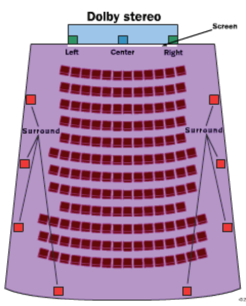
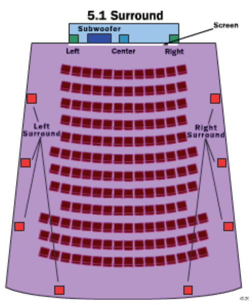
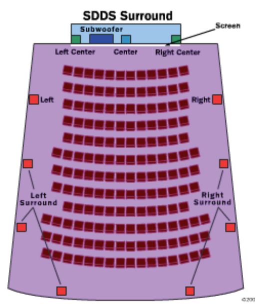
전기전자개론



4 Channel

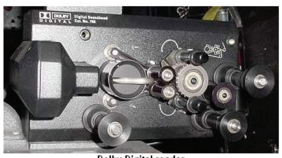


6 Channel



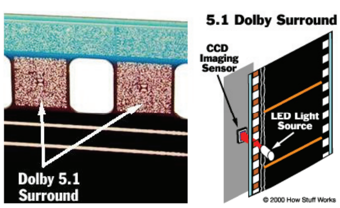
8 Channel

돌비디지털 vs SDDS

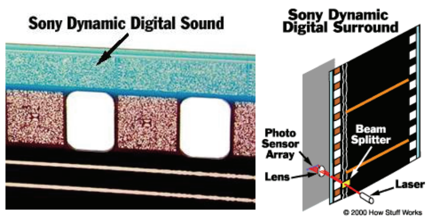


Dolby Digital reader

DVD player audio outputs



Film with 5.1 channels encoded



Film with Sony Dynamic Digital Sound encoded

Phasor 표기법 정리

$$i(t) = A\cos(\omega t + \phi)$$

By Euler's identity $e^{j\theta} = \cos\theta + j\sin\theta$

$$I = Ae^{j(\omega t + \phi)} = Ae^{j\phi}e^{j\omega t}$$

$$= A\angle\phi$$

- 수학적으로 정현파를 페이저 형식으로 표기하면 모든 페이저 항에 주파수에 대한 항 $e^{j\omega t}$ 가 포함되므로, 만약 어떠한 회로에서 단일 주파수만 사용된다면, 주파수 항 $e^{j\omega t}$ 을 생략하고(공통으로 묶고) 계산할 수 있다.
- 정현파 함수를 직접 연산하는 것 보다는 Phasor를 이용하여 다루는 것이 훨씬 유리하다.

Phasor 연습문제

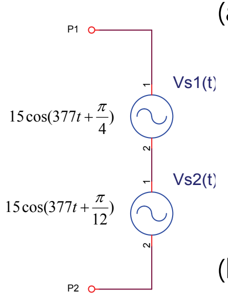
- 페이저Phasor 를 이용하여 주파수가 동일한(ω) 다음의 두 신호를 더하라. 그리고 다시 시간영역형식Time domain form으로 변환하여라.

(a) $A = 1.5V, \phi = 10°, B = 3.2V, \theta = 25°$

(b) $A = 50V, \phi = -60°, B = 24V, \theta = 15°$

연습문제

❖ 다음과 같은 2개의 교류 소스가 직렬로 연결되어 있을 때, Equivalent 소스를 구하여라.



(a) 삼각함수 공식을 사용하여 풀어보자

(b) 페이저phasor를 사용하여 풀어보자

교류신호의 중첩

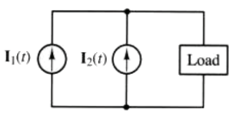


그림 4.25 교류 전류의 중첩

$$i_L(t) = i_1(t) + i_2(t)$$

$$i_1(t) = A_1 \cos(\omega_1 t) \qquad i_2(t) = A_2 \cos(\omega_2 t)$$

$$\mathbf{I}_1 = \mathrm{Re}(A_1 e^{j0} e^{j\omega_1 t}) \qquad \mathbf{I}_2 = \mathrm{Re}(A_2 e^{j0} e^{j\omega_2 t})$$

