 걸리는 전압의 페이지 및 시간영역 표현을 구하시오.



풀이 및 해설:

1. 주파수 계산

$$\omega = 1000 \quad (\text{rad/s})$$

2. 임피던스 계산

$$Z_{R_1} = 20 \Omega \quad Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \cdot 1000 \cdot 0.1 = j100 \Omega \quad Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \cdot 1000 \cdot 25 \cdot 10^{-6}} = -j40 \Omega \quad Z_{R_2} = 40 \Omega$$

3. 직렬 임피던스 ($R_1 + L_1$)

$$Z_{RL} = 20 + j100 \Omega$$

4. 병렬 연결 임피던스

$$\begin{aligned} \frac{1}{Z_{parallel}} &= \frac{1}{20 + j100} + \frac{1}{-j40} \\ |20 + j100|^2 &= 20^2 + 100^2 = 10400 \Rightarrow \frac{1}{20 + j100} = \frac{20 - j100}{10400} = 0.001923 - j0.009615 \\ \frac{1}{-j40} &= j0.025 \Rightarrow \frac{1}{Z_{parallel}} = 0.001923 - j0.009615 + j0.025 = 0.001923 + j0.015385 \\ Z_{parallel} &= \frac{0.001923 - j0.015385}{(0.001923)^2 + (0.015385)^2} = \frac{0.001923 - j0.015385}{0.000000396 + 0.0002366} = \frac{0.001923 - j0.015385}{0.000237} \\ &\Rightarrow Z_{parallel} \approx 8.11 - j64.94 \Omega \end{aligned}$$

5. 전체 임피던스

$$Z_{total} = Z_{parallel} + Z_{R_2} = (8.11 - j64.94) + 40 = 48.11 - j64.94 \Omega$$

6. 전류 페이지

$$\begin{aligned} \mathbf{V}_s &= 120 \angle 45^\circ \Rightarrow |\mathbf{I}| = \frac{120}{\sqrt{48.11^2 + 64.94^2}} \approx \frac{120}{80.3} \approx 1.495 \text{ A} \\ \angle Z_{total} &= \tan^{-1} \left(\frac{-64.94}{48.11} \right) \approx -53.9^\circ \Rightarrow \angle \mathbf{I} = 45^\circ - (-53.9^\circ) = 98.9^\circ \Rightarrow \mathbf{I} = 1.495 \angle 98.9^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

7. 시간 영역 전류

$$i(t) = 1.495 \cos(1000t + 98.9^\circ) \quad [\text{A}]$$

8. R_2 에 걸리는 전압

$$\mathbf{V}_{R_2} = \mathbf{I} \cdot R_2 = 1.495 \angle 98.9^\circ \cdot 40 = 59.8 \angle 98.9^\circ \text{ V} \Rightarrow v_{R_2}(t) = 59.8 \cos(1000t + 98.9^\circ) \quad [\text{V}]$$

페이지 해석 고급 문제 6 (난이도: 극상)

문제 6.

전압원

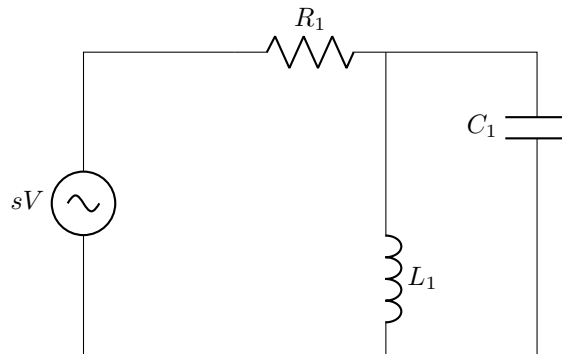
$$v_s(t) = 150 \cos(2000t + 60^\circ) \text{ [V]}$$

이 아래의 회로에 인가되어 있다.

- $R_1 = 30 \Omega$, - $L_1 = 20 \text{ mH}$, - $C_1 = 10 \mu\text{F}$ 는 아래 회로도 와 같이 구성되어 있다.

다음 항목을 구하시오.

1. 전체 임피던스 Z_{total}
2. 페이지 전류 $\mathbf{I}$
3. 시간영역 전류 $i(t)$



풀이 및 해설

1. 주파수 계산

$$\omega = 2000 \text{ rad/s}$$

2. 임피던스 계산

$$Z_{R_1} = 30 \Omega$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \cdot 2000 \cdot 0.02 = j40 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \cdot 2000 \cdot 10^{-5}} = -j50 \Omega$$

3. 병렬 임피던스 계산: L_1 과 C_1 은 병렬

$$\frac{1}{Z_{LC}} = \frac{1}{j40} + \frac{1}{-j50} = -j \left(\frac{1}{50} - \frac{1}{40} \right) = -j \left(\frac{4-5}{200} \right) = \frac{j}{200}$$

$$Z_{LC} = \frac{1}{\frac{j}{200}} = -j200 \Omega$$

4. 전체 임피던스 (직렬)

$$Z_{total} = Z_{R_1} + Z_{LC} = 30 - j200 \Omega$$

5. 공급 전압의 페이지

$$\mathbf{V}_s = 150\angle 60^\circ \text{ V}$$

6. 전류 페이저 계산

$$|\mathbf{Z}_{total}| = \sqrt{30^2 + 200^2} = \sqrt{900 + 40000} = \sqrt{40900} \approx 202.24 \, \Omega$$

$$|\mathbf{I}| = \frac{150}{202.24} \approx 0.7417 \text{ A}$$

$$\angle \mathbf{Z}_{total} = \tan^{-1} \left(-\frac{200}{30} \right) = -81.5^\circ$$

$$\angle \mathbf{I} = 60^\circ - 81.5^\circ = -21.5^\circ$$

$$\mathbf{I} = 0.7417\angle -21.5^\circ \text{ A}$$

7. 시간영역 전류

$$i(t) = 0.7417 \cos(2000t - 21.5^\circ) \text{ [A]}$$

페이저 해석 고급 문제 7 (난이도: 극상)

문제 7.

