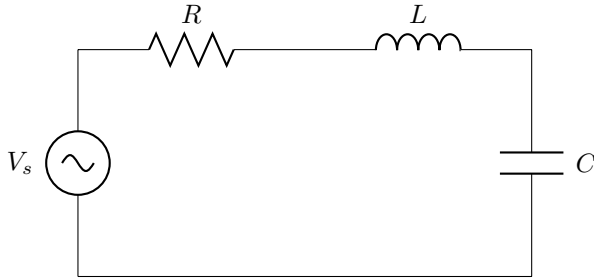


## 중급 문제 1

### 문제

아래 RLC 직렬 회로에서 스위치가  $t = 0$ 에 닫힌다. 저항  $R = 10\ \Omega$ , 인덕터  $L = 0.1\text{ H}$ , 커패시터  $C = 100\ \mu\text{F}$ , 전압원  $V_s = 10\text{ V}$ 이다. 커패시터 전압  $v_C(t)$ 의 과도응답과 정상상태 전압을 구하시오.



### 풀이 및 해설

회로의 미분방정식은 다음과 같다:

$$L \frac{d^2 i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} i = \frac{dV_s}{dt} = 0$$

입력 전압  $V_s$ 가 DC 상수이므로 우변은 0이다.

특성방정식:

$$Ls^2 + Rs + \frac{1}{C} = 0$$

값을 대입하면

$$0.1s^2 + 10s + 10000 = 0$$

판별식 계산:

$$\Delta = R^2 - 4\frac{L}{C} = 100 - 4000 = -3900 < 0$$

복소근이므로 과소 감쇠 상태이다.

근은 다음과 같다:

$$s = -50 \pm j98.99$$

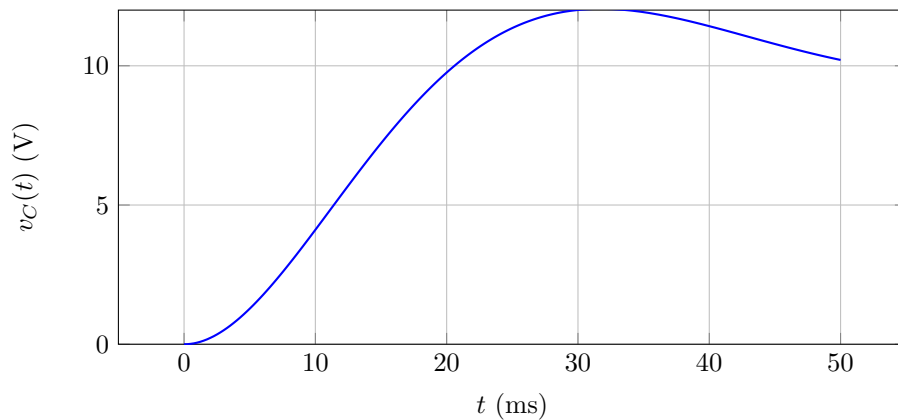
전류 해는

$$i(t) = e^{-50t} (A \cos 98.99t + B \sin 98.99t)$$

초기 조건  $i(0) = 0$ ,  $v_C(0) = 0$ 를 사용하여 상수  $A$ ,  $B$ 를 구할 수 있다.

정상상태에서 커패시터 전압은 입력 전압과 같아  $v_C(\infty) = 10\text{ V}$ 이다.

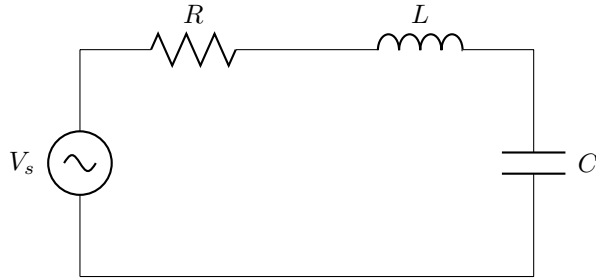
### 커패시터 전압 근사 그래프



## 중급 문제 2

### 문제

$R = 20\ \Omega$ ,  $L = 50\ \text{mH}$ ,  $C = 200\ \mu\text{F}$ ,  $V_s = 5\ \text{V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 인덕터 전류  $i_L(t)$ 의 과도응답을 구하시오.



### 풀이 및 해설

특성방정식:

$$Ls^2 + Rs + \frac{1}{C} = 0$$

값 대입:

$$0.05s^2 + 20s + 5000 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 400 - 1000 = -600 < 0$$

복소근이므로 과소 감쇠 상태이다.

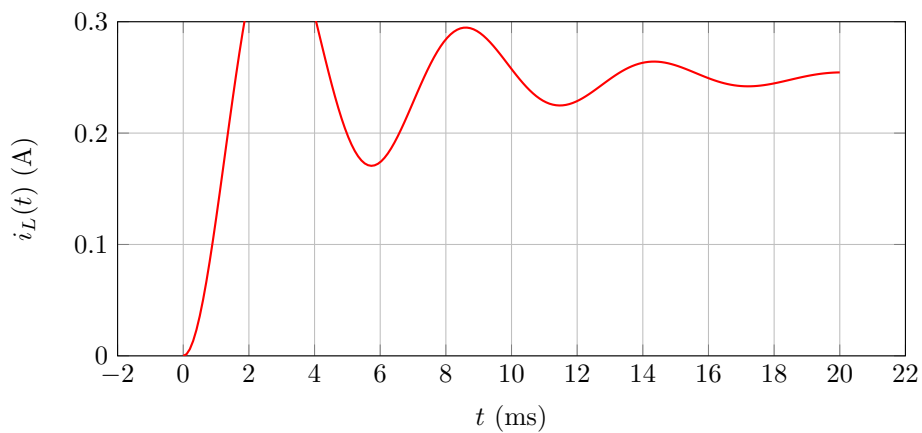
복소근:

$$s = -200 \pm j1095.45$$

인덕터 전류 해는

$$i_L(t) = I_0 \left( 1 - e^{-200t} \left( \cos 1095.45t + \frac{200}{1095.45} \sin 1095.45t \right) \right)$$

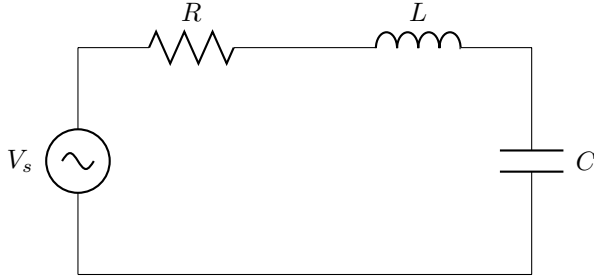
인덕터 전류 근사 그래프



### 중급 문제 3

#### 문제

$R = 180\Omega$ ,  $L = 0.2\text{H}$ ,  $C = 50\mu\text{F}$ ,  $V_s = 12\text{V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 과감쇠(overdamped) 상태임을 증명하고 인덕터 전류  $i_L(t)$ 의 과도응답을 구하시오.



