

실험 결과 보고서 (12주차)

학 번 :
이 름 :
제출일 : 2020.06.02
분 반 : 004
실험조 : 1

1. 실험 제목 : Capacitive Reactance

2. 실험 목적 :

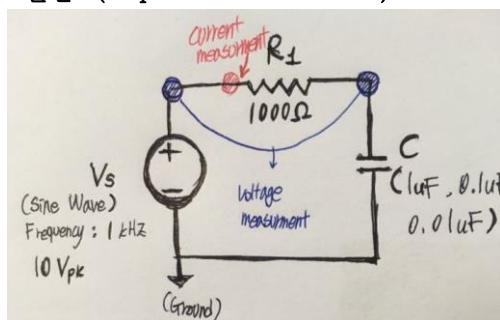
- (가) 지정된 주파수에서 캐패시터의 용량성 리액턴스를 측정합니다.
(나) 직렬 및 병렬로 연결된 캐패시터의 리액턴스를 비교합니다.

3. 실험 준비 :

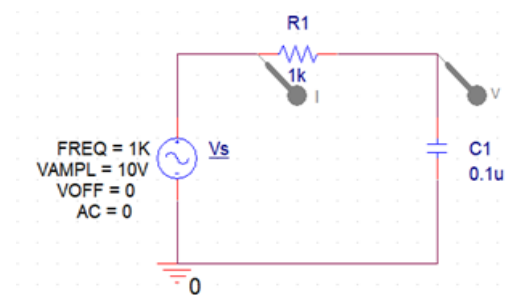
- (가) 장비 세팅: 개인용 노트북 혹은 데스크탑의 Orcad Pspice
(나) 사용 기구 및 부품: Orcad Pspice 프로그램

4. 실험결과

-실험1 (Capacitive Reactance)



[그림1] 실험 회로도

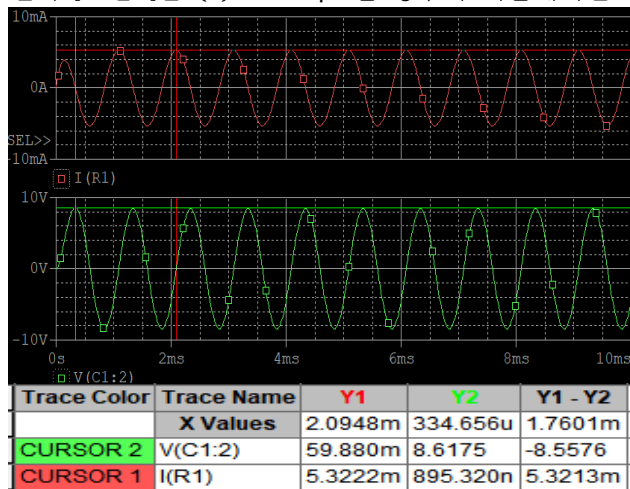
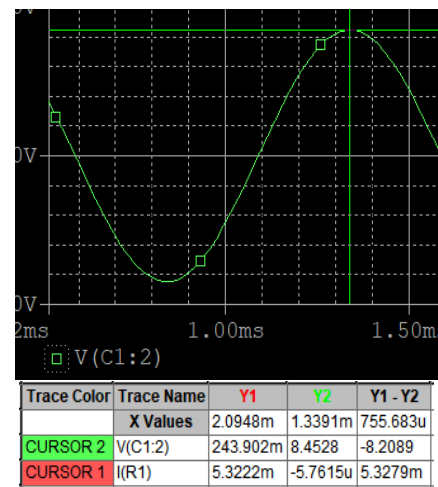


[그림2] Pspice 이용한 회로 설계

[그림1]과 같은 회로에서는 Sine wave의 전압을 만들어 주고 저항과 Capacitor를 연결하여 회로를 구성합니다. 이 때 관찰할 수 있는 것은 Reactance가 되는데 Capacitor로 구성된 회로에서는 리액턴스 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$ 로 나타낼 수 있습니다. 이 경우 sine wave의 전압을 가지고 이때의 주파수가 1000kHz이므로 리액턴스 X_C 를 계산 가능합니다. 즉, 측정을 통하지 않은 계산의 경우 $X_{(C=0.01\mu F)} = \frac{1}{2\pi(10^3)(0.01 \times 10^{-6})} \cong 15915.49$, $X_{(C=0.1\mu F)} = \frac{1}{2\pi(10^3)(0.1 \times 10^{-6})} \cong 1591.54$, $X_{(C=1\mu F)} = \frac{1}{2\pi(10^3)(1 \times 10^{-6})} \cong 159.15$ 의 값을 가지는 것을 알 수 있습니다. 이제 [그림2]의 회로의 시뮬레이션 결과 파형을 Cursor로 분석하여 각각의 리액턴스(X_C)를 계산하여 보고 그 후에 설정한 Capacitor과 같은 결과가 나오는지 확인해보도록 하겠습니다. 그렇게 하기 위해서는 먼저 시뮬레이션을 통하여 정해지거나 구할 수 있는 측정값은 f , V_C , I_C 의 값입니다. 회로에 흐르는 전류를 I_T 라 한다면 I_C 값은 I_T 와 동일합니다. 측정한 V_C , $I_C(=I_T)$ 를 통하여 리액턴스(X_C)의 값을 계산하여 이를 다시 $C = \frac{1}{2\pi f X_C}$ 의 관계식에 대입하여 이 때의 C의 값이 과연 실제 회로에서 설정한 Capacitor의 값과 동일한지 확인하는 방법을 사용할 것입니다.