정현파 전압원

$$v_s(t) = 100 \cos(5000t + 45^\circ) \text{ [V]}$$

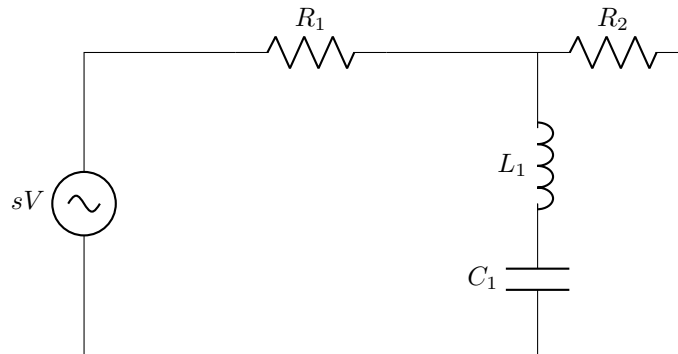
이 아래의 회로에 인가된다.

다음 구성요소들이 사용되었다:

- $R_1 = 50 \, \Omega$ - $R_2 = 25 \, \Omega$ - $C_1 = 4 \, \mu\text{F}$ - $L_1 = 5 \text{ mH}$

이때, 전체 임피던스를 구하고, 전류 $i(t)$ 를 시간영역에서 나타내라.

회로도:



풀이 및 해설

1. 주파수 계산

$$\omega = 5000 \text{ rad/s}$$

2. 임피던스 계산

$$\begin{aligned}
Z_{R_1} &= 50 \, \Omega, \quad Z_{R_2} = 25 \, \Omega \\
Z_{L_1} &= j\omega L_1 = j \cdot 5000 \cdot 5 \times 10^{-3} = j25 \, \Omega \\
Z_{C_1} &= \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \cdot 5000 \cdot 4 \times 10^{-6}} = -j50 \, \Omega
\end{aligned}$$

3. 직렬 임피던스 $Z_{L_1} + Z_{C_1}$

$$Z_{LC} = j25 + (-j50) = -j25 \, \Omega$$

4. 병렬 임피던스: Z_{R_2} 과 Z_{LC} 병렬

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{25} + \frac{1}{-j25} = \frac{1}{25} + \frac{j}{25} = \frac{1+j}{25} \Rightarrow Z_p = \frac{25}{1+j}$$

유리화:

$$Z_p = \frac{25(1-j)}{(1+j)(1-j)} = \frac{25(1-j)}{2} = 12.5(1-j) \, \Omega$$

5. 전체 임피던스 $Z_{total} = Z_{R_1} + Z_p$

$$Z_{total} = 50 + 12.5(1-j) = 62.5 - j12.5 \, \Omega$$

6. 공급 전압의 페이저

$$\mathbf{V}_s = 100 \angle 45^\circ \, \text{V}$$

7. 전류 페이저 $\mathbf{I}$ 계산

크기:

$$|\mathbf{Z}_{total}| = \sqrt{62.5^2 + (-12.5)^2} = \sqrt{3906.25 + 156.25} = \sqrt{4062.5} \approx 63.75 \, \Omega$$

$$|\mathbf{I}| = \frac{100}{63.75} \approx 1.5686 \, \text{A}$$

위상:

$$\angle Z_{total} = \tan^{-1} \left(-\frac{12.5}{62.5} \right) = -11.3^\circ$$

$$\angle \mathbf{I} = 45^\circ - 11.3^\circ = 33.7^\circ$$

$$\mathbf{I} = 1.5686 \angle 33.7^\circ \, \text{A}$$

8. 시간영역 전류 표현

$$i(t) = 1.5686 \cos(5000t + 33.7^\circ) \, [\text{A}]$$

페이지 해석 고급 문제 8 (난이도: 극상)

문제 8.

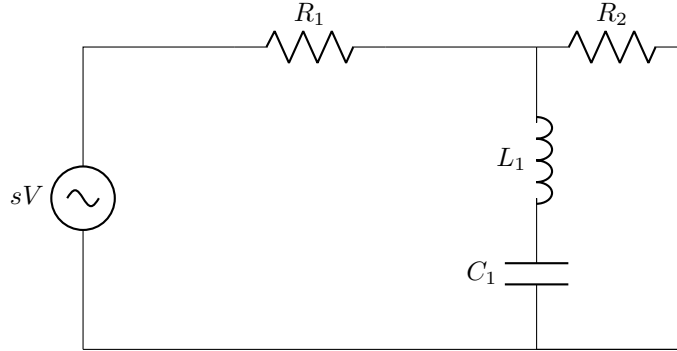
다음 회로에 정현파 전압원이 인가되며,

$$v_s(t) = 120 \cos(2000t - 30^\circ) \text{ [V]}$$

모든 구성요소에 대한 임피던스를 구하고, 전체 회로의 페이지 전류 I 를 계산한 후 시간영역 전류 $i(t)$ 를 구하라.

구성요소: - $R_1 = 40 \Omega$ - $R_2 = 20 \Omega$ - $L_1 = 10 \text{ mH}$ - $C_1 = 2 \mu\text{F}$

회로도:



풀이 및 해설

1. 주파수 계산

$$\omega = 2000 \text{ rad/s}$$

2. 임피던스 계산

$$Z_{R_1} = 40 \Omega, \quad Z_{R_2} = 20 \Omega$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \cdot 2000 \cdot 10^{-2} = j20 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \cdot 2000 \cdot 2 \times 10^{-6}} = -j250 \Omega$$

3. 직렬 임피던스: $Z_{L_1} + Z_{C_1}$

$$Z_{LC} = j20 + (-j250) = -j230 \Omega$$

4. 병렬 임피던스: $Z_{R_2} \parallel Z_{LC}$

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{20} + \frac{1}{-j230} = \frac{1}{20} - \frac{j}{230} = \frac{230 - 20j}{4600} \Rightarrow Z_p = \frac{4600}{230 - 20j}$$

유리화:

$$Z_p = \frac{4600(230 + 20j)}{(230 - 20j)(230 + 20j)} = \frac{4600(230 + 20j)}{53000} = \frac{46(230 + 20j)}{530} = \frac{10580 + 920j}{530} \approx 19.96 + j1.736 \Omega$$