▪ **주파수가 같을 경우**

$$\mathbf{I}_L = \mathbf{I}_1 + \mathbf{I}_2 = (A_1 e^{j0} + A_2 e^{j0}) e^{j\omega t}$$ ➔ 페이저 덧셈 연산 사용가능

▪ **주파수가 다를 경우**

$$\mathbf{I}_L = \mathbf{I}_1 + \mathbf{I}_2 = A_1 e^{j0} e^{j\omega_1 t} + A_2 e^{j0} e^{j\omega_2 t}$$ ➔ 페이저 덧셈 연산 사용불가

➲ **주파수가 다를 경우에 주의 !**

예제 4.11 교류 중첩

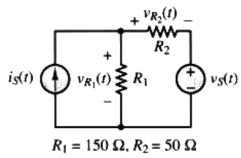


그림 4.26

$$i_s(t) = 0.5\cos(2\pi(100t))$$

$$v_s(t) = 20\cos(2\pi(1000t))$$

❖ 전류원에 의한 R1,R2 전압

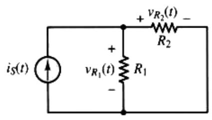


그림 4.27

$$\mathbf{V}_{R1}(\mathbf{I}_s) = \mathbf{I}_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} R_1 =$$

$$\mathbf{V}_{R2}(\mathbf{I}_s) = \mathbf{I}_s \frac{R_1}{R_1 + R_2} R_2 =$$

예제 4.11

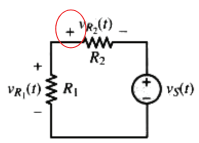


그림 4.28

❖ 전압원에 의한 R1, R2 전압(f=1000Hz)

$$\mathbf{V}_s(j\omega) = 20e^{j0}$$

$$\mathbf{V}_{R1}(\mathbf{V}_s) = \mathbf{V}_s \frac{R_1}{R_1 + R_2} =$$

$$\mathbf{V}_{R2}(\mathbf{V}_s) = -\mathbf{V}_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} =$$

예제 4.11

전류원에 의한 항 전압원에 의한 항

$$\mathbf{V}_{R1} = \mathbf{V}_{R1}(\mathbf{I}_s) + \mathbf{V}_{R1}(\mathbf{V}_s)$$

$$v_{R1}(t) =$$

$$\mathbf{V}_{R2} = \mathbf{V}_{R2}(\mathbf{I}_s) + \mathbf{V}_{R2}(\mathbf{V}_s)$$

$$v_{R2}(t) =$$

❖ 주파수가 다를 경우 Phasor 를 합칠 수 없다.

임피던스

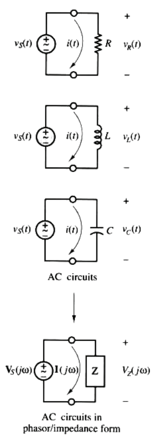
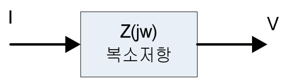


그림 4.29 임피던스 소자

- 저항, Capacitor, Inductor들을 포함하는 확장된 개념
- 지난 시간까지 배운 회로이론을 교류회로로 확장 시켜 준다.
- Phasor 표기법을 이용한 복소저항(Complex resistance)
- 주파수 종속저항의 개념($Z(j\omega)$)



Cf) Phasor는 표기법의 일종

저항

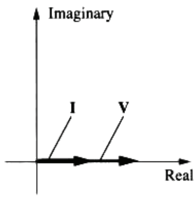


그림 4.30

$$i(t) = \frac{v_S(t)}{R} = \frac{A}{R}\cos\omega t$$

$$\mathbf{V}_Z(j\omega) = A\angle 0$$

$$\mathbf{I}(j\omega) = \frac{A}{R}\angle 0$$

- 저항의 임피던스

$$\boxed{Z_R(j\omega) = \frac{\mathbf{V}_Z(j\omega)}{\mathbf{I}(j\omega)} = R}$$

❖ 저항은 전압과 전류의 위상차이가 없다.

