

REPORT

IEEE Code of Ethics

(출처: <http://www.ieee.org>)

We, the members of the IEEE, in recognition of the importance of our technologies in affecting the quality of life throughout the world, and in accepting a personal obligation to our profession, its members and the communities we serve, do hereby commit ourselves to the highest ethical and professional conduct and agree:

1. to accept responsibility in making decisions consistent with the safety, health and welfare of the public, and to disclose promptly factors that might endanger the public or the environment;
2. to avoid real or perceived conflicts of interest whenever possible, and to disclose them to affected parties when they do exist;
3. to be honest and realistic in stating claims or estimates based on available data;
4. to reject bribery in all its forms;
5. to improve the understanding of technology, its appropriate application, and potential consequences;
6. to maintain and improve our technical competence and to undertake technological tasks for others only if qualified by training or experience, or after full disclosure of pertinent limitations;
7. to seek, accept, and offer honest criticism of technical work, to acknowledge and correct errors, and to credit properly the contributions of others;
8. to treat fairly all persons regardless of such factors as race, religion, gender, disability, age, or national origin;
9. to avoid injuring others, their property, reputation, or employment by false or malicious action;
10. to assist colleagues and co-workers in their professional development and to support them in following this code of ethics.

위 IEEE 윤리헌장 정신에 입각하여 report를 작성하였음을 서약합니다.

<10주차 예비 보고서>

학 부: 전자공학과

제출일: 2020.05.10

과목명: 기초전기실험

교수명: 구형일 교수님

분 반: 7

학 번: 202021025

성 명: 안준영

[1] 실험이론

이상적인 저항은 가해진 sinusoidal source의 주파수에 영향을 받지 않는다고 가정할 수 있다. 따라서, $i = \frac{V_m \sin \omega t}{R} = I_m \sin \omega t$ 일 때, 음의 법칙이 적용되어 $I_m = \frac{V_m}{R}$ 의 관계가 성립된다.

인덕터의 경우에, 주파수가 더 큰 값을 가지면 가질수록, 코일을 통하는 전류의 변화량이 더 커진다. 따라서, $v_L = L \frac{di_L}{dt}$ 에서, $i_L = I_m \sin \omega t$ 일 때 $v_L = L \frac{d}{dt}(I_m \sin \omega t) = LI_m(\omega \cos \omega t) = LI_m(\omega \sin \omega t + 90^\circ)$ 이 성립하게 된다. 리액턴스 $X_L = \omega L (\Omega)$ 이 성립한다.

음의 법칙을 적용하면 $X_L = \frac{V_m}{I_m} (\Omega)$ 이다. 이상적인 인덕터는 $X_L = \omega L = 2\pi f L = kf$, ($k = 2\pi L$) 을 따른다. 따라서, 주파수가 증가할수록 인덕터의 리액턴스는 증가하게 된다. 특히, $f = 0 Hz$ 일 때, 리액턴스는 0이 되므로, short circuit의 특성을 가지게 된다.

커패시터의 경우에, 양단의 전압의 변화이 있는 경우에 커패시턴스가 크면 클수록 커패시터 전류의 크기가 커지게 된다. 즉, 일정한 커피시턴스 값을 가질 때, 양단의 전압의 변화량이 커지면 커질수록, 전류의 크기가 커지게 된다. 따라서, $i_C = C \frac{dv_C}{dt}$ 에서 $v_C = V_m \sin \omega t$ 일 때, $i_C = C \frac{d}{dt}(V_m \sin \omega t) = \omega CV_m \cos \omega t = \omega CV_m \sin(\omega t + 90^\circ)$ 가 성립하게 된다. 커패시터에 흐르는 전류가 커진다는 것은, 커패시터의 저항 성분, 즉 리액턴스가 감소함을 의미한다. 커패시터의 리액턴스는 $X_C = \frac{1}{\omega C} (\Omega)$ 이고 음의 법칙에 적용하면 $X_C = \frac{V_m}{I_m} (\Omega)$ 이다. 이상적인 커패시터의 리액턴스는 $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ 를 따르기 때문에, 주파수가 커지면 커패시터의 리액턴스는 감소하게 된다.

[2] 실험장비

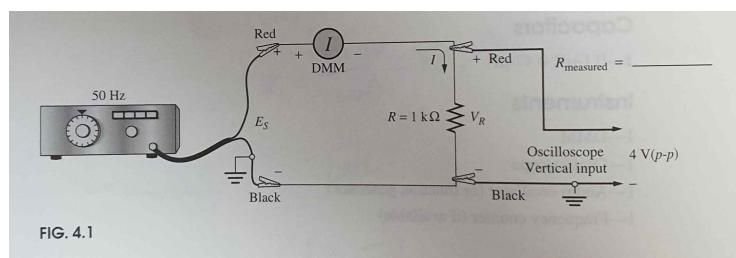
1. 저항($100 - \Omega, 1 - k\Omega$)
2. 인덕터($10 - mH$)
3. 커패시터($0.1 - \mu F, 0.47 - \mu F$)
4. DMM, 오실로스코프

<Part 1> Resistors

[3] 실험 방법 및 예상결과

실험 방법

- (a) Fig. 4.1과 같이 회로를 구성하고 저항의 측정값을 기록한다.



- (b) 저항에 걸리는 peak to peak 전압은 4V로 유지한채로, 주파수만 50Hz, 100Hz, 200Hz, 500Hz, 1000Hz로 변화시켜 가며 전류의 rms값을 DMM을 통해 측정한다.

- (c) R의 값을 $R = \frac{V_{R(rms)}}{I_{rms}}$ 로 계산한다

예상결과

Table 4.1

Frequency	$V_{R(p-p)}$	Calculation	Measurement:	Calculation:
		$V_{R(rms)} = 0.707 \left(\frac{V_{R(p-p)}}{2} \right)$	I_{rms}	$R = \frac{V_{R(rms)}}{I_{rms}}$
50 Hz	4V	1.414V	1.414mA	1kΩ
100 Hz	4V	1.414V	1.414mA	1kΩ
200 Hz	4V	1.414V	1.414mA	1kΩ
500 Hz	4V	1.414V	1.414mA	1kΩ
1000 Hz	4V	1.414V	1.414mA	1kΩ