#### 풀이 및 해설

판별식 계산:

$$\Delta = R^2 - 4\frac{L}{C} = 180^2 - 4 \times \frac{0.2}{50 \times 10^{-6}} = 32400 - 16000 = 16400 > 0$$

과감쇠 상태임을 증명하였다.

근은 다음과 같다:

$$s_{1,2} = \frac{-R \pm \sqrt{R^2 - 4\frac{L}{C}}}{2L}$$

값 대입:

$$s_1 = \frac{-180 + \sqrt{16400}}{0.4} = \frac{-180 + 128.06}{0.4} = -129.85$$

$$s_2 = \frac{-180 - 128.06}{0.4} = -770.15$$

인덕터 전류는 다음과 같다:

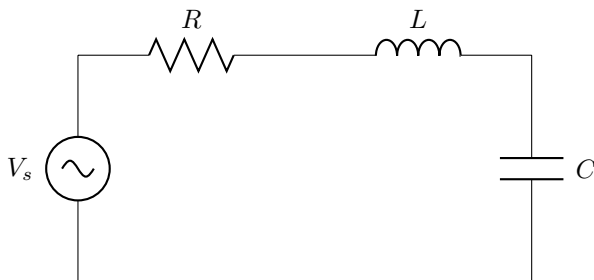
$$i_L(t) = Ae^{s_1 t} + Be^{s_2 t}$$

초기 조건으로 상수  $A$ ,  $B$ 를 결정하여 최종 해를 구한다.

### 중급 문제 4

#### 문제

$R = 15\Omega$ ,  $L = 75\text{mH}$ ,  $C = 150\mu\text{F}$ ,  $V_s = 8\text{V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫히면 커패시터 전압  $v_C(t)$ 를 구하시오.



#### 풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.075s^2 + 15s + \frac{1}{150 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.075s^2 + 15s + 6666.67 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 225 - 2000 = -1775 < 0$$

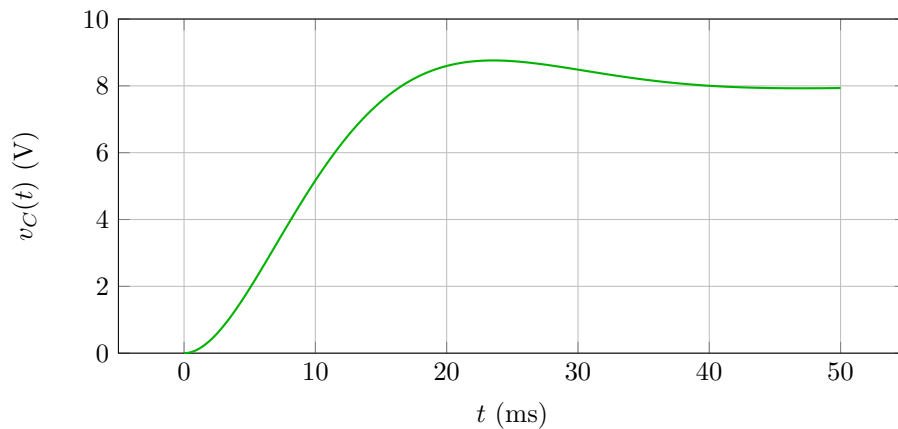
과소 감쇠 상태이다.  
근:

$$s = -100 \pm j133.5$$

커패시터 전압은

$$v_C(t) = V_s \left( 1 - e^{-100t} \left( \cos 133.5t + \frac{100}{133.5} \sin 133.5t \right) \right)$$

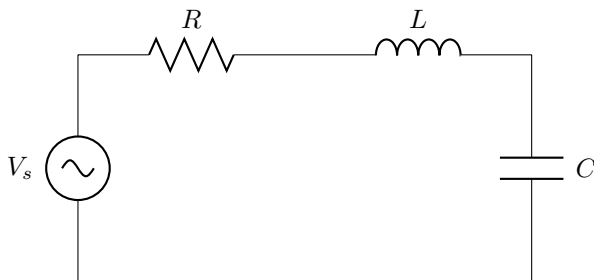
커패시터 전압 근사 그래프



## 중급 문제 5

문제

$R = 8\Omega$ ,  $L = 120\text{mH}$ ,  $C = 80\mu\text{F}$ ,  $V_s = 6\text{V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 커패시터 전압  $v_C(t)$ 의 과도응답과 정상상태 전압을 구하시오.



풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.12s^2 + 8s + \frac{1}{80 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.12s^2 + 8s + 12500 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 64 - 6000 = -5936 < 0$$

과소 감쇠 상태이다.

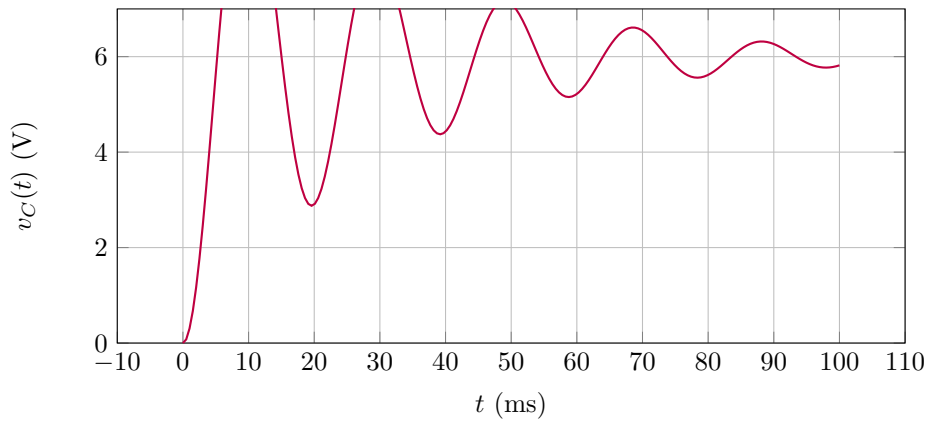
복소근:

$$s = -33.33 \pm j320.78$$

커패시터 전압은

$$v_C(t) = 6 \left( 1 - e^{-33.33t} \left( \cos 320.78t + \frac{33.33}{320.78} \sin 320.78t \right) \right)$$