인덕터

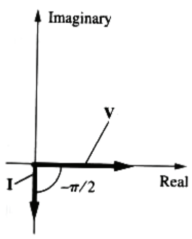


그림 4.31

$$v_L(t) = L\frac{di_L(t)}{dt}$$

$$i_L(t) = \frac{1}{L}\int v_L(t')$$

$$i_L(t) = i(t) = \frac{1}{L}\int v_S(t')\,dt'$$

$$i_L(t) = \frac{1}{L}\int A\cos\omega t'\,dt'$$

$$= \frac{A}{\omega L}\sin\omega t$$

$$v_S(t) = v_L(t) = A\cos\omega t$$

$$i(t) = i_L(t) = \frac{A}{\omega L}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

❖ 전압을 기준으로 전류가 90도 위상이 늦다.

인덕터

$$\mathbf{V}_Z(j\omega) = A\angle 0$$
$$\mathbf{I}(j\omega) = \frac{A}{\omega L}\angle -\frac{\pi}{2}$$

- 인덕터의 임피던스

$$\boxed{Z_L(j\omega) = \frac{\mathbf{V}_Z(j\omega)}{\mathbf{I}(j\omega)} = \omega L\angle\frac{\pi}{2} = j\omega L}$$

- 복소 주파수 종속 저항(Complex frequency dependent resistor)
- 이 복소 저항은 흐르는 신호의 주파수에 따라, 흐르는 전류의 양을 조절한다.

커패시터

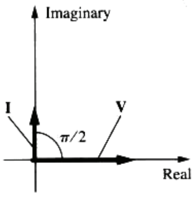


그림 4.32 커패시터의 페이저 전압과 전류의 관계

$$i_C(t) = C\frac{dv_C(t)}{dt}$$
$$v_C(t) = \frac{1}{C}\int i_C(t')\,dt'$$
$$\begin{aligned} i_C(t) &= C\frac{dv_C(t)}{dt} \\ &= C\frac{d}{dt}(A\cos\omega t) \\ &= -C(A\omega\sin\omega t) \\ &= \omega CA\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned}$$

❖ 전압을 기준으로 전류가 90도 위상이 앞선다.

커패시터

- Phasor 형태로 표현하면,

$$\mathbf{V}_Z(j\omega) = A\angle 0$$

$$\mathbf{I}(j\omega) = \omega CA\angle\frac{\pi}{2}$$

- 커패시터의 임피던스

$$\boxed{Z_C(j\omega) = \frac{\mathbf{V}_Z(j\omega)}{\mathbf{I}(j\omega)} = \frac{1}{\omega C}\angle(-\frac{\pi}{2}) = \frac{-j}{\omega C} = \frac{1}{j\omega C}}$$

복소 평면상에서의 RLC

*** 임피던스간의 RLC 위상차 비교**

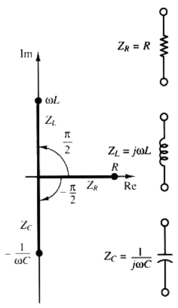


그림 4.33 복소 평면상에서 R, L, C의 임피던스

$$\underbrace{Z(j\omega)}_{\text{임피던스}} = R(j\omega) + jX(j\omega)$$

R : 교류저항(순수저항성분)

X : 리액턴스

❖ 임피던스의 개념을 사용하면 직류회로해석에서 사용된 다양한 방법을 교류해석에서도 사용할 수 있게 해 준다.

Week 11

실제 커패시터의 임피던스

R1=1MΩ, C1=1nF

실제 커패시터는 미약한 저항성분이 있다.

일반 병렬저항 공식에 R대신 Z를 사용하면 된다.

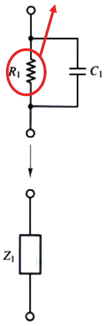


그림 4.34

$$Z_1 = R_1 \left\| \frac{1}{j\omega C_1} \right. = \frac{R_1(1/j\omega C_1)}{R_1 + 1/j\omega C_1} = \frac{R_1}{1 + j\omega C_1 R_1}$$

$$Z_1(\omega = 377) = \frac{10^6}{1 + j377 \times 10^6 \times 10^{-9}} = \frac{10^6}{1 + j0.377}$$

$$= 9.3571 \times 10^5 \angle(-0.3605)\ \Omega$$

만약 저항성분을 고려하지 않는다면:

$$Z_{C1}(\omega = 377) = \frac{1}{j377 \times 10^{-9}} = 2.6525 \times 10^6 \angle\left(-\frac{\pi}{2}\right)\ \Omega$$

60Hz에서의 값은 차이가 꽤나지만 800Mhz 에서는 큰 차이가 나지 않는다.