저항은 이론에 따라 주파수에 영향을 받지 않고 $1\text{k}\Omega$ 으로 일정하므로, 주파수에 관계없이 음의 법칙에 의하여

$$I_{rms} = \frac{V_{R(rms)}}{R} = \frac{1.414 V}{1000 \Omega} = 1.414mA$$

회로분석

FIG. 4.1

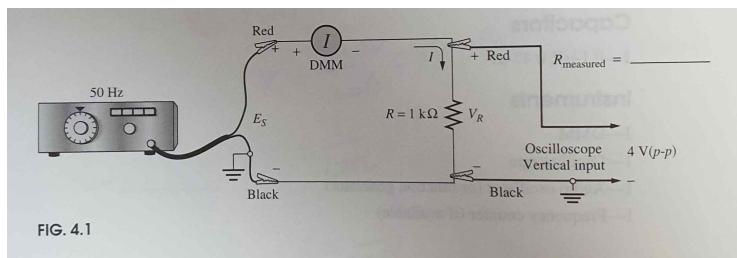


FIG. 4.1

$V_{p-p} = 4\text{V}$ 이고 저항만으로 구성되어 있으므로 $v = 2\sin(2\pi f t)$ 의 교류 전원이 공급되고 있다($f = 50\text{ Hz} \sim 1000\text{ Hz}$). DMM을 직렬로 연결하여 흐르는 전류값을 측정할 수 있다.

<Part2> Inductors

[3] 실험방법 및 예상결과

실험방법

(a) Fig. 4.2와 같이 회로를 구성한다. R_s 의 측정값을 기록한다. 인덕터 양단의 peak to peak 전압을 4V로 유지하도록 전원을 공급한 채로 주파수를 1 kHz, 3 kHz, 5 kHz, 7 kHz, 10 kHz로 바꿔가며 $V_{R(p-p)}$ 를 측정한다. 음의 법칙을 이용하여 I_{p-p} 를 계산한다. 각 주파수에 대한 $X_L(measured)$ 의 크기를 계산하여 기록한다.

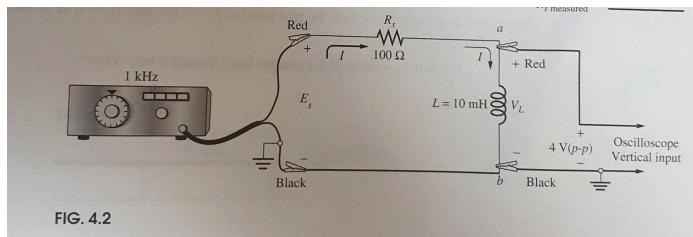


FIG. 4.2

(b) $X_L(calculated)$ 를 인덕턴스 표시값으로 계산한다.

(c) X_L 의 측정값과 계산값을 비교한다.

(d) $X_L - frequency$ 그래프를 Graph 4.1에 그린다. $f = 0\text{ Hz}$ 및 $X_L = 0\Omega$ 점도 같이 그린다.

(e) 그래프가 직선 형태로 나타났는지 확인한다. 그 이유를 설명한다.

(f) 그래프로부터 $f = 1.5\text{ kHz}$ 일 때의 리액턴스를 구하여 인덕턴스를 계산한다. 인덕턴스의 표시값과 비교한다.

예상결과

Table 4.2

Frequency	$V_{L(p-p)}$	$V_{R_S(p-p)}$	$I_{p-p} = \frac{V_{R_S(p-p)}}{R_S(meas.)}$	$X_L(measured) = \frac{V_{L(p-p)}}{I_{p-p}}$	$X_L(calculated) = 2\pi f L$
1 kHz	4V	6.37V	63.7mA		62.8Ω
3 kHz	4V	2.12V	21.2mA		188.5Ω
5 kHz	4V	1.27V	12.7mA		314.2Ω
7 kHz	4V	0.910V	9.10mA		439.8Ω
10 kHz	4V	0.637V	6.37mA		628.3Ω

$X_L = 2\pi f L$ 이므로, 각 주파수에 대하여 X_L 은 각각 62.8Ω, 188.5Ω, 314.2Ω, 439.8Ω, 628.3Ω이다.

따라서, $I_{p-p} = \frac{4}{X_L}$ 이므로, 각 주파수에 대하여 I_{p-p} 는 63.7mA, 21.2mA, 12.7mA, 9.10mA, 6.37mA이다.

$V_{R_S(p-p)} = I_{p-p} R_S$ 이므로, 각 주파수에 대한 $V_{R_S(p-p)}$ 는 6.37V, 2.12V, 1.27V, 0.910V, 0.637V이다.

Graph 4.1

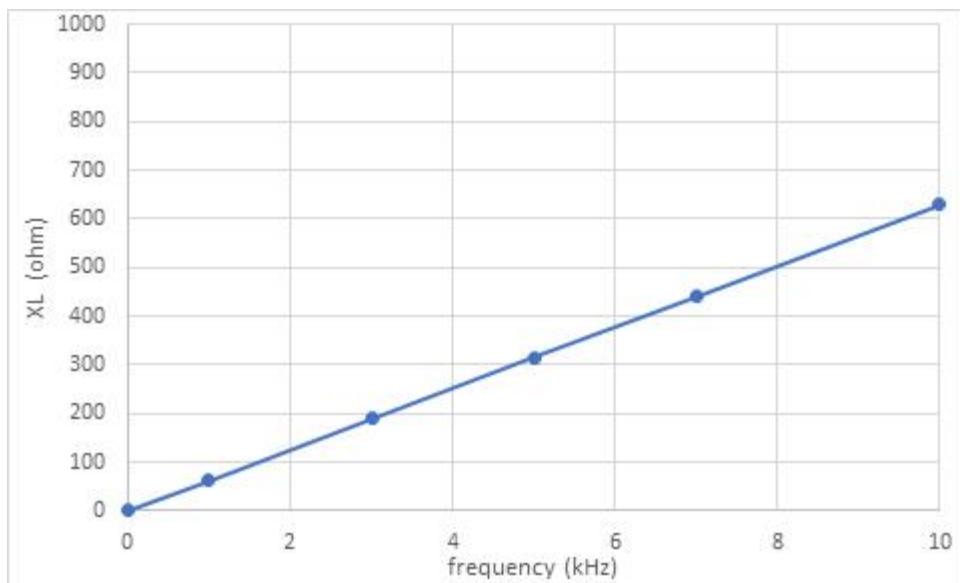


Table 4.2를 토대로 그래프를 작성하면 위의 그래프와 같다. 실험 측정값으로 그린 그래프가 직선 형태로 나타날 것이라고 예상할 수 있다. 그 이유는, 이상적인 인덕터는 $X_L = 2\pi f L$ 에 따르기 때문이다.