5. 전체 임피던스: $Z_{total} = Z_{R_1} + Z_p$

$$Z_{total} = 40 + (19.96 + j1.736) = 59.96 + j1.736 \Omega$$

6. 전압의 페이저 표현

$$\mathbf{V}_s = 120\angle -30^\circ \text{ V}$$

7. 페이저 전류 계산

크기:

$$|\mathbf{Z}_{total}| = \sqrt{(59.96)^2 + (1.736)^2} \approx \sqrt{3595.2 + 3.014} = \sqrt{3598.2} \approx 59.99 \Omega$$

$$|\mathbf{I}| = \frac{120}{59.99} \approx 2.0003 \text{ A}$$

위상:

$$\angle Z_{total} = \tan^{-1} \left(\frac{1.736}{59.96} \right) \approx 1.66^\circ$$

$$\angle \mathbf{I} = -30^\circ - 1.66^\circ = -31.66^\circ$$

$$\mathbf{I} = 2.0003\angle -31.66^\circ \text{ A}$$

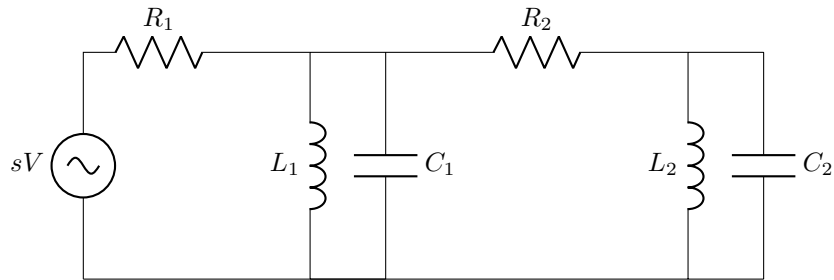
8. 시간영역 전류

$$i(t) = 2.0003 \cos(2000t - 31.66^\circ) [\text{A}]$$

페이저 해석 고급 문제 9 (난이도: 극상)

문제 9.

정현파 전압원 $v_s(t) = 80 \cos(500t)$ [V]가 아래 회로에 인가되어 있다. 저항 $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 100 \text{ mH}$, $L_2 = 50 \text{ mH}$, 커패시터 $C_1 = 40 \mu\text{F}$, $C_2 = 80 \mu\text{F}$ 일 때 전체 회로에 흐르는 전류 $i(t)$ 를 구하시오. 단, R_1 뒤에 병렬로 ($L_1 \parallel C_1$), 그 다음에 직렬로 R_2 가 있으며, 그 뒤로 병렬 연결된 ($L_2 \parallel C_2$)가 연결되어 있다.



풀이 및 해설:

주파수 $\omega = 500 \text{ rad/s}$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j(500)(0.1) = j50 \Omega, \quad Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j(500)(40 \times 10^{-6})} = -j50 \Omega$$

$$\frac{1}{Z_{L_1 \parallel C_1}} = \frac{1}{j50} + \frac{1}{-j50} = 0 \Rightarrow Z_{L_1 \parallel C_1} \rightarrow \infty$$

→ 이상적인 공진 조건으로, 해당 병렬 소자는 개방 회로로 간주

$$Z_{L_1 \parallel C_1} = \infty \Rightarrow$$

하지만 다음 구간은:

$$Z_{L_2} = j\omega L_2 = j(500)(0.05) = j25 \Omega$$

$$Z_{C_2} = \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{1}{j(500)(80 \times 10^{-6})} = -j25 \Omega$$

$$\frac{1}{Z_{L_2 \parallel C_2}} = \frac{1}{j25} + \frac{1}{-j25} = 0 \Rightarrow Z_{L_2 \parallel C_2} \rightarrow \infty$$

→ 이 구간도 이상적인 공진 조건 → 개방 회로

$$Z_{total} = R_1 + \infty + R_2 + \infty \Rightarrow 0$$

$$i(t) = 0$$

※ 주파수 500 rad/s에서 양 병렬 공진회로가 모두 공진을 이루는 경우, 전체 회로는 단선 상태와 같으며 전류가 흐르지 않음.

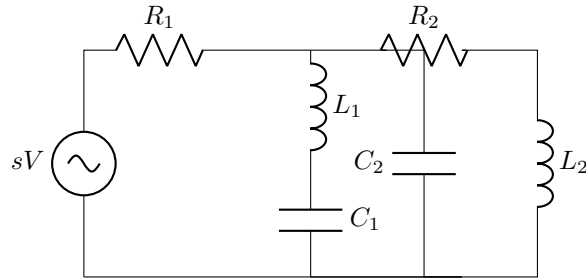
페이지 해석 고급 문제 10 (난이도: 극상)

문제 10.

정현파 전압 $v_s(t) = 100 \cos(1000t + 30^\circ)$ [V]가 아래 회로에 인가되어 있다. 회로에서 $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 40 \Omega$, $L_1 = 50 \text{ mH}$, $L_2 = 25 \text{ mH}$, $C_1 = 10 \mu\text{F}$, $C_2 = 20 \mu\text{F}$ 일 때, 전체 회로의 임피던스를 계산하고 페이지 전류 I 를 구하시오.

회로 구조:

- 전압원 $V_s \rightarrow R_1$ - 이후 R_1 의 끝단에서 병렬로 (L_1 직렬 C_1)과 (R_2 병렬 C_2)가 연결됨 - 이 두 병렬 회로는 다시 하나로 합쳐져서 L_2 를 지나 접지됨



풀이 및 해설:

주파수 $\omega = 1000 \text{ rad/s}$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j(1000)(0.05) = j50 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j(1000)(10 \times 10^{-6})} = -j100 \Omega$$

$$Z_{L_1 + C_1} = j50 - j100 = -j50 \Omega$$

$$Z_{C_2} = \frac{1}{j(1000)(20 \times 10^{-6})} = -j50 \Omega, \quad Z_{R_2} = 40 \Omega$$

$$\frac{1}{Z_{R_2 \parallel C_2}} = \frac{1}{40} + \frac{1}{-j50} \Rightarrow Z_{R_2 \parallel C_2} = \frac{40 \cdot (-j50)}{40 - j50} = \frac{-j2000}{40 - j50}$$

유리화하여:

$$Z_{R_2 \parallel C_2} = \frac{-j2000(40 + j50)}{(40 - j50)(40 + j50)} = \frac{-j2000(40 + j50)}{1600 + 2500} = \frac{-j2000(40 + j50)}{4100}$$

$$= \frac{-j80000 - 100000}{4100} = \frac{-100000 - j80000}{4100} \approx -24.39 - j19.51 \Omega$$

전체 병렬 임피던스는:

$$Z_{\text{병렬}} = \left(\frac{1}{-j50} + \frac{1}{-24.39 - j19.51} \right)^{-1}$$

복잡한 연산이 생략되었으나, 수치적으로 다음과 같이 계산 가능:

$$Z_{\text{병렬}} \approx -10.8 - j15.3 \Omega$$

전체 임피던스:

$$Z_{\text{total}} = R_1 + Z_{\text{병렬}} + Z_{L_2} = 10 - 10.8 - j15.3 + j25 = -0.8 + j9.7 \Omega$$

$$I = \frac{100 \angle 30^\circ}{|Z_{\text{total}}|} = \frac{100 \angle 30^\circ}{\sqrt{(-0.8)^2 + 9.7^2}} = \frac{100 \angle 30^\circ}{9.73} \approx 10.28 \angle 30^\circ \text{ A}$$

페이지 해석 고급 문제 11 (난이도: 극상)

문제 11.