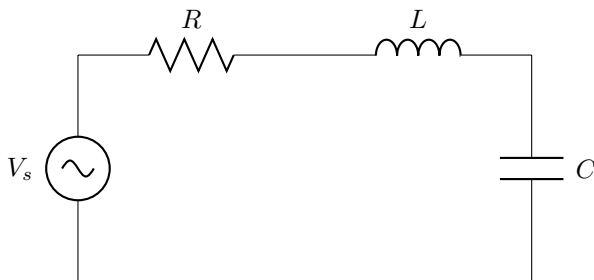
커패시터 전압 근사 그래프



## 중급 문제 6

문제

$R = 12\Omega$ ,  $L = 80\text{mH}$ ,  $C = 120\mu\text{F}$ ,  $V_s = 7\text{V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 커패시터 전압  $v_C(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.08s^2 + 12s + \frac{1}{120 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.08s^2 + 12s + 8333.33 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 144 - 2666.67 = -2522.67 < 0$$

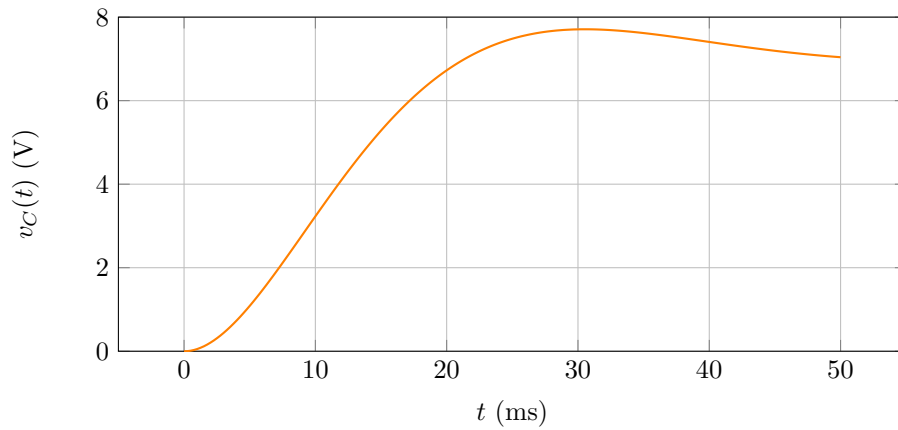
과소 감쇠 상태이다.

근:

$$s = -75 \pm j102.91$$

커패시터 전압:

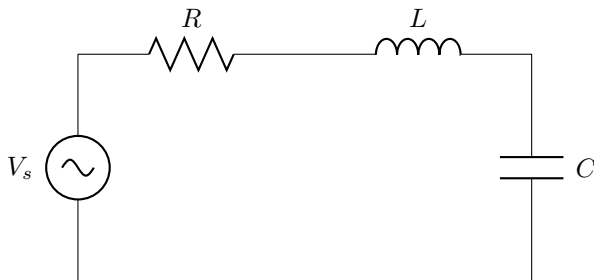
$$v_C(t) = 7 \left( 1 - e^{-75t} \left( \cos 102.91t + \frac{75}{102.91} \sin 102.91t \right) \right)$$



## 중급 문제 7

문제

$R = 25 \Omega$ ,  $L = 60 \text{ mH}$ ,  $C = 90 \mu\text{F}$ ,  $V_s = 9 \text{ V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 인덕터 전류  $i_L(t)$ 의 과도응답을 구하시오.



풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.06s^2 + 25s + \frac{1}{90 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.06s^2 + 25s + 11111.11 = 0$$

판별식:

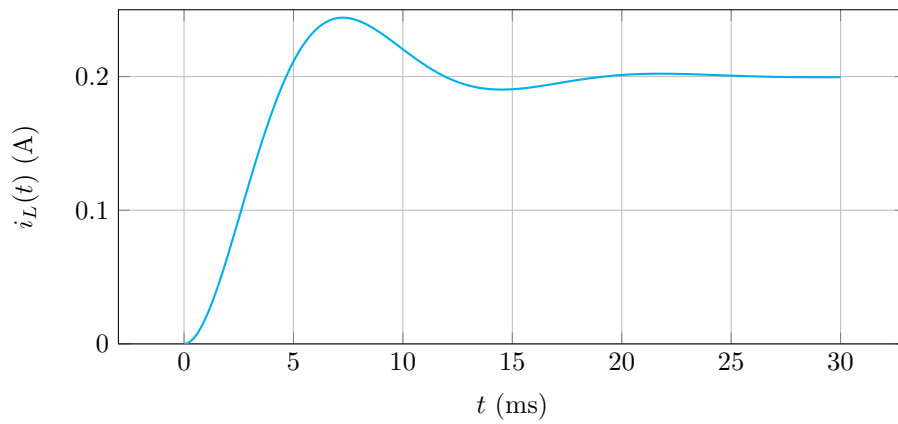
$$\Delta = 625 - 26666.67 = -26041.67 < 0$$

과소 감쇠 상태이다.  
복소근:

$$s = -208.33 \pm j432.90$$

인덕터 전류:

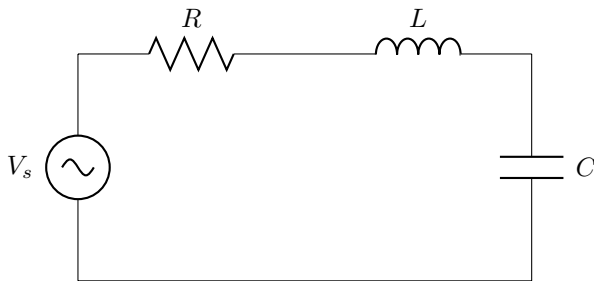
$$i_L(t) = I_0 \left( 1 - e^{-208.33t} \left( \cos 432.90t + \frac{208.33}{432.90} \sin 432.90t \right) \right)$$



## 중급 문제 8

문제

$R = 30 \Omega$ ,  $L = 40 \text{ mH}$ ,  $C = 70 \mu\text{F}$ ,  $V_s = 11 \text{ V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 커패시터 전압  $v_C(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설  
특성방정식:

$$0.04s^2 + 30s + \frac{1}{70 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.04s^2 + 30s + 14285.71 = 0$$