Table 4.3

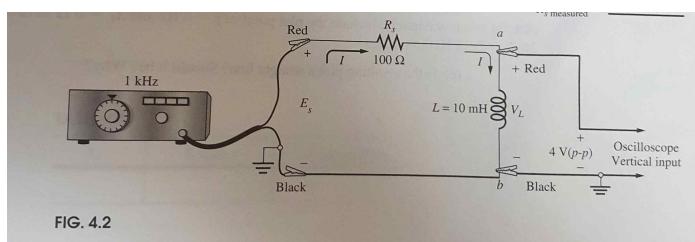
X_L	$L(calc.)$	$L(nameplate)$
94.2Ω	10mH	10mH

Graph 4.1에서, 그래프는 직선 형태이므로 $f = 1.5\text{kHz}$ 일 때 $X_L = 62.8 \times 1.5 = 94.2\Omega$ 이라고 예측할 수 있다.

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{94.2}{2\pi \times 1500} = 10\text{mH}$$

회로분석

Fig. 4.2



인덕터 양단에 걸리는 peak to peak 전압이 4V를 유지하도록 전원 공급을 설정해야 한다.

저항과 인덕터는 직렬로 연결되어 있으므로, $I_{p-p} = I_{R(p-p)} = I_{L(p-p)}$ 이다.

<Part 3> Capacitors

[3] 실험방법 및 예상결과

실험방법

(a) Fig. 4.3과 같이 회로를 구성한다. 저항의 측정값을 기록한다. 커패시터 양단의 peak to peak 전압이 4V가 되도록 전원을 공급한다. 커패시터 양단의 peak to peak 전압이 4V를 유지하도록 주파수를 100 Hz부터 2000 Hz까지 변화시켜가며 $V_{R_s(p-p)}$ 를 측정한다. 옴의 법칙을 이용하여 I_{p-p} 를 계산한다.

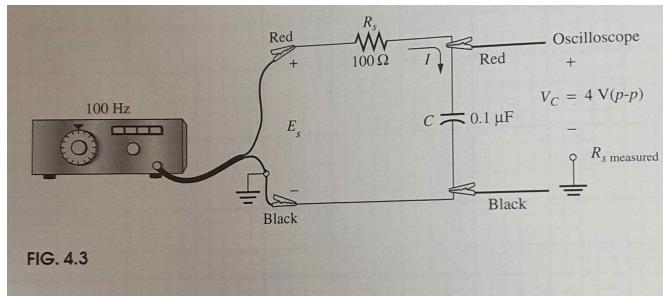


FIG. 4.3

(b) 각 주파수에 대하여 $X_C(measured) = \frac{V_{C(p-p)}}{I_{p-p}}$ 를 계산한다.

(c) 각 주파수에 대하여 $X_C(calculated) = \frac{1}{2\pi f C}$ 를 계산한다. 이때, $C = 0.1 \mu F$ 이다.

(d) X_C 의 측정값과 계산값을 비교한다.

(e) $X_C(measured) - frequency$ 그래프를 Graph 4.2에 그린다. 어떤 주파수에서 X_C 가 가장 크게 변하는지 확인한다. 그 그래프가 직선인지 아닌지 확인한다. part2의 $X_L - frequency$ 그래프와 비교한다.

(f) $f = 650 Hz$ 일 때 X_C 를 구한다. $C = \frac{1}{2\pi f X_C}$ 로 커패시턴스를 계산한다. 구한 커패시턴스를 표시값과 비교한다.

예상결과

Table 4.4

Frequency	$V_{C(p-p)}$	$V_{R_s(p-p)}$	I_{p-p}	$X_C(measured) = \frac{V_{C(p-p)}}{I_{p-p}}$	$X_C(calculated) = \frac{1}{2\pi f C}$
100 Hz	4V	0.0252V	0.252mA		15.9kΩ
200 Hz	4V	0.0503V	0.503mA		7.96kΩ
300 Hz	4V	0.0753V	0.753mA		5.31kΩ
400 Hz	4V	0.101V	1.01mA		3.98kΩ
500 Hz	4V	0.123V	1.26mA		3.18kΩ
800 Hz	4V	0.201V	2.01mA		1.99kΩ
1000 Hz	4V	0.252V	2.52mA		1.59kΩ
2000 Hz	4V	0.503V	5.03mA		0.796kΩ

$X_C(calculated) = \frac{1}{2\pi f C}$ 이므로, 각 주파수에 대한 X_C 는 15.9kΩ, 7.96kΩ, 5.31kΩ, 3.98kΩ, 3.18kΩ, 1.99kΩ, 1.59kΩ, 0.796kΩ이다.

$I_{p-p} = \frac{V_{C(p-p)}}{X_L} = \frac{4}{X_L}$ 이므로, 각 주파수에 대한 I_{p-p} 는 0.252mA, 0.503mA, 0.753mA, 1.01mA, 1.26mA, 2.01mA, 2.52mA, 5.03mA이다.

$V_{R_s(p-p)} = I_{p-p} R = I_{p-p} \times 100$ 이므로, 각 주파수에 대한 $V_{R_s(p-p)}$ 는 0.0252V, 0.0503V, 0.0753V, 0.101V, 0.126V, 0.201V, 0.252V, 0.503V이다.