Week 11

실제 인덕터의 임피던스

L=0.098H, lc = 2x10cm, n=250, R=0.344 Ω/m

Ideal 인덕터로 작동하는 주파수 범위를 구해보자.

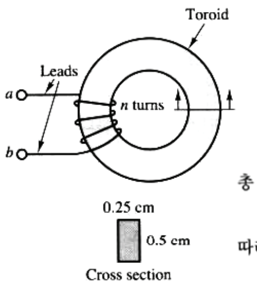


그림 4.35 실제 인덕터

$$l_w = 250(2 \times 0.25 + 2 \times 0.5) = 375 \text{ cm}$$

$$l = \text{total length} = l_w + l_c = 375 + 20 = 395 \text{ cm}$$

총 저항은 다음과 같다.

$$R = 0.344\ \Omega/\text{m} \times 3.95\ \text{m} = 1.36\ \Omega$$

따라서 $10 \times 1.36\Omega$ 보다 큰 $j\omega L$의 값에 대한 주파수의 범위를 결정할 수 있다.

$$\omega L > 13.6 \quad \text{or} \quad \omega > \frac{13.6}{L} = \frac{13.6}{0.098} = 13.9 \text{rad/s}$$

다른 표현으로, 범위는 $f = \omega/2\pi >$ 2.2 Hz이다.

Textbook 오류 주의

복잡한 회로의 임피던스

예제 4.14 w=10000rad/s

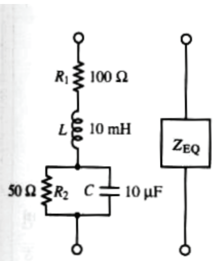


그림 4.37

$$Z_{\|} = R_2 \left\| \frac{1}{j\omega C} = \frac{R_2(1/j\omega C)}{R_2 + 1/j\omega C} = \frac{R_2}{1 + j\omega C R_2} \right.$$

$$= \frac{50}{1 + j10^4 \times 10 \times 10^{-6} \times 50} = \frac{50}{1 + j5} = 1.92 - j9.62$$

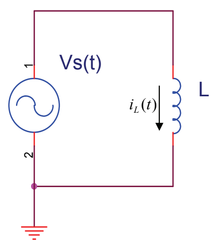
$$= 9.81\angle(-1.3734)\ \Omega$$

$$Z_{eq} = R_1 + j\omega L + Z_{\|} = 100 + j10^4 \times 10^{-2} + 1.92 - j9.62$$

$$= 101.92 + j90.38 = 136.2\angle 0.723\ \Omega$$

❖ 교류회로에서 등가회로를 구할 때 임피던스의 개념을 사용하면 DC 회로의 일반 계산 하듯이 구하는 것이 가능해진다.

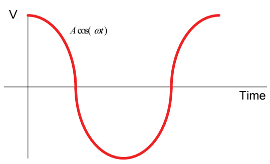
간단한 교류회로 분석

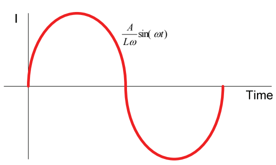


$$V_s(t) = A\cos(\omega t)$$

$$i_L(t) = \frac{1}{L}\int_0^t V_s(t')dt' = \frac{1}{L}\int_0^t A\cos(\omega t')dt'$$

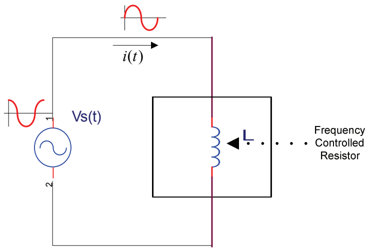
$$= \frac{1}{L}\left[\frac{A}{\omega}\sin(\omega t')\right]_0^t = \frac{A}{L\omega}\sin(\omega t)$$

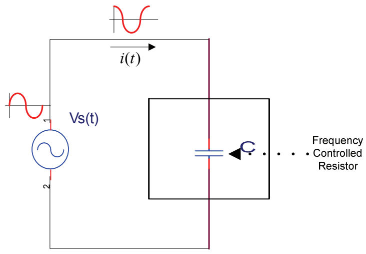




❖ **코일에 정현파 형태의 전압을 걸어주면 90도 늦어진 정현파 전류가 흐른다.**

주파수에 따른 가변저항





전압이 전류보다 위상이 90도 앞서있다.

$$Z = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = j\omega L$$

주파수가 높을 수록 리액턴스가 커짐

-> 낮은 주파수가 잘 통과

전류가 전압보다 위상이 90도 앞서있다.