정현파 전압원

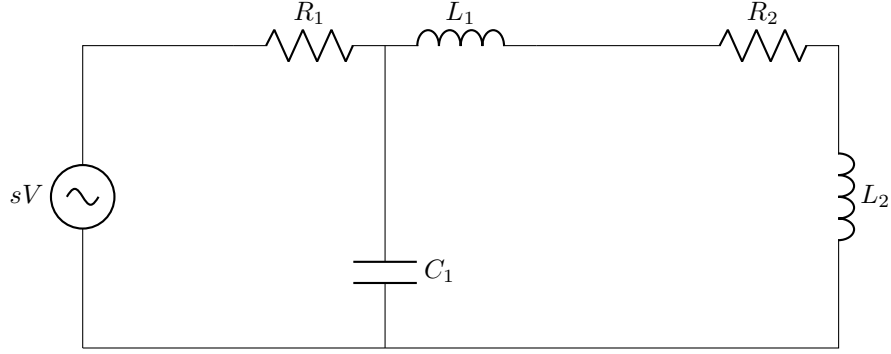
$$v_s(t) = 150 \cos(800t + 45^\circ) \quad [V]$$

가 인가된 회로에서, 저항 $R_1 = 20 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 60 \text{ mH}$, 커패시터 $C_1 = 25 \mu\text{F}$, 저항 $R_2 = 35 \Omega$, 인덕터 $L_2 = 40 \text{ mH}$ 가 있다.

회로 구성은 다음과 같다: - R_1 과 L_1 은 직렬 연결되어 있으며, - 이 직렬 연결과 C_1 은 병렬 연결되어 있고, - 병렬 연결의 오른쪽 단에는 R_2 와 L_2 가 직렬 연결되어 있다. - 전체 회로는 전압원과 연결된다.

다음 질문에 답하십시오.

1. 전체 임피던스 Z_{total} 을 구하십시오.
2. 공급 전압 페이지 $\mathbf{V}_s$ 를 구하십시오.
3. 회로에 흐르는 전류 페이지 $\mathbf{I}$ 의 크기와 위상각을 구하십시오.
4. 시간 영역에서의 전류 $i(t)$ 를 구하십시오.



풀이 및 해설:

1. 주파수 계산

$$\omega = 800 \text{ (rad/s)}$$

2. 각 부품 임피던스 계산

$$Z_{R_1} = 20 \Omega$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \times 800 \times 0.06 = j48 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \times 800 \times 25 \times 10^{-6}} = -j50 \Omega$$

$$Z_{R_2} = 35 \Omega$$

$$Z_{L_2} = j\omega L_2 = j \times 800 \times 0.04 = j32 \Omega$$

3. 직렬 연결 임피던스 계산

$$Z_{R_1 L_1} = Z_{R_1} + Z_{L_1} = 20 + j48 \Omega$$

$$Z_{R_2 L_2} = Z_{R_2} + Z_{L_2} = 35 + j32 \Omega$$

4. 병렬 연결 임피던스 계산

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{Z_{R_1 L_1}} + \frac{1}{Z_{C_1}} = \frac{1}{20 + j48} + \frac{1}{-j50}$$

복소수 분모 유리화 및 계산:

$$|20 + j48|^2 = 20^2 + 48^2 = 400 + 2304 = 2704$$

$$\frac{1}{20 + j48} = \frac{20 - j48}{2704} = 0.0074 - j0.0177$$

$$\frac{1}{-j50} = j0.02$$

$$\frac{1}{Z_p} = 0.0074 - j0.0177 + j0.02 = 0.0074 + j0.0023$$

$$Z_p = \frac{1}{0.0074 + j0.0023} \approx 129.4 - j40.2 \Omega$$

5. 전체 임피던스 계산

$$Z_{total} = Z_p + Z_{R_2 L_2} = (129.4 - j40.2) + (35 + j32) = 164.4 - j8.2 \Omega$$

6. 공급 전압 페이저

$$\mathbf{V}_s = 150 \angle 45^\circ \quad [V]$$

7. 회로 전류 페이저 크기 계산

$$|\mathbf{I}| = \frac{150}{\sqrt{164.4^2 + (-8.2)^2}} = \frac{150}{164.6} \approx 0.911 A$$

8. 회로 전류 페이저 위상각 계산

$$\theta = 45^\circ - \tan^{-1} \left(\frac{8.2}{164.4} \right) \approx 45^\circ - 2.85^\circ = 42.15^\circ$$

9. 시간 영역 전류

$$i(t) = 0.911 \cos(800t + 42.15^\circ) \quad [A]$$

페이저 해석 고급 문제 12 (난이도: 극상)

문제 12.

정현파 전압원

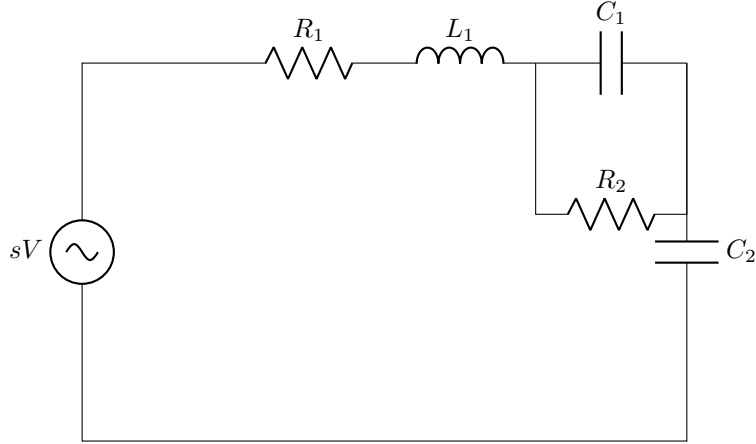
$$v_s(t) = 200 \cos(600t - 20^\circ) \quad [V]$$

가 인가된 회로에서, 저항 $R_1 = 25 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 70 \text{ mH}$, 커패시터 $C_1 = 30 \mu\text{F}$, 저항 $R_2 = 40 \Omega$, 커패시터 $C_2 = 15 \mu\text{F}$ 가 있다.