판별식:

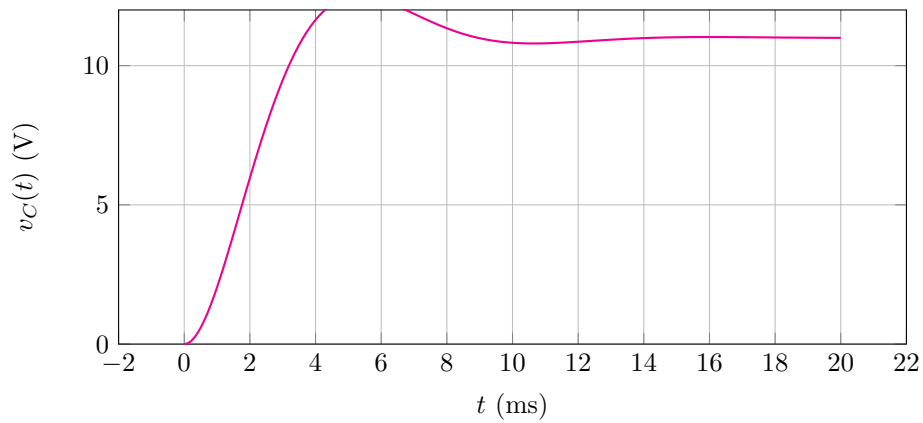
$$\Delta = 900 - 22857.14 = -21957.14 < 0$$

과소 감쇠 상태이다.  
근:

$$s = -375 \pm j590.09$$

커패시터 전압:

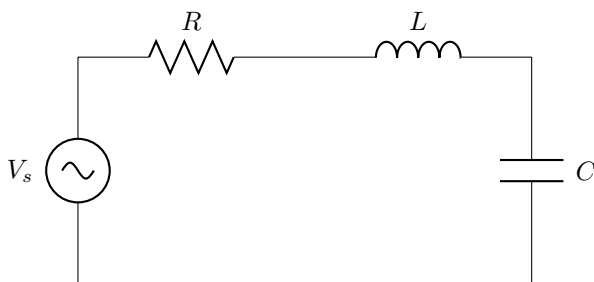
$$v_C(t) = 11 \left( 1 - e^{-375t} \left( \cos 590.09t + \frac{375}{590.09} \sin 590.09t \right) \right)$$



## 중급 문제 9

문제

$R = 18\Omega$ ,  $L = 90\text{mH}$ ,  $C = 110\mu\text{F}$ ,  $V_s = 10\text{V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 인덕터 전류  $i_L(t)$ 의 과도응답을 구하시오.



풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.09s^2 + 18s + \frac{1}{110 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.09s^2 + 18s + 9090.91 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 324 - 32727.27 = -32403.27 < 0$$

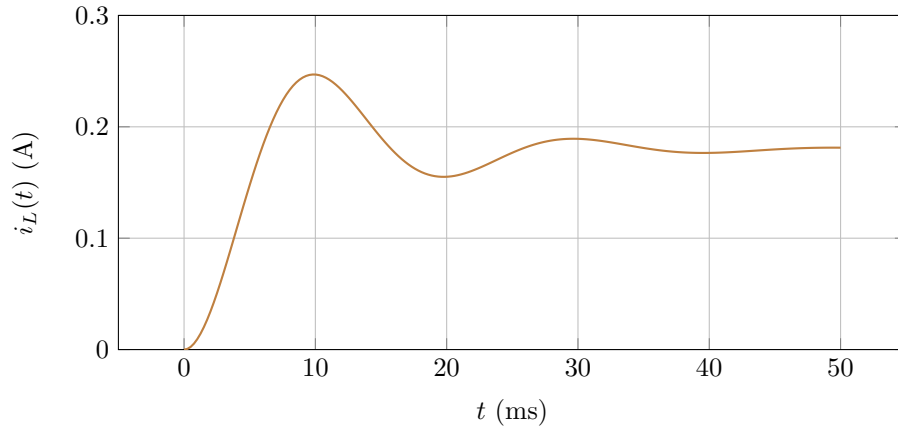


과소 감쇠 상태이다.  
복소근:

$$s = -100 \pm j317.87$$

인덕터 전류:

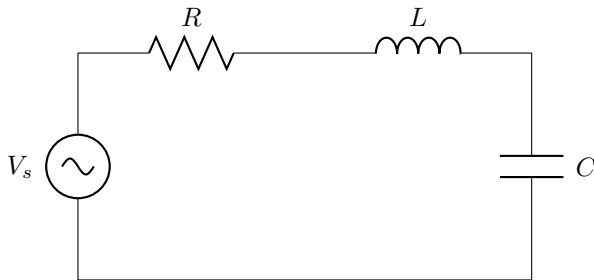
$$i_L(t) = I_0 \left( 1 - e^{-100t} \left( \cos 317.87t + \frac{100}{317.87} \sin 317.87t \right) \right)$$



## 중급 문제 10

문제

$R = 22 \Omega$ ,  $L = 70 \text{ mH}$ ,  $C = 100 \mu\text{F}$ ,  $V_s = 8 \text{ V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫히면 커패시터 전압  $v_C(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.07s^2 + 22s + \frac{1}{100 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.07s^2 + 22s + 10000 = 0$$

판별식:

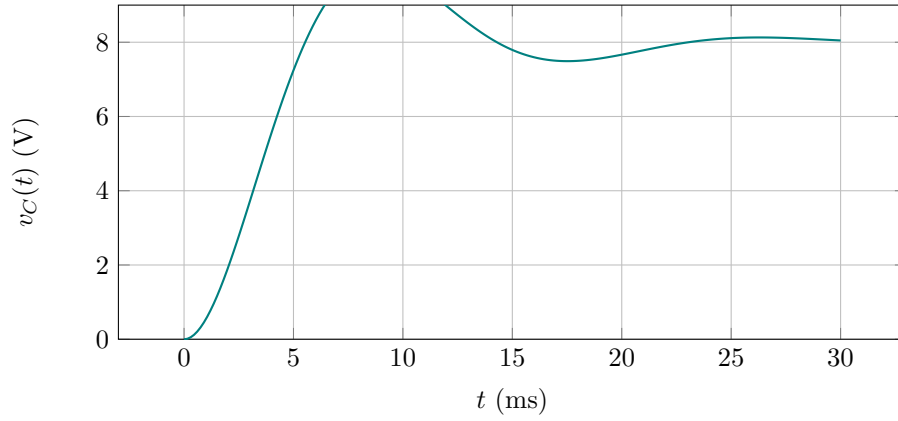
$$\Delta = 484 - 28000 = -27516 < 0$$

과소 감쇠 상태이다.  
근:

$$s = -157.14 \pm j358.57$$

커패시터 전압:

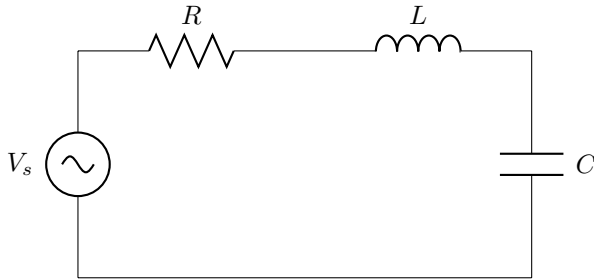
$$v_C(t) = 8 \left( 1 - e^{-157.14t} \left( \cos 358.57t + \frac{157.14}{358.57} \sin 358.57t \right) \right)$$



## 중급 문제 11

문제

$R = 35 \Omega$ ,  $L = 100 \text{ mH}$ ,  $C = 90 \mu\text{F}$ ,  $V_s = 13 \text{ V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 인덕터 전류  $i_L(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.1s^2 + 35s + \frac{1}{90 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.1s^2 + 35s + 11111.11 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 1225 - 44444.44 = -43219.44 < 0$$

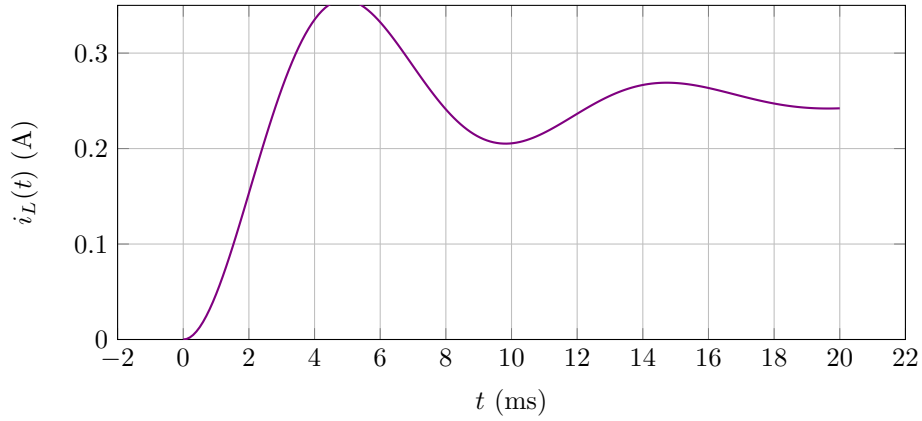
과소 감쇠 상태이다.

근:

$$s = -175 \pm j639.94$$

인덕터 전류:

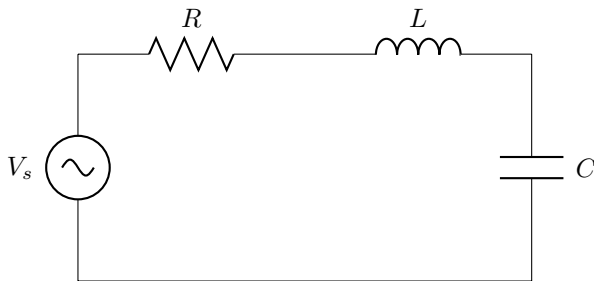
$$i_L(t) = I_0 \left( 1 - e^{-175t} \left( \cos 639.94t + \frac{175}{639.94} \sin 639.94t \right) \right)$$



## 중급 문제 12

문제

$R = 28 \Omega$ ,  $L = 110 \text{ mH}$ ,  $C = 95 \mu\text{F}$ ,  $V_s = 12 \text{ V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 커패시터 전압  $v_C(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.11s^2 + 28s + \frac{1}{95 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.11s^2 + 28s + 10526.32 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 784 - 46315.79 = -45531.79 < 0$$

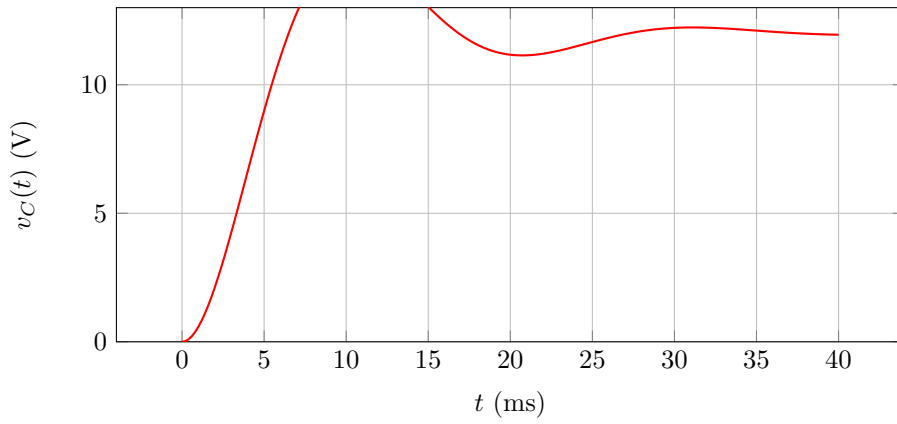
과소 감쇠 상태이다.