Graph 4.2

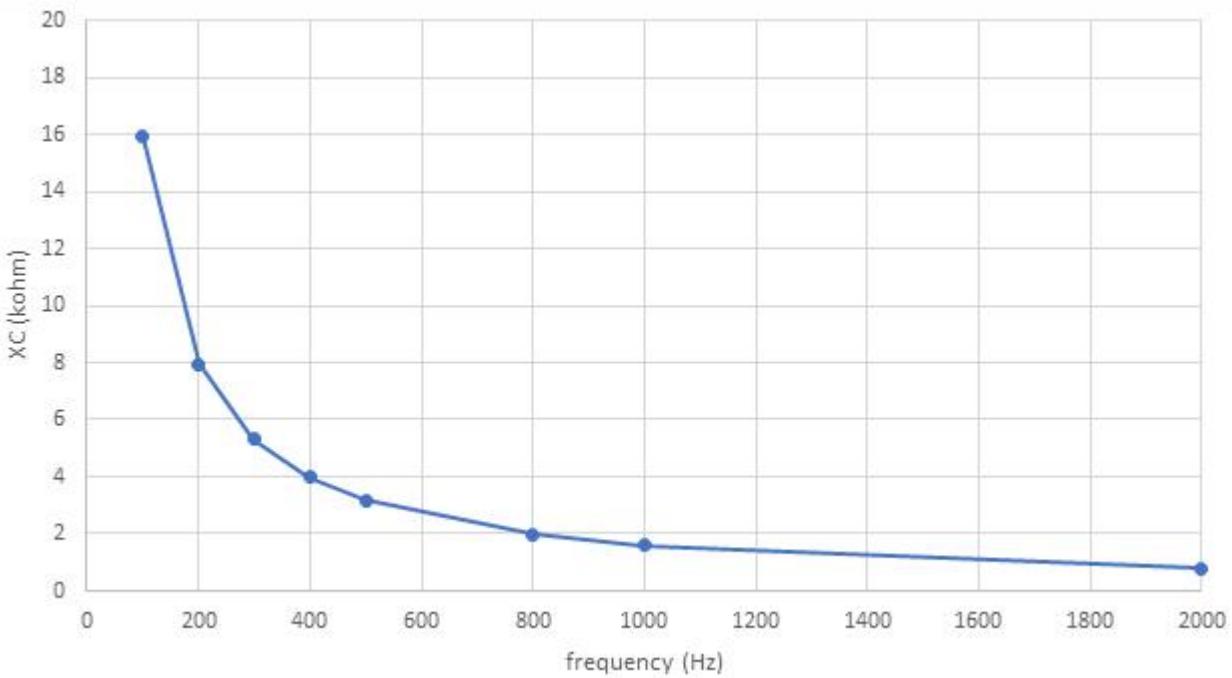


Table 4.4를 토대로 위와 같은 그래프를 작성할 수 있다. 주파수가 100Hz에서 200Hz로 변화할 때 X_L 값이 가장 크게 바뀌는 것을 확인할 수 있다. 그래프는 $X_L - f$ 그래프와는 달리 곡선 형태를 가지는 것을 알 수 있다. 이는 X_C 는 주파수에 반비례하는데 X_L 는 주파수에 정비례하기 때문이라고 생각된다.

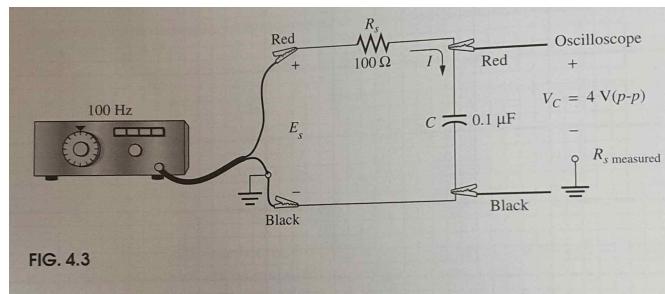
Table 4.5

X_C	$C(\text{calc.})$	$C(\text{nameplate})$
$2.45 \text{ } k\Omega$		$0.1 \mu\text{F}$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 650 \times 0.1 \times 10^{-6}} = 2.45 \text{ } k\Omega \text{ 이다.}$$

회로분석

Fig. 4.3



저항과 커패시터는 직렬로 연결되어 있으므로, $I_{p-p} = I_{R(p-p)} = I_{C(p-p)}$ 이다.

[4] 참고문헌

INTRODUCTORY CIRCUIT ANALYSIS / 12판 / Robert L. Boylestad, Gabriel

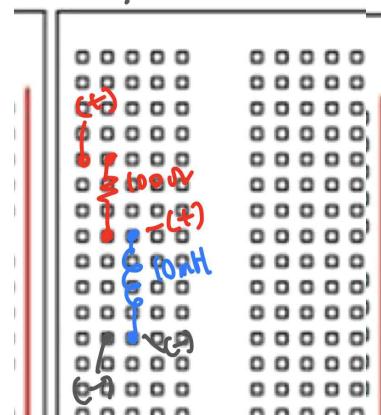
Kousourou / 2015 / Pearson / 288p~294p

Introductory Circuit Analysis / 13판 / Robert L. Boylestad / 2016 / Pearson/ 624p~636p

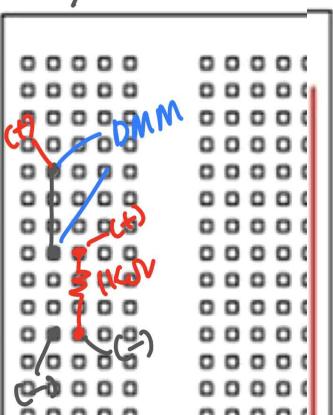
[5] 회로결선도

전자공학과 20202025 안준영 전자공학과 20202025 안준영 전자공학과 20202025 안준영

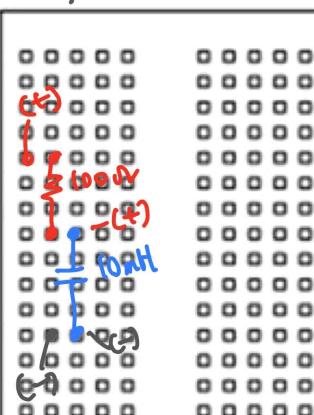
Ac4. part2



Ac4. part1



Ac4. part3



<part1>

[1] 실험이론

인덕터의 경우에, 주파수가 더 큰 값을 가지면 가질수록, 코일을 통하는 전류의 변화량이 더 커진다. 따라서, $v_L = L \frac{di_L}{dt}$ 에서, $i_L = I_m \sin \omega t$ 일 때 $v_L = L \frac{d}{dt}(I_m \sin \omega t) = LI_m(\omega \cos \omega t) = LI_m(\omega \sin \omega t + 90^\circ)$ 가 성립하게 된다. 리액턴스 $X_L = \omega L (\Omega)$ 이 성립한다.

음의 법칙을 적용하면 $X_L = \frac{V_m}{I_m} (\Omega)$ 이다. 이상적인 인덕터는 $X_L = \omega L = 2\pi f L = kf$, ($k = 2\pi L$) 을 따른다. 따라서, 주파수가 증가할수록 인덕터의 리액턴스는 증가하게 된다. 특히, $f = 0 Hz$ 일 때, 리액턴스는 0이 되므로, short circuit의 특성을 가지게 된다.

인덕터의 임피던스는 $Z_L = X_L \angle 90^\circ$ 이다. 직렬로 연결된 회로에서의 총 임피던스는 각 임피던스를 합한 값과 같다. 따라서 $Z_T = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_N$ 이다.

R-L 회로에서, 저항은 주파수에 무관하다. 따라서, 두 소자에 걸리는 전압은 주파수가 증가하면 증가한다.