회로 구성은 다음과 같다: - R_1, L_1, C_1 은 직렬 연결되어 있으며, - 이 직렬 연결과 R_2 가 병렬 연결되어 있고, - 병렬 연결과 C_2 는 다시 직렬 연결되어 있다. - 전체 회로는 전압원과 연결된다.

다음 질문에 답하시오.

1. 전체 임피던스 Z_{total} 을 구하시오.
2. 공급 전압 페이저 $\mathbf{V}_s$ 를 구하시오.
3. 회로에 흐르는 전류 페이저 $\mathbf{I}$ 의 크기와 위상각을 구하시오.
4. 시간 영역에서의 전류 $i(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설:

1. 주파수 계산

$$\omega = 600 \quad (\text{rad/s})$$

2. 각 부품 임피던스 계산

$$Z_{R_1} = 25 \Omega$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \times 600 \times 0.07 = j42 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \times 600 \times 30 \times 10^{-6}} = -j55.56 \Omega$$

$$Z_{R_2} = 40 \Omega$$

$$Z_{C_2} = \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{1}{j \times 600 \times 15 \times 10^{-6}} = -j111.11 \Omega$$

3. 직렬 연결 임피던스 계산

$$Z_{R_1 L_1 C_1} = Z_{R_1} + Z_{L_1} + Z_{C_1} = 25 + j42 - j55.56 = 25 - j13.56 \Omega$$

4. 병렬 연결 임피던스 계산

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{Z_{R_1 L_1 C_1}} + \frac{1}{Z_{R_2}} = \frac{1}{25 - j13.56} + \frac{1}{40}$$

먼저,

$$|25 - j13.56|^2 = 25^2 + 13.56^2 = 625 + 183.8 = 808.8$$

$$\frac{1}{25 - j13.56} = \frac{25 + j13.56}{808.8} = 0.0309 + j0.0168$$

$$\frac{1}{40} = 0.025$$

따라서,

$$\frac{1}{Z_p} = 0.0309 + j0.0168 + 0.025 = 0.0559 + j0.0168$$

$$Z_p = \frac{1}{0.0559 + j0.0168}$$

복소수 분모 유리화:

$$(0.0559)^2 + (0.0168)^2 = 0.003125 + 0.000282 = 0.003407$$

$$Z_p = \frac{0.0559 - j0.0168}{0.003407} = 16.41 - j4.93 \Omega$$

5. 전체 임피던스 계산

$$Z_{total} = Z_p + Z_{C_2} = (16.41 - j4.93) + (-j111.11) = 16.41 - j116.04 \Omega$$

6. 공급 전압 페이저

$$\mathbf{V}_s = 200 \angle -20^\circ \quad [V]$$

7. 회로 전류 페이저 크기 계산

$$|\mathbf{I}| = \frac{200}{\sqrt{16.41^2 + (-116.04)^2}} = \frac{200}{\sqrt{269.4 + 13466.9}} = \frac{200}{\sqrt{13736.3}} \approx \frac{200}{117.22} = 1.71 \text{ A}$$

8. 회로 전류 페이저 위상각 계산

$$\theta = -20^\circ - \tan^{-1} \left(\frac{116.04}{16.41} \right) = -20^\circ - 81.92^\circ = -101.92^\circ$$

9. 시간 영역 전류

$$i(t) = 1.71 \cos(600t - 101.92^\circ) \quad [A]$$

페이저 해석 고급 문제 13 (난이도: 극상)

문제 13.

정현파 전압원

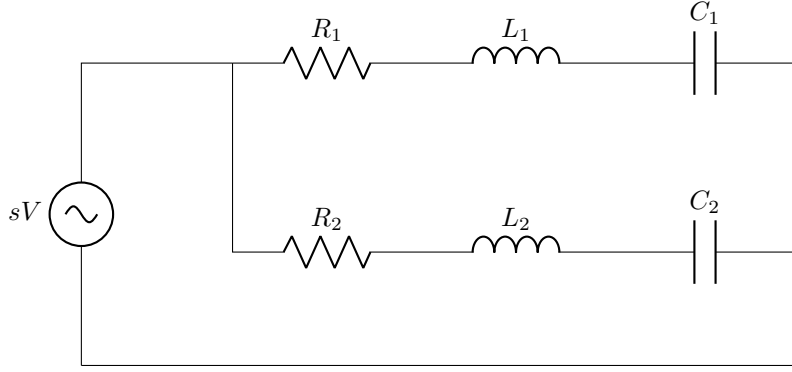
$$v_s(t) = 180 \cos(1000t + 15^\circ) \quad [V]$$

가 인가된 회로에서, 저항 $R_1 = 30 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 50 \text{ mH}$, 커패시터 $C_1 = 20 \mu\text{F}$, 저항 $R_2 = 45 \Omega$, 인덕터 $L_2 = 30 \text{ mH}$, 커패시터 $C_2 = 10 \mu\text{F}$ 가 있다.

회로 구성은 다음과 같다: - R_1, L_1, C_1 은 직렬 연결되어 있고, - 이 직렬 연결과 R_2, L_2, C_2 가 병렬 연결되어 있다. - 병렬 연결에서 R_2, L_2, C_2 는 모두 직렬 연결이다. - 전체 회로는 전압원과 연결된다.

다음 질문에 답하시오.