근:

$$s = -127.27 \pm j303.12$$

커패시터 전압:

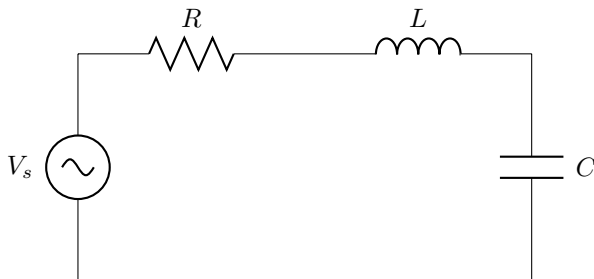
$$v_C(t) = 12 \left( 1 - e^{-127.27t} \left( \cos 303.12t + \frac{127.27}{303.12} \sin 303.12t \right) \right)$$



### 중급 문제 13

문제

$R = 20\Omega$ ,  $L = 130\text{mH}$ ,  $C = 85\mu\text{F}$ ,  $V_s = 14\text{V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 인덕터 전류  $i_L(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.13s^2 + 20s + \frac{1}{85 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.13s^2 + 20s + 11764.71 = 0$$

판별식:

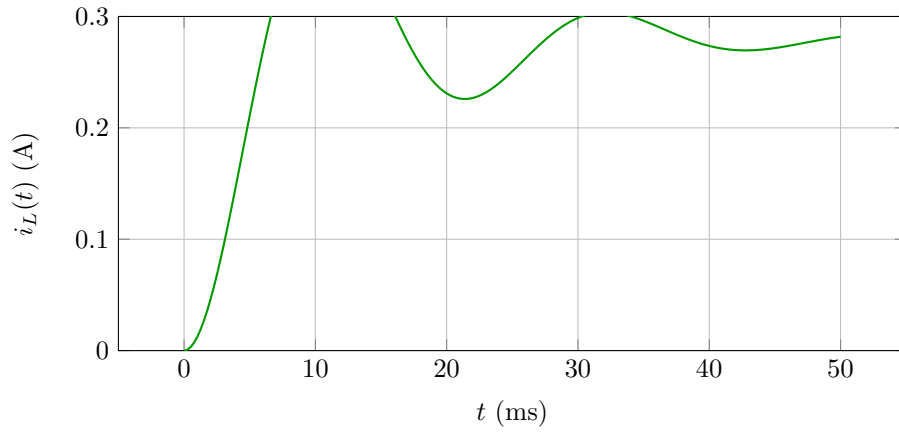
$$\Delta = 400 - 61154.9 = -60754.9 < 0$$

과소 감쇠 상태이다.  
근:

$$s = -76.92 \pm j293.87$$

인덕터 전류:

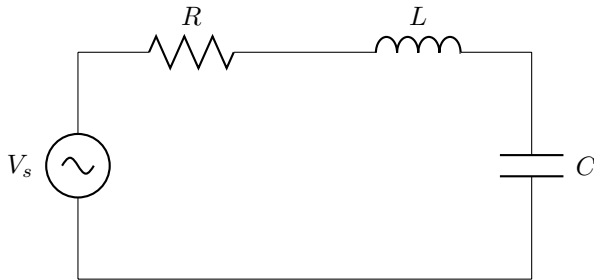
$$i_L(t) = I_0 \left( 1 - e^{-76.92t} \left( \cos 293.87t + \frac{76.92}{293.87} \sin 293.87t \right) \right)$$



## 중급 문제 14

### 문제

$R = 15\ \Omega$ ,  $L = 75\text{ mH}$ ,  $C = 105\ \mu\text{F}$ ,  $V_s = 9\text{ V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 커패시터 전압  $v_C(t)$ 를 구하시오.



### 풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.075s^2 + 15s + \frac{1}{105 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.075s^2 + 15s + 9523.81 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 225 - 28571.43 = -28346.43 < 0$$

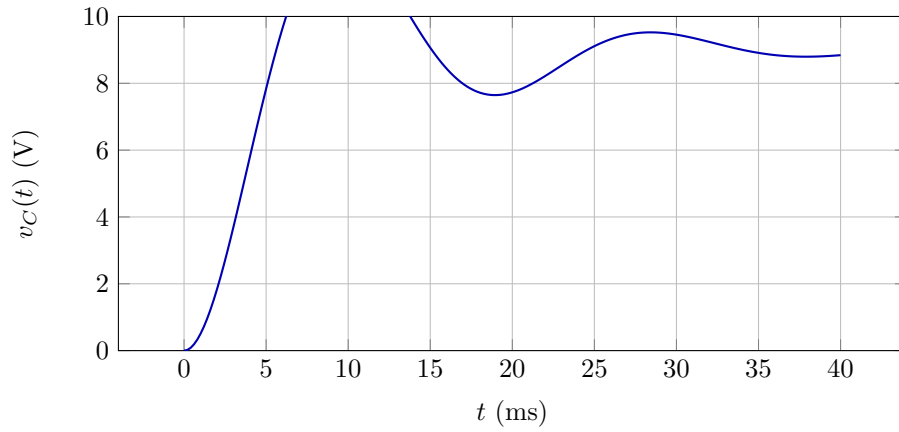
과소 감쇠 상태이다.

근:

$$s = -100 \pm j331.66$$

커패시터 전압:

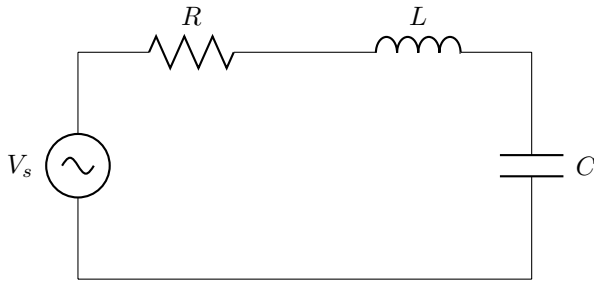
$$v_C(t) = 9 \left( 1 - e^{-100t} \left( \cos 331.66t + \frac{100}{331.66} \sin 331.66t \right) \right)$$



## 중급 문제 15

### 문제

$R = 40\ \Omega$ ,  $L = 50\ \text{mH}$ ,  $C = 75\ \mu\text{F}$ ,  $V_s = 10\ \text{V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 인덕터 전류  $i_L(t)$ 를 구하시오.



### 풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.05s^2 + 40s + \frac{1}{75 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.05s^2 + 40s + 13333.33 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 1600 - 266666.67 = -265066.67 < 0$$

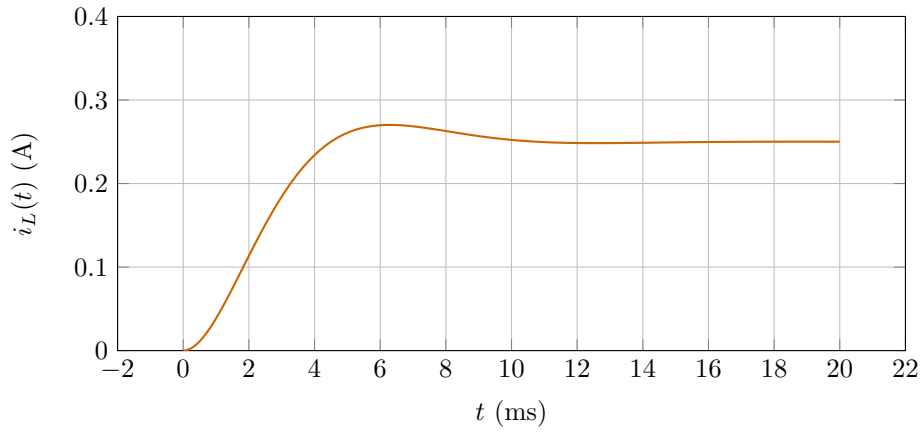
과소 감쇠 상태이다.