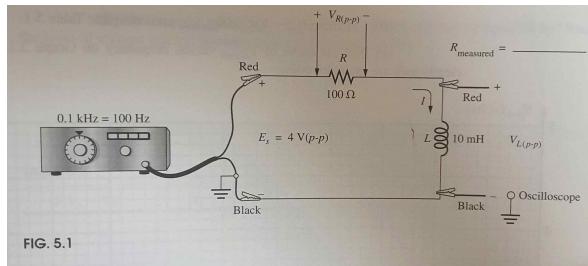
직렬 R-L 회로에서의 총 임피던스는 $Z_T = Z_R + Z_L$ 이다. $Z_R = R$ 이므로, $Z_T = R_T + jX_L = \sqrt{R_T^2 + Z_L^2} \Omega \angle \theta$ 이다. 여기서 $\theta = \tan^{-1}(\frac{X_L}{R})$ 이다.

[2] 실험장비

1. 저항 - 100Ω
2. 인덕터 - $10 mH$
3. DMM, 오실로스코프

[3] 실험방법 및 예상결과

(a) Fig. 5.1과 같이 회로를 구성하고 저항의 측정값을 기록한다.



(b) 공급 전압의 peak to peak 값이 4V가 되도록 유지한채로 주파수를 0.1 kHz에서 10 kHz까지 변경시켜가며 $V_{L(p-p)}$ 를 측정한다.

(c) supply의 전원을 끄고 R과 L의 위치를 바꾼다. 그리고 마찬가지로 공급 전압의 peak to peak가 4V인 채로 주파수를 변경해가면서 $V_{R(p-p)}$ 를 측정한다.

(d) $I_{p-p} = V_{R(p-p)} / R_{measured}$ 를 계산한다.

(e) $V_{L(p-p)} - frequency$ 그래프를 graph 5.1에 기록한다.

(f) $V_{R(p-p)} - frequency$ 그래프를 graph 5.1에 기록한다.

(g) 주파수가 증가함에 따라 저항과 인덕터에 걸리는 전압이 각각 어떻게 되는지 설명한다.

(h) 그래프에서 $V_L = V_R$ 인 지점에서 $X_L = R$ 인지 확인한다. 같아야 한다면 왜 같은지 설명한다. 그때의 전압과 X_L 과 R을 기록한다.

(i) $V_{L(p-p)}$, $V_{R(p-p)}$ 를 주파수가 5.6kHz 일 때 구한다. 두 값의 합을 구한다. 두 값의 합이 공급 전압의 peak to peak 값과 같은지 확인한다. 둘이 무슨 연관이 있는지 설명한다.

(j) graph 5.2에 $I_{p-p} - frequency$ 그래프를 작성한다.

(k) $V_{R(p-p)} - frequency$ 그래프와 $I_{p-p} - frequency$ 를 비교한다.

(l) 주파수가 8kHz 일 때 $X_L = 2\pi f L$ 과 인덕턴스 표시값을 이용하여 인덕터의 리액턴스를 계산한다. $X_L = \frac{V_{L(p-p)}}{I_{p-p}}$ 을 계산한다. 두 값을 비교한다.

(m) 주파수가 5kHz일 때 $V_{L(p-p)} = \sqrt{E_{S(p-p)}^2 - V_{R(p-p)}^2}$ 을 계산한다. Table 5.1에서의 값과 비교한다.

(n) 인덕터가 낮은 주파수에서 단락 회로로 작동하고 높은 주파수에서 open circuit으로 작동하는지 확인한다.

예상결과

Table 5.1

Frequency	$V_{L(p-p)}$	$V_{R(p-p)}$	I_{p-p}
0.1 kHz	0.283V	3.99V	39.9 mA
1 kHz	2.12V	3.39V	33.9 mA
2 kHz	3.13V	2.49V	24.9 mA
3 kHz	3.53V	1.88V	18.8 mA
4 kHz	3.72V	1.48V	14.8 mA
5 kHz	3.81V	1.21V	12.1 mA
6 kHz	3.87V	1.03V	10.3 mA
7 kHz	3.90V	0.887V	8.87 mA
8 kHz	3.92V	0.781V	7.81 mA
9 kHz	3.94V	0.697V	6.97 mA
10 kHz	3.95V	0.629V	6.29 mA

$X_L = 2\pi f L$ 이므로, 각 주파수에 대한 인덕터의 리액턴스는 6.28, 62.8, 126, 188, 251, 314, 377, 440, 502, 565, 628 (Ω)이다.

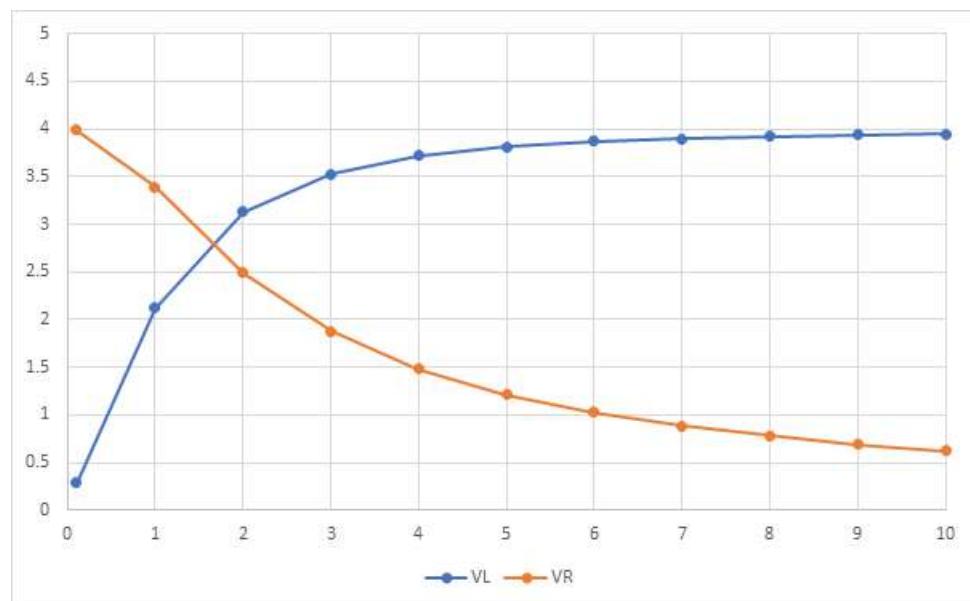
따라서 각 주파수에 대하여 $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ 는 100.2, 118.1, 160.5, 213.3, 270.4, 329.5, 389.8, 450.8, 512.3, 574.0, 635.9(Ω)이다.