1. 전체 임피던스 Z_{total} 을 구하시오.
2. 공급 전압 페이저 $\mathbf{V}_s$ 를 구하시오.
3. 회로에 흐르는 전류 페이저 $\mathbf{I}$ 의 크기와 위상각을 구하시오.
4. 시간 영역에서의 전류 $i(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설:

1. 주파수 계산

$$\omega = 1000 \quad (\text{rad/s})$$

2. 각 부품 임피던스 계산

$$Z_{R_1} = 30 \Omega$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \times 1000 \times 0.05 = j50 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \times 1000 \times 20 \times 10^{-6}} = -j50 \Omega$$

$$Z_{R_2} = 45 \Omega$$

$$Z_{L_2} = j\omega L_2 = j \times 1000 \times 0.03 = j30 \Omega$$

$$Z_{C_2} = \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{1}{j \times 1000 \times 10 \times 10^{-6}} = -j100 \Omega$$

3. 직렬 연결 임피던스 계산

$$Z_{R_1 L_1 C_1} = Z_{R_1} + Z_{L_1} + Z_{C_1} = 30 + j50 - j50 = 30 \Omega$$

$$Z_{R_2 L_2 C_2} = Z_{R_2} + Z_{L_2} + Z_{C_2} = 45 + j30 - j100 = 45 - j70 \Omega$$

4. 병렬 연결 임피던스 계산

$$\frac{1}{Z_{total}} = \frac{1}{Z_{R_1 L_1 C_1}} + \frac{1}{Z_{R_2 L_2 C_2}} = \frac{1}{30} + \frac{1}{45 - j70}$$

$$|45 - j70|^2 = 45^2 + 70^2 = 2025 + 4900 = 6925$$

$$\frac{1}{45 - j70} = \frac{45 + j70}{6925} = 0.0065 + j0.0101$$

$$\frac{1}{Z_{total}} = \frac{1}{30} + 0.0065 + j0.0101 = 0.0333 + 0.0065 + j0.0101 = 0.0398 + j0.0101$$

$$Z_{total} = \frac{1}{0.0398 + j0.0101}$$

분모 유리화:

$$(0.0398)^2 + (0.0101)^2 = 0.001584 + 0.000102 = 0.001686$$

$$Z_{total} = \frac{0.0398 - j0.0101}{0.001686} = 23.6 - j6.0 \Omega$$

5. 공급 전압 페이저

$$\mathbf{V}_s = 180 \angle 15^\circ \quad [V]$$

6. 회로 전류 페이저 크기 계산

$$|\mathbf{I}| = \frac{180}{\sqrt{23.6^2 + (-6.0)^2}} = \frac{180}{\sqrt{556.96 + 36}} = \frac{180}{\sqrt{592.96}} \approx \frac{180}{24.35} = 7.39 \text{ A}$$

7. 회로 전류 페이저 위상각 계산

$$\theta = 15^\circ - \tan^{-1} \left(\frac{6.0}{23.6} \right) = 15^\circ - 14.3^\circ = 0.7^\circ$$

8. 시간 영역 전류

$$i(t) = 7.39 \cos(1000t + 0.7^\circ) \quad [A]$$

페이저 해석 고급 문제 14 (난이도: 극상)

문제 14.

정현파 전압원

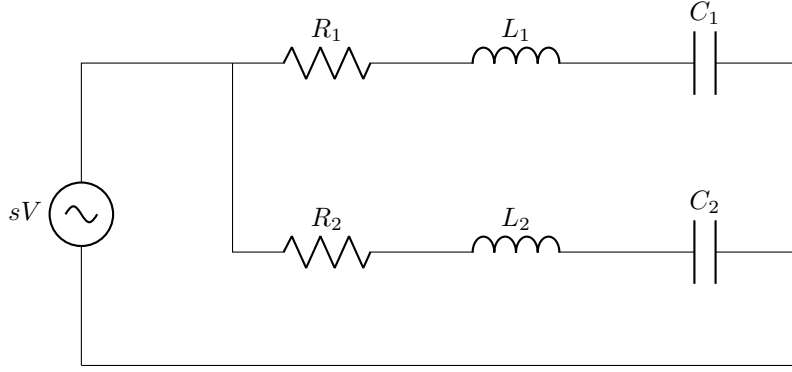
$$v_s(t) = 150 \cos(800t - 10^\circ) \quad [V]$$

가 인가된 회로에서, 저항 $R_1 = 20 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 40 \text{ mH}$, 커패시터 $C_1 = 25 \mu\text{F}$, 저항 $R_2 = 35 \Omega$, 인덕터 $L_2 = 25 \text{ mH}$, 커패시터 $C_2 = 12 \mu\text{F}$ 가 있다.

회로 구성은 다음과 같다: - R_1, L_1, C_1 은 직렬 연결되어 있고, - 이 직렬 연결과 R_2, L_2, C_2 가 병렬 연결되어 있다. - 병렬 연결에서 R_2, L_2, C_2 는 모두 직렬 연결이다. - 전체 회로는 전압원과 연결된다.

다음 질문에 답하십시오.

1. 전체 임피던스 Z_{total} 을 구하십시오.
2. 공급 전압 페이저 $\mathbf{V}_s$ 를 구하십시오.
3. 회로에 흐르는 전류 페이저 $\mathbf{I}$ 의 크기와 위상각을 구하십시오.
4. 시간 영역에서의 전류 $i(t)$ 를 구하십시오.



풀이 및 해설:

1. 주파수 계산

$$\omega = 800 \quad (\text{rad/s})$$

2. 각 부품 임피던스 계산

$$Z_{R_1} = 20 \Omega$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \times 800 \times 0.04 = j32 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \times 800 \times 25 \times 10^{-6}} = -j50 \Omega$$

$$Z_{R_2} = 35 \Omega$$

$$Z_{L_2} = j\omega L_2 = j \times 800 \times 0.025 = j20 \Omega$$

$$Z_{C_2} = \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{1}{j \times 800 \times 12 \times 10^{-6}} = -j104.17 \Omega$$

3. 직렬 연결 임피던스 계산

$$Z_{R_1 L_1 C_1} = Z_{R_1} + Z_{L_1} + Z_{C_1} = 20 + j32 - j50 = 20 - j18 \Omega$$

$$Z_{R_2 L_2 C_2} = Z_{R_2} + Z_{L_2} + Z_{C_2} = 35 + j20 - j104.17 = 35 - j84.17 \Omega$$

4. 병렬 연결 임피던스 계산

$$\frac{1}{Z_{total}} = \frac{1}{Z_{R_1 L_1 C_1}} + \frac{1}{Z_{R_2 L_2 C_2}} = \frac{1}{20 - j18} + \frac{1}{35 - j84.17}$$