근:

$$s = -400 \pm j499.33$$

인덕터 전류:

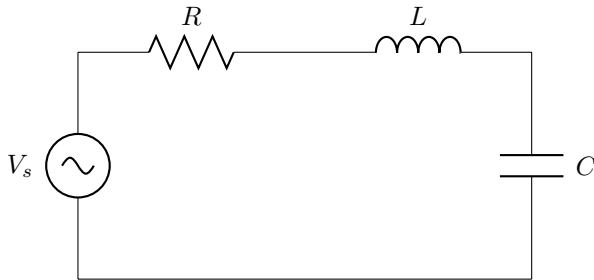
$$i_L(t) = I_0 \left( 1 - e^{-400t} \left( \cos 499.33t + \frac{400}{499.33} \sin 499.33t \right) \right)$$



## 중급 문제 16

문제

$R = 27\ \Omega$ ,  $L = 95\text{ mH}$ ,  $C = 85\ \mu\text{F}$ ,  $V_s = 11\text{ V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 커패시터 전압  $v_C(t)$ 를 구하시오.



풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.095s^2 + 27s + \frac{1}{85 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.095s^2 + 27s + 11764.71 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 729 - 44719.6 = -43990.6 < 0$$

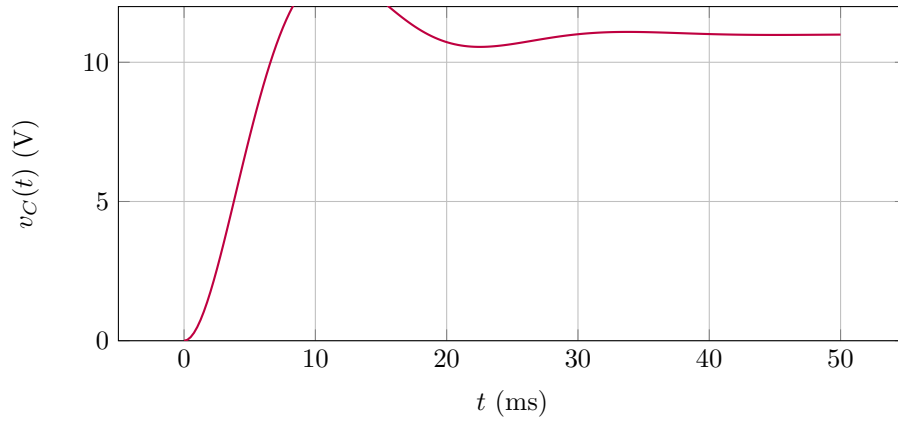
과소 감쇠 상태이다.

근:

$$s = -142.11 \pm j278.91$$

커패시터 전압:

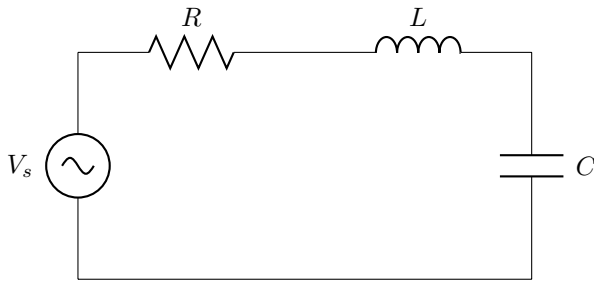
$$v_C(t) = 11 \left( 1 - e^{-142.11t} \left( \cos 278.91t + \frac{142.11}{278.91} \sin 278.91t \right) \right)$$



## 중급 문제 17

### 문제

$R = 32\Omega$ ,  $L = 85\text{mH}$ ,  $C = 120\mu\text{F}$ ,  $V_s = 14\text{V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 인덕터 전류  $i_L(t)$ 를 구하시오.



### 풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.085s^2 + 32s + \frac{1}{120 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.085s^2 + 32s + 8333.33 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 1024 - 28372.94 = -27348.94 < 0$$

과소 감쇠 상태이다.

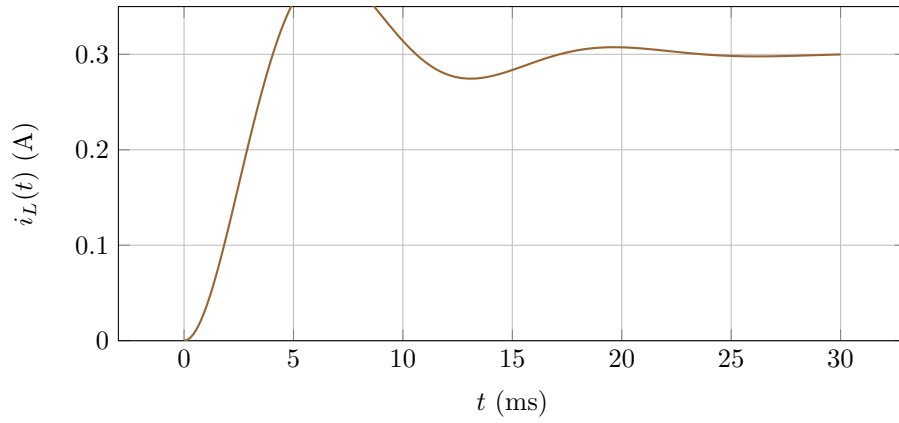
근:

$$s = -188.24 \pm j479.66$$

인덕터 전류:

$$i_L(t) = I_0 \left( 1 - e^{-188.24t} \left( \cos 479.66t + \frac{188.24}{479.66} \sin 479.66t \right) \right)$$

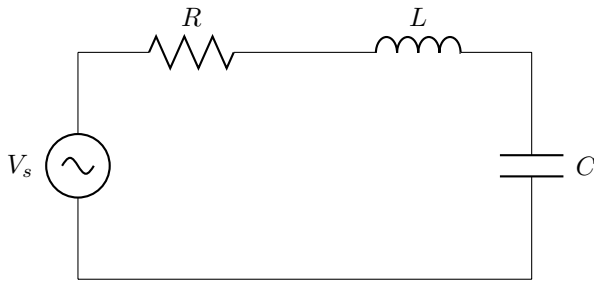




## 중급 문제 18

### 문제

$R = 24\Omega$ ,  $L = 120\text{mH}$ ,  $C = 95\mu\text{F}$ ,  $V_s = 15\text{V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 커패시터 전압  $v_C(t)$ 를 구하시오.