$I_{p-p} = \frac{V_{p-p}}{Z}$ 이므로, 각 주파수에 대한 I_{p-p} 는 39.9, 33.9, 24.9, 18.8, 14.8, 12.1, 10.3, 8.87, 7.81, 6.97, 6.29 mA이다.

$R = 100 \Omega$ 이므로, $V_{R(p-p)} = I_{p-p} R$ 이다. 각 주파수에 대한 $V_{R(p-p)}$ 는 3.99, 3.39, 2.49, 1.88, 1.48, 1.21, 1.03, 0.887, 0.781, 0.697, 0.629 V이다.

$E_{S(p-p)}^2 = V_{L(p-p)}^2 + V_{R(p-p)}^2$ 이므로, 각 주파수에 대한 $V_{L(p-p)}$ 는 0.283, 2.12, 3.13, 3.53, 3.72, 3.81, 3.87, 3.90, 3.92, 3.94, 3.95 V이다.

Graph 5.1



그래프를 보면, 주파수가 증가할수록 인덕터 양단에 걸리는 전압은 증가하고, 저항에 걸리는 전압은 감소하는 것을 알 수 있다.

$V_L = V_R$ 라면, $4^2 = 16 = V_L^2 + V_R^2$ 이므로 $V_R = V_L = 2.83 V$ 이다. 따라서, $I_{p-p} = \frac{2.83}{R} = \frac{2.83}{Z_L}$ 이므로, $X_L = R$ 이다.

Table 5.2

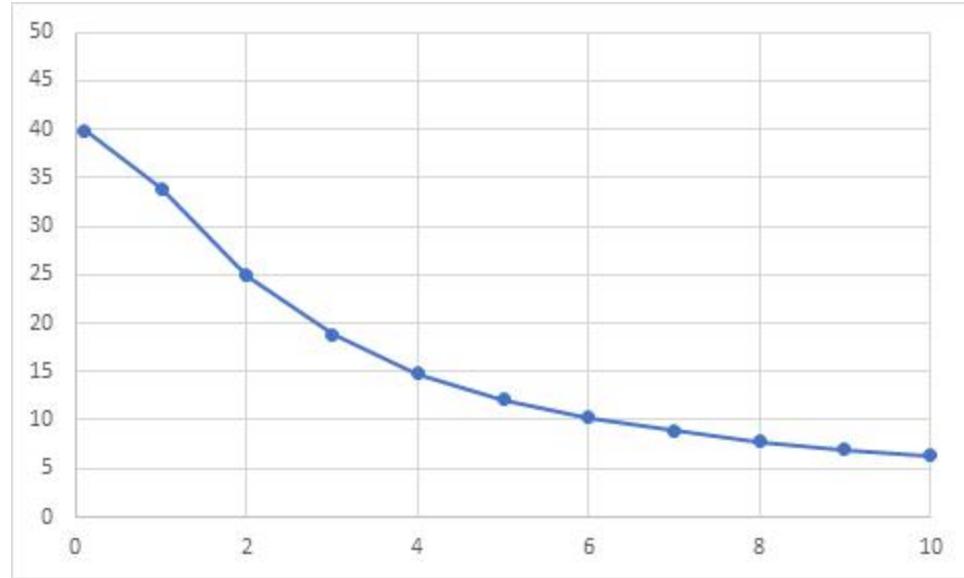
V	X_L	R
2.83V	100Ω	100Ω

Table 5.3

$V_{L(p-p)}$	$V_{R(p-p)}$	Sum
3.85V	1.09V	4.94V

주파수가 5.6kHz일 때, $X_L = 2\pi f L = 352\Omega$ 이다. 따라서 $Z = \sqrt{352^2 + 100^2} = 366\Omega$ 이다. 따라서 $I_{p-p} = \frac{4}{366} = 10.9mA$ 이다. 그러므로 $V_{R(p-p)} = 10.9mA \times 100\Omega = 1.09V$ 이고, $V_{L(p-p)} = \sqrt{4^2 - 1.09^2} = 3.85V$ 이다. 두 값의 합은 4V가 아니다. 공급되는 전원이 교류 전원이기에 두 전압에는 위상 차이가 존재하기 때문이다.

Graph 5.2



$V_{R(p-p)}$ – frequency와 비교하면, 두 그래프 모두 주파수가 증가함에 따라 (전압, 전류)값이 감소하는 경향을 보인다. 그 이유는 인덕터의 리액턴스가 주파수가 증가하면 커지기 때문이다.

Table 5.4

	Calculated	From Table 5.1 data
X_L	502Ω	502Ω

$$\text{Calculated : } X_L = \frac{3.92 V}{7.81 mA} = 502\Omega$$

Table 5.5

	Calculated	measured
$V_{L(p-p)}$	3.81V	

Table 5.1에서 계산한 값을 가져왔다.

낮은 주파수에서, 인덕터의 리액턴스는 0에 가까우므로 회로의 총 임피던스가 저항과 같아진다. 따라서 인덕터는 쇼트 회로와 같이 보아도 된다. 또한, 높은 주파수에서 인덕터의 리액턴스가 무한대로 가게 된다면, 회로의 총 임피던스가 무한대로 가므로 오픈된 회로로 보아도 된다.

회로분석

Fig. 5.1

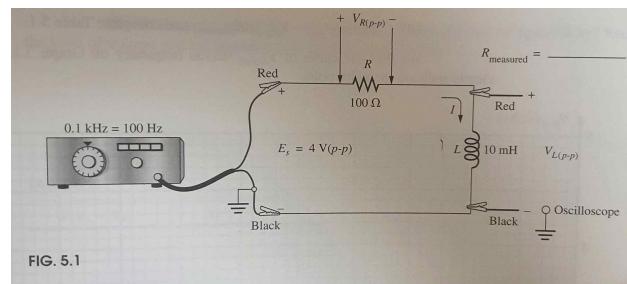


FIG. 5.1

인덕터 양단에 걸리는 peak to peak 전압이 4V를 유지하도록 전원 공급을 설정해야 한다.

저항과 인덕터는 직렬로 연결되어 있으므로, $I_{p-p} = I_{R(p-p)} = I_{L(p-p)}$ 이다.