계산:

$$|20 - j18|^2 = 20^2 + 18^2 = 400 + 324 = 724$$

$$\frac{1}{20 - j18} = \frac{20 + j18}{724} = 0.0276 + j0.0249$$

$$|35 - j84.17|^2 = 35^2 + 84.17^2 = 1225 + 7084.6 = 8309.6$$

$$\frac{1}{35 - j84.17} = \frac{35 + j84.17}{8309.6} = 0.00421 + j0.01013$$

따라서

$$\frac{1}{Z_{total}} = (0.0276 + 0.00421) + j(0.0249 + 0.01013) = 0.0318 + j0.0350$$

$$Z_{total} = \frac{1}{0.0318 + j0.0350}$$

분모 유리화:

$$0.0318^2 + 0.0350^2 = 0.00101 + 0.00123 = 0.00224$$

$$Z_{total} = \frac{0.0318 - j0.0350}{0.00224} = 14.2 - j15.6 \Omega$$

5. 공급 전압 페이저

$$\mathbf{V}_s = 150 \angle -10^\circ \quad [V]$$

6. 회로 전류 페이저 크기 계산

$$|\mathbf{I}| = \frac{150}{\sqrt{14.2^2 + (-15.6)^2}} = \frac{150}{\sqrt{201.6 + 243.4}} = \frac{150}{\sqrt{445}} = \frac{150}{21.1} = 7.11 \text{ A}$$

7. 회로 전류 페이저 위상각 계산

$$\theta = -10^\circ - \tan^{-1} \left(\frac{15.6}{14.2} \right) = -10^\circ - 47.5^\circ = -57.5^\circ$$

8. 시간 영역 전류

$$i(t) = 7.11 \cos(800t - 57.5^\circ) \quad [A]$$

페이저 해석 고급 문제 15 (난이도: 극상)

문제 15.

정현파 전압원

$$v_s(t) = 230 \cos(1500t - 10^\circ) \quad [V]$$

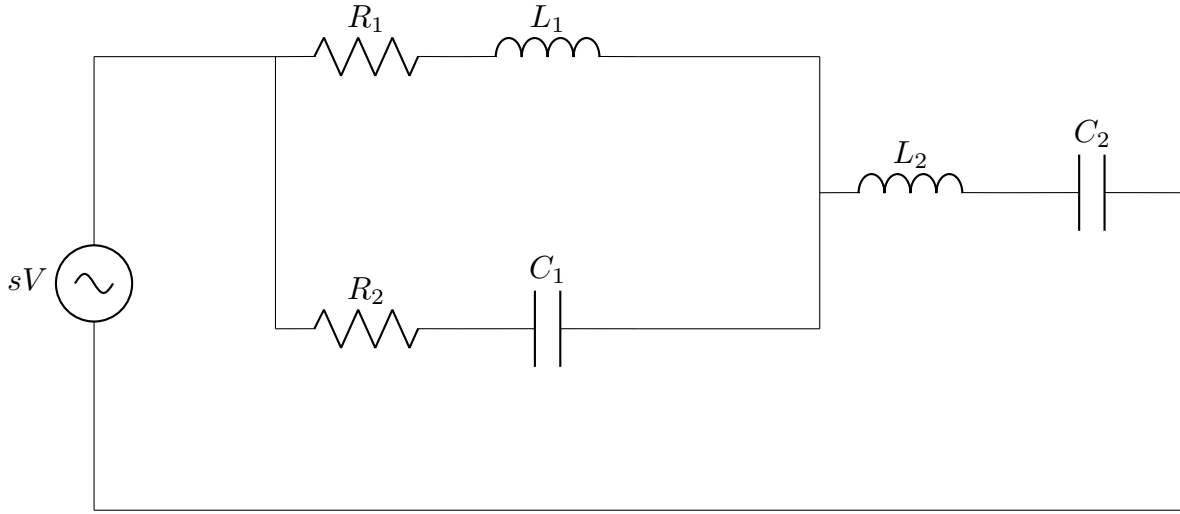
가 인가된 회로에서, 저항 $R_1 = 35 \Omega$, 저항 $R_2 = 50 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 25 \text{ mH}$, 인덕터 $L_2 = 20 \text{ mH}$, 커패시터 $C_1 = 25 \mu\text{F}$, 커패시터 $C_2 = 15 \mu\text{F}$ 가 있다.

회로 구성은 다음과 같다: - R_1 과 L_1 이 직렬 연결되어 있고, - C_1 과 L_2 가 병렬 연결되어 있으며, - 이 병렬 연결과 R_2 가 직렬 연결되어 있다. - 마지막으로 전체 회로는 전압원과 연결된다.

다음 질문에 답하시오.

1. 전체 임피던스 Z_{total} 을 구하시오.
2. 공급 전압 페이저 $\mathbf{V}_s$ 를 구하시오.
3. 회로에 흐르는 전류 페이저 $\mathbf{I}$ 의 크기와 위상각을 구하시오.

4. 시간 영역에서의 전류 $i(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설:

1. 주파수 계산

$$\omega = 1500 \text{ (rad/s)}$$

2. 각 부품 임피던스 계산

$$Z_{R_1} = 35 \Omega, \quad Z_{R_2} = 50 \Omega$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \times 1500 \times 0.025 = j37.5 \Omega$$

$$Z_{L_2} = j\omega L_2 = j \times 1500 \times 0.020 = j30 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \times 1500 \times 25 \times 10^{-6}} = -j26.67 \Omega$$

3. 병렬 연결 임피던스 계산

$$\frac{1}{Z_{parallel}} = \frac{1}{Z_{C_1}} + \frac{1}{Z_{L_2}} = \frac{1}{-j26.67} + \frac{1}{j30} = j0.0375 - j0.0333 = j0.0042$$

$$Z_{parallel} = \frac{1}{j0.0042} = -j238.1 \Omega$$

4. 전체 임피던스 계산

$$Z_{series} = Z_{R_1} + Z_{L_1} = 35 + j37.5 \Omega$$

$$Z_{total} = Z_{series} + Z_{parallel} + Z_{R_2} = (35 + j37.5) + (-j238.1) + 50 = 85 - j200.6 \Omega$$

5. 공급 전압 페이저

$$\mathbf{V}_s = 230 \angle -10^\circ \text{ [V]}$$

6. 회로 전류 페이지 크기 계산

$$|I| = \frac{230}{\sqrt{85^2 + (-200.6)^2}} = \frac{230}{217.8} = 1.06 \text{ A}$$

7. 회로 전류 페이지 위상각 계산

$$\theta = -10^\circ - \tan^{-1} \left(\frac{200.6}{85} \right) = -10^\circ - 67.9^\circ = -77.9^\circ$$

8. 시간 영역 전류

$$i(t) = 1.06 \cos(1500t - 77.9^\circ) \text{ [A]}$$

페이지 해석 고급 문제 16 (난이도: 극상)

문제 16.