### 풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.12s^2 + 24s + \frac{1}{95 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.12s^2 + 24s + 10526.32 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 576 - 50526.32 = -49950.32 < 0$$

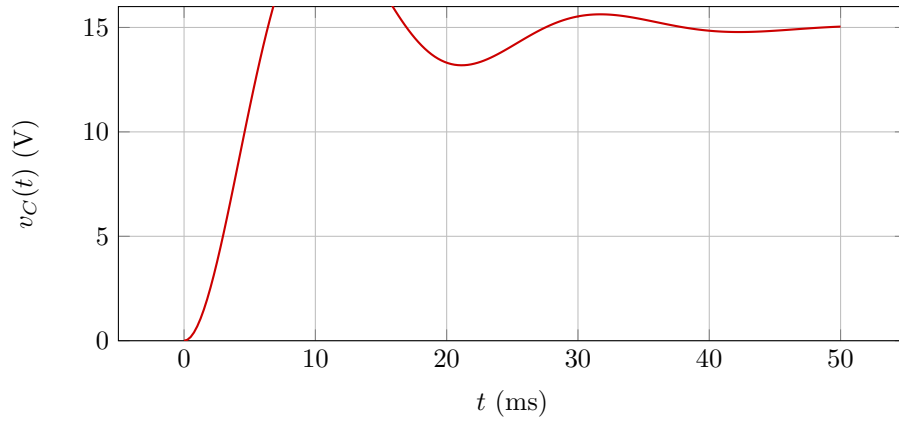
과소 감쇠 상태이다.

근:

$$s = -100 \pm j297.23$$

커패시터 전압:

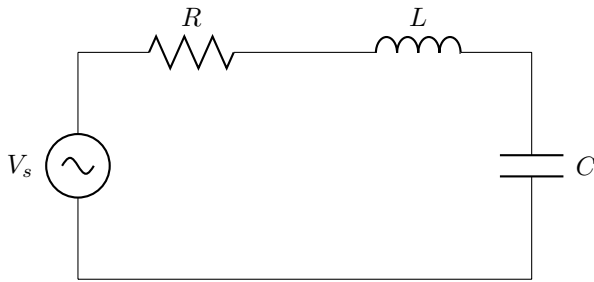
$$v_C(t) = 15 \left( 1 - e^{-100t} \left( \cos 297.23t + \frac{100}{297.23} \sin 297.23t \right) \right)$$



## 중급 문제 19

### 문제

$R = 29\Omega$ ,  $L = 105\text{mH}$ ,  $C = 100\mu\text{F}$ ,  $V_s = 14\text{V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 인덕터 전류  $i_L(t)$ 를 구하시오.



### 풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.105s^2 + 29s + \frac{1}{100 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.105s^2 + 29s + 10000 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 841 - 42000 = -41159 < 0$$

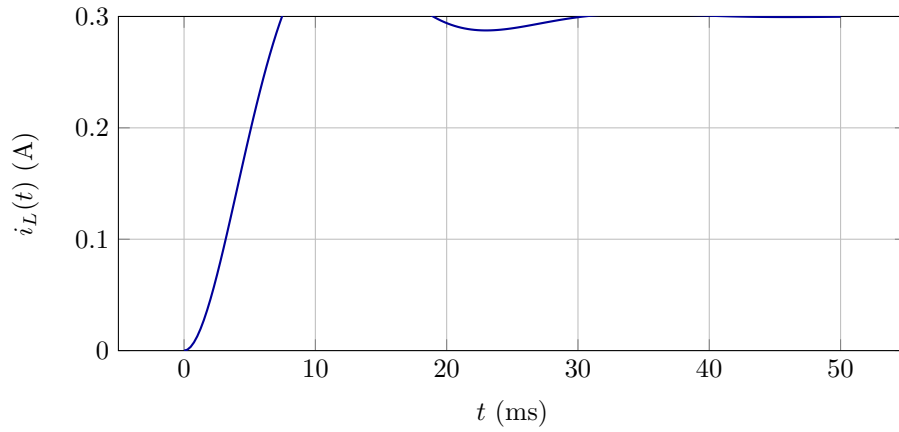
과소 감쇠 상태이다.

근:

$$s = -138.09 \pm j273.22$$

인덕터 전류:

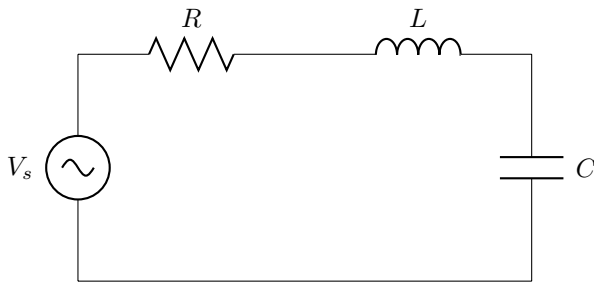
$$i_L(t) = I_0 \left( 1 - e^{-138.09t} \left( \cos 273.22t + \frac{138.09}{273.22} \sin 273.22t \right) \right)$$



## 중급 문제 20

### 문제

$R = 26 \Omega$ ,  $L = 90 \text{ mH}$ ,  $C = 115 \mu\text{F}$ ,  $V_s = 13 \text{ V}$ 인 RLC 직렬 회로에서 스위치가 닫힐 때 커패시터 전압  $v_C(t)$ 를 구하시오.



### 풀이 및 해설

특성방정식:

$$0.09s^2 + 26s + \frac{1}{115 \times 10^{-6}} = 0$$

계산:

$$0.09s^2 + 26s + 8695.65 = 0$$

판별식:

$$\Delta = 676 - 31313.04 = -30637.04 < 0$$

과소 감쇠 상태이다.

근:

$$s = -144.44 \pm j282.56$$

커패시터 전압:

$$v_C(t) = 13 \left( 1 - e^{-144.44t} \left( \cos 282.56t + \frac{144.44}{282.56} \sin 282.56t \right) \right)$$