[4] 참고문헌

INTRODUCTORY CIRCUIT ANALYSIS / 12판 / Robert L. Boylestad, Gabriel

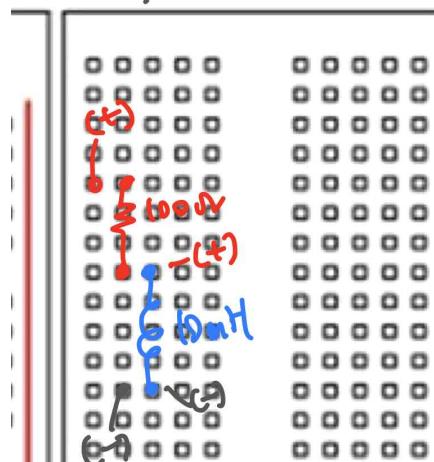
Kousourou / 2015 / Pearson / 300p~305p

Introductory Circuit Analysis / 13판 / Robert L. Boylestad / 2016 / Pearson/ 624p~636p, 678p~681p

[5] 회로결선도

전자공학과 20202025 안준영

Ac5. part1



[1] 실험이론

커패시터의 경우에, 양단의 전압의 변화가 있는 경우에 커패시턴스가 크면 클수록 커패시터 전류의 크기가 커지게 된다. 즉, 일정한 커피시턴스 값을 가질 때, 양단의 전압의 변화량이 커지면 커질수록, 전류의 크기가 커지게 된다. 따라서, $i_C = C \frac{dv_C}{dt}$ 에서 $v_C = V_m \sin \omega t$ 일 때, $i_C = C \frac{d}{dt} (V_m \sin \omega t) = \omega C V_m \cos \omega t = \omega C V_m \sin(\omega t + 90^\circ)$ 가 성립하게 된다. 커패시터에 흐르는 전류가 커진다는 것은, 커패시터의 저항 성분, 즉 리액턴스가 감소함을 의미한다. 커패시터의 리액턴스는 $X_C = \frac{1}{\omega C} (\Omega)$ 이고 옴의 법칙에 적용하면 $X_C = \frac{V_m}{I_m} (\Omega)$ 이다. 이상적인 커패시터의 리액턴스는 $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ 를 따르기 때문에, 주파수가 커지면 커패시터의 리액턴스는 감소하게 된다.

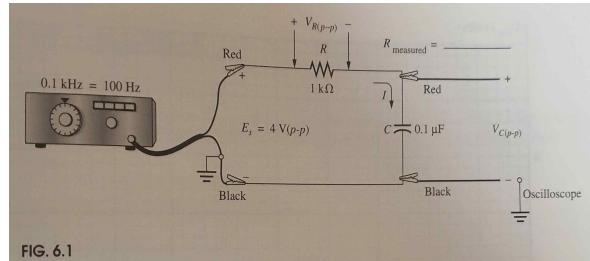
따라서, 직렬 R-C 회로에서, 공급하는 교류 전압의 주파수가 증가하면 커패시터에 걸리는 전압은 감소한다. $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ 이기 때문이다. 주파수가 증가하면 커패시터의 리액턴스는 감소하므로, 저항에 걸리는 전압은 증가하고 커패시터에 걸리는 전압은 감소한다. 직렬 R-L 회로에서와 마찬가지로, $E_{S(p-p)}^2 = V_{R(p-p)}^2 + V_{C(p-p)}^2$ 가 성립한다. $Z_T = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_N$ 또한 직렬 회로이므로 성립한다. 이

[2] 실험장비

1. 저항 - $1k\Omega$
2. 커패시터 - $0.1\mu F$
3. DMM, 오실로스코프

[3] 실험방법 및 예상결과

- (a) Fig. 6.1과 같이 회로를 구성하고 저항의 측정값을 기록한다.



- (b) 공급 전압의 peak to peak 값이 4V가 되도록 유지한채로 주파수를 0.1 kHz에서 10 kHz까지 변경시켜가며 $V_{C(p-p)}$ 를 측정한다.

- (c) supply의 전원을 끄고 R과 L의 위치를 바꾼다. 그리고 마찬가지로 공급 전압의 peak to peak가 4V인 채로 주파수를 변경해가면서 $V_{R(p-p)}$ 를 측정한다.

- (d) $I_{p-p} = V_{R(p-p)} / R_{measured}$ 를 계산한다.

- (e) $V_{C(p-p)} - frequency$ 그래프를 graph 5.1에 기록한다.

- (f) $V_{R(p-p)} - frequency$ 그래프를 graph 5.1에 기록한다.

- (g) 주파수가 증가함에 따라 저항과 커패시터에 걸리는 전압이 각각 어떻게 되는지 설명한다.

- (h) 그래프에서 $V_C = V_R$ 인 지점에서 $X_C = R$ 인지 확인한다. 같아야 한다면 왜 같은지 설명한다. 그때의 전압과 X_C 과 R을 기록한다.

- (i) $V_{C(p-p)}$, $V_{R(p-p)}$ 를 주파수가 3.6kHz일 때 구한다. 두 값의 합을 구한다. 두 값의 합이 공급 전압의 peak to peak 값과 같은지 확인한다. 둘이 무슨 연관이 있는지 설명한다.

- (j) graph 5.2에 $I_{p-p} - frequency$ 그래프를 작성한다.

- (k) $V_{R(p-p)} - frequency$ 그래프와 $I_{p-p} - frequency$ 를 비교한다.

- (l) 주파수가 6kHz 일 때 $X_L = 2\pi f L$ 과 인덕턴스 표시값을 이용하여 인덕터의 리액턴스를 계산한다. $X_C = \frac{V_{C(p-p)}}{I_{p-p}}$ 을 계산한다. 두 값을 비교한다.

- (m) 주파수가 6kHz일 때 $V_{L(p-p)} = \sqrt{E_{S(p-p)}^2 - V_{R(p-p)}^2}$ 을 계산한다. Table 5.1에서의 값과 비교한다.
(n) 인덕터가 낮은 주파수에서 open circuit으로 작동하고 높은 주파수에서 단락 회로로 작동하는지 확인한다.

예상결과

Table 6.1

Frequency	$V_{C(p-p)}$ (V)	$V_{R(p-p)}$ (V)	I_{p-p} (mA)
0.1 kHz	3.99	0.252	0.252
0.2 kHz	3.97	0.499	0.499
0.5 kHz	3.82	1.20	1.20
1 kHz	3.39	2.13	2.13
2 kHz	2.49	3.13	3.13
4 kHz	1.52	3.70	3.70
6 kHz	0.972	3.88	3.88
8 kHz	0.796	3.92	3.92
10 kHz	0.564	3.96	3.96

$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ 를 각 주파수에 대입하여 X_C 를 구하면, 15.9, 7.96, 3.18, 1.59, 0.796, 0.398, 0.265, 0.199, 0.159($k\Omega$)이다.