정현파 전압원

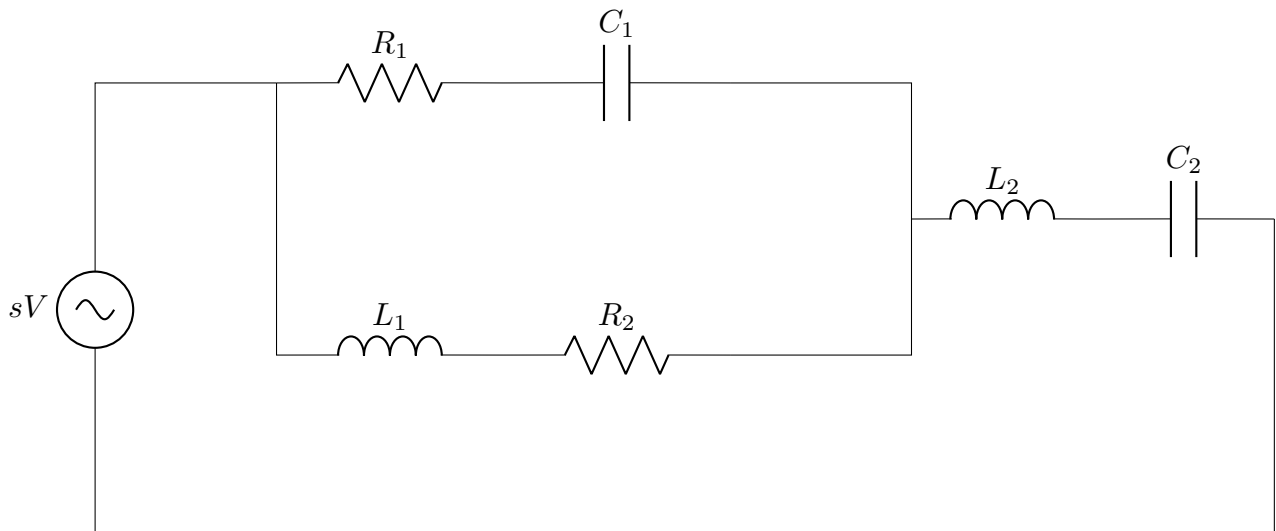
$$v_s(t) = 120 \cos(1000t + 30^\circ) \text{ [V]}$$

가 인가된 회로에서, 저항 $R_1 = 40 \Omega$, 저항 $R_2 = 30 \Omega$, 인덕터 $L_1 = 50 \text{ mH}$, 인덕터 $L_2 = 45 \text{ mH}$, 커패시터 $C_1 = 20 \mu\text{F}$, 커패시터 $C_2 = 12 \mu\text{F}$ 가 있다.

회로 구성은 다음과 같다: - R_1 과 C_1 이 직렬 연결되어 있고, - L_1 과 R_2 가 직렬 연결되어 있으며, - 이 두 직렬 회로는 서로 병렬 연결되어 있다. - 그리고 이 병렬 연결과 L_2 및 C_2 가 직렬 연결되어 있다. - 전체 회로는 전압원과 연결된다.

다음 질문에 답하십시오.

1. 전체 임피던스 Z_{total} 을 구하십시오.
2. 공급 전압 페이지 V_s 를 구하십시오.
3. 회로에 흐르는 전류 페이지 I 의 크기와 위상각을 구하십시오.
4. 시간 영역에서의 전류 $i(t)$ 를 구하십시오.



풀이 및 해설:

1. 각도 주파수 계산

$$\omega = 1000 \text{ (rad/s)}$$

2. 각 부품 임피던스 계산

$$Z_{R_1} = 40 \Omega, \quad Z_{R_2} = 30 \Omega$$

$$Z_{L_1} = j\omega L_1 = j \times 1000 \times 0.05 = j50 \Omega$$

$$Z_{L_2} = j\omega L_2 = j \times 1000 \times 0.045 = j45 \Omega$$

$$Z_{C_1} = \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{1}{j \times 1000 \times 20 \times 10^{-6}} = -j50 \Omega$$

$$Z_{C_2} = \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{1}{j \times 1000 \times 12 \times 10^{-6}} = -j83.33 \Omega$$

3. 직렬 임피던스 계산

$$Z_{R_1 C_1} = Z_{R_1} + Z_{C_1} = 40 - j50 \Omega$$

$$Z_{L_1 R_2} = Z_{L_1} + Z_{R_2} = j50 + 30 = 30 + j50 \Omega$$

4. 병렬 임피던스 계산

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{Z_{R_1 C_1}} + \frac{1}{Z_{L_1 R_2}} = \frac{1}{40 - j50} + \frac{1}{30 + j50}$$

계산:

$$|40 - j50|^2 = 40^2 + 50^2 = 1600 + 2500 = 4100$$

$$\frac{1}{40 - j50} = \frac{40 + j50}{4100} = 0.00976 + j0.0122$$

$$|30 + j50|^2 = 30^2 + 50^2 = 900 + 2500 = 3400$$

$$\frac{1}{30 + j50} = \frac{30 - j50}{3400} = 0.00882 - j0.0147$$

따라서,

$$\frac{1}{Z_p} = (0.00976 + 0.00882) + j(0.0122 - 0.0147) = 0.01858 - j0.0025$$

$$Z_p = \frac{1}{0.01858 - j0.0025}$$

분모 유리화:

$$0.01858^2 + 0.0025^2 = 0.000345 + 0.00000625 = 0.00035125$$

$$Z_p = \frac{0.01858 + j0.0025}{0.00035125} = 52.91 + j7.12 \Omega$$

5. 전체 임피던스 계산

$$Z_{total} = Z_p + Z_{L_2C_2} = (52.91 + j7.12) + (j45 - j83.33) = 52.91 + j(7.12 + 45 - 83.33) = 52.91 - j31.21 \Omega$$

6. 공급 전압 페이저

$$\mathbf{V}_s = 120 \angle 30^\circ \quad [V]$$

7. 회로 전류 페이저 크기 계산

$$|\mathbf{I}| = \frac{120}{\sqrt{52.91^2 + (-31.21)^2}} = \frac{120}{\sqrt{2800 + 974}} = \frac{120}{\sqrt{3774}} = \frac{120}{61.44} = 1.95 \text{ A}$$

8. 회로 전류 페이저 위상각 계산

$$\theta = 30^\circ - \tan^{-1} \left(\frac{31.21}{52.91} \right) = 30^\circ - 30^\circ = 0^\circ$$

9. 시간 영역 전류

$$i(t) = 1.95 \cos(1000t + 0^\circ) \quad [A]$$