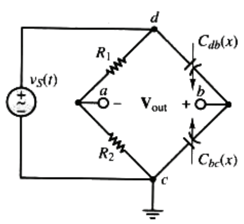
$$Z = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{I}} = \frac{1}{j\omega C}$$

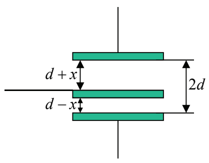
주파수가 높을 수록 리액턴스가 작아짐

-> 높은 주파수가 잘 통과

용량형 변위 전환기

❖ 휘이스톤 브리지





$$\mathbf{V}_{out}(j\omega) = \mathbf{V}_S(j\omega)\left(\frac{Z_{C_{bc}}(x)}{Z_{C_{db}}(x) + Z_{C_{bc}}(x)} - \frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

$$C = \frac{\varepsilon A}{d}$$

$$C_{db} = \frac{\varepsilon A}{d - x} \quad \text{and} \quad C_{bc} = \frac{\varepsilon A}{d + x}$$

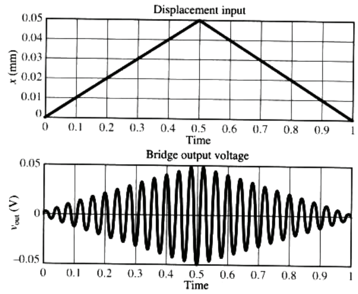
$$Z_{C_{db}} = \frac{d - x}{j\omega 8.854A} \quad \text{and} \quad Z_{C_{bc}} = \frac{d + x}{j\omega 8.854A}$$

용량형 변위 전환기

$$\mathbf{V}_{\text{out}}(j\omega) = \mathbf{V}_S(j\omega)\left(\frac{\dfrac{d+x}{j\omega 8.854A}}{\dfrac{d-x}{j\omega 8.854A}+\dfrac{d+x}{j\omega 8.854A}} - \frac{R_2}{R_1+R_2}\right)$$

$$= \mathbf{V}_S(j\omega)\left(\frac{1}{2}+\frac{x}{2d}-\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)$$

$$= \mathbf{V}_S(j\omega)\frac{x}{2d}$$



❖ 변위에 비례한 Amplitude를 얻는다.

Admittance

직류의 저항 컨덕턴스 (Conductance)	교류에서의 Admittance
$G = \dfrac{1}{R}$	$Y = \dfrac{1}{Z}$

$$Y = \frac{1}{Z} = G + jB$$

$$\underline{Z(j\omega)} = R(j\omega) + jX(j\omega)$$

임피던스

G : 교류 컨덕턴스 B : Susceptance

R : 교류저항 X : 리액턴스

삼각함수의 공식정리

$$a\sin\theta + b\cos\theta = A\sin(\theta+\alpha)$$
$$a\sin\theta - b\cos\theta = A\sin(\theta-\alpha)$$
$$a\cos\theta + b\sin\theta = A\cos(\theta-\alpha)$$
$$a\cos\theta - b\sin\theta = A\cos(\theta+\alpha)$$

$$A = \sqrt{(a^2+b^2)}$$
$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (0<\alpha<90°)$$

$$\sin A + \sin B = 2\sin\frac{1}{2}(A+B)\cos\frac{1}{2}(A-B)$$
$$\sin A - \sin B = 2\cos\frac{1}{2}(A+B)\sin\frac{1}{2}(A-B)$$
$$\cos A + \cos B = 2\cos\frac{1}{2}(A+B)\cos\frac{1}{2}(A-B)$$
$$\cos A - \cos B = 2\sin\frac{1}{2}(A+B)\sin\frac{1}{2}(A-B)$$

$$\sin(A\pm B) = \sin A\cos B \pm \cos A\sin B$$
$$\cos(A\pm B) = \cos A\cos B \mp \sin A\sin B$$