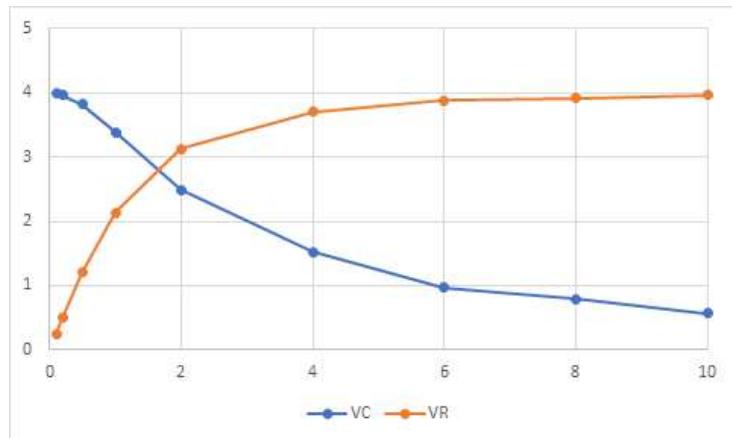
따라서 각 주파수에 대하여 Z_T 를 구하면, 15.9, 8.02, 3.33, 1.88, 1.28, 1.08, 1.03, 1.02, 1.01($k\Omega$)이다.

따라서 I_{p-p} 는 0.252, 0.499, 1.20, 2.13, 3.13, 3.70, 3.88, 3.92, 3.96(mA)이다.

$V_{R(p-p)}$ 는 0.252, 0.499, 1.20, 2.13, 3.13, 3.70, 3.88, 3.92, 3.96(V)이다.

$V_{L(p-p)} = \sqrt{16 - V_{R(p-p)}^2}$ 이므로, 3.99, 3.97, 3.82, 3.39, 2.49, 1.52, 0.972, 0.796, 0.564(V)이다.

Graph 6.1



그래프를 보면, 주파수가 증가함에 따라 축전기 양단의 전압차는 감소하는 것을 확인할 수 있고 저항에 걸리는 전압은 증가하는 것을 확인할 수 있다.

$V_C = V_R$ 이라면 $I_{p-p} = \frac{V_C}{X_C} = \frac{V_R}{R}$ 에서, $X_C = R$ 임을 유추할 수 있다.

$V_C = V_R$ 라면, $4^2 = 16 = V_C^2 + V_R^2$ 이므로 $V_C = V_L = 2.83 V$ 이다.

Table 6.2

V	X_C	R
2.83 V	1000 Ω	1000 Ω

Table 6.3

$V_{C(p-p)}$	$V_{R(p-p)}$	Sum
1.61V	3.66V	5.27V

주파수가 3.6kHz일 때, $X_C = \frac{1}{2\pi \times 3600 \times 0.1 \times 10^{-6}} = 442\Omega$ 이다. $Z = \sqrt{442^2 + 1000^2} = 1.09k\Omega$ 이다.

따라서 $I_{p-p} = \frac{4}{1093} = 3.66mA$ 이고, $V_{R(p-p)} = 3.66V$ 이다. $V_{C(p-p)} = \sqrt{16 - 3.66^2} = 1.61V$ 이다.

두 값의 합은 5.27V이다. 두 값의 합은 4V가 아니다. 공급되는 전원이 교류 전원이기에 두 전압에는 위상 차이가 존재하기 때문이다.

Graph 6.2

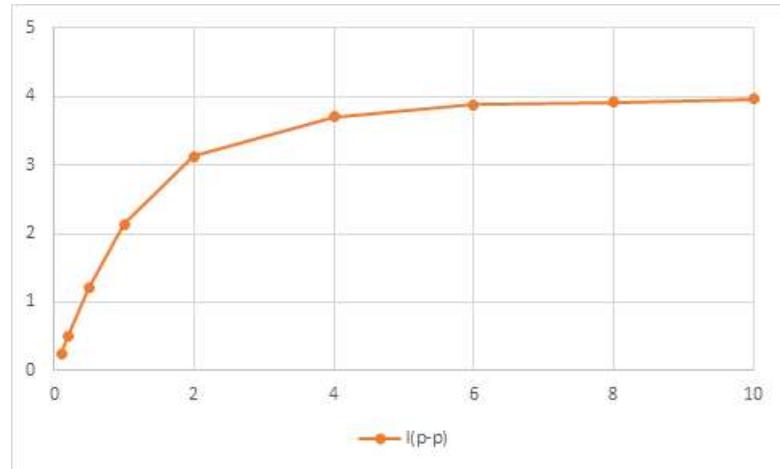


Table 6.4

	Calculated	Table 6.2
X_C	265Ω	265Ω

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 6000 \times 0.1 \times 10^{-6}} = 265\Omega$$

Table 6.5

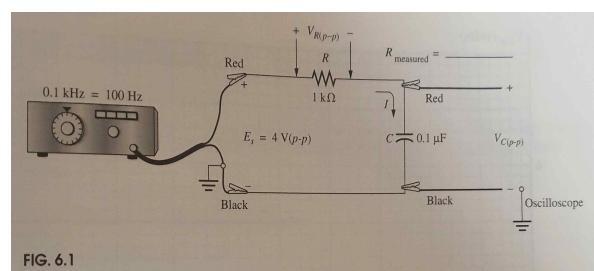
	Calculated	measured
$V_{C(p-p)}$	0.972V	

Table 6.1의 계산값을 사용했다.

높은 주파수에서, 커패시터의 리액턴스는 0에 가까우므로 회로의 총 임피던스가 저항과 같아진다. 따라서 커패시터는 쇼트 회로와 같이 보아도 된다. 또한, 낮은 주파수에서 커패시터의 리액턴스가 무한대로 가게 된다면, 회로의 총 임피던스가 무한대로 가므로 오픈된 회로로 보아도 된다.

회로분석

Fig. 6.1



저항과 커패시터는 직렬로 연결되어 있으므로, $I_{p-p} = I_{R(p-p)} = I_{C(p-p)}$ 이다.

[4] 참고문헌

INTRODUCTORY CIRCUIT ANALYSIS / 12판 / Robert L. Boylestad, Gabriel

Kousourou / 2015 / Pearson / 314p~319p

Introductory Circuit Analysis / 13판 / Robert L. Boylestad / 2016 / Pearson/ 624p~636p, 678p~681p

[5] 회로결선도

전자공학과 20202025 안준영

Ac6. part1