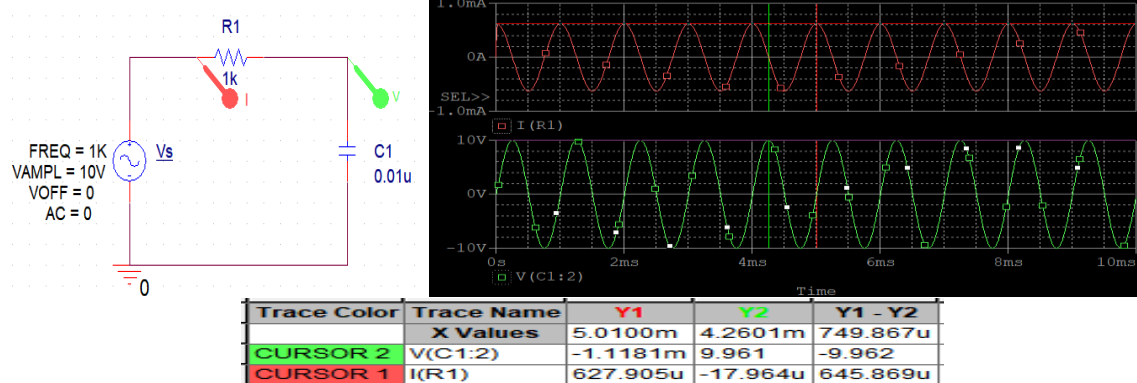
[그림2]와 같이 회로를 Pspice로 구성한 후 (1) $C = 0.1\mu F$, (2) $C = 0.01\mu F$, (3) $C = 1\mu F$ 로

설정하여 각각의 C의 값의 변화에 따른 리액턴스 값의 측정과 비교를 해보도록 하겠습니다. 먼저 [그림3]은 (1) $C = 0.1\mu F$ 일 경우의 시뮬레이션 결과 파형입니다.

[그림3] $C = 0.1\mu F$ 일 경우 시뮬레이션 분석 결과

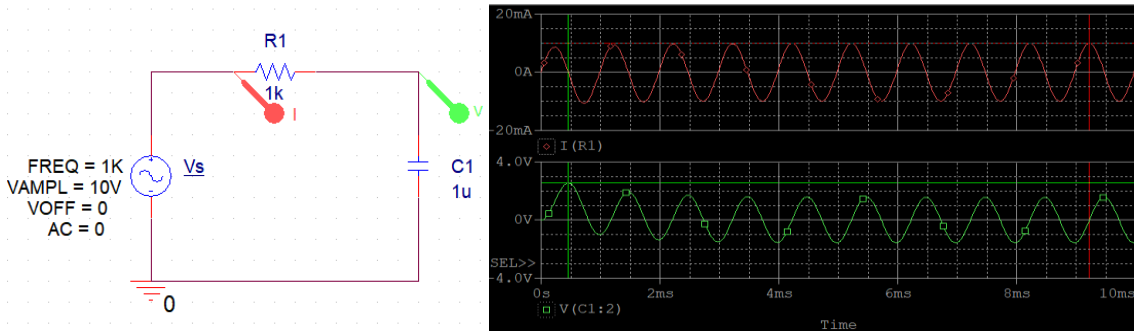
[그림4]

[그림3]과 같이 Cursor를 이용하여 V_C , I_C 의 최대값을 측정하면 $V_C = 8.6175(V)$, $I_C = 5.3222(mA)$ 가 됨을 알 수 있습니다. 이 때 [그림3]의 V_C 의 측정에서는 과도특성중인 구간의 V_C 가 측정이 되었으므로 [그림4]와 같이 정상특성중인 구간을 측정하여 측정의 오류가 생기지 않도록 하였습니다. 따라서 [그림4]를 통하여 $V_C = 8.4528(V)$ 임을 알 수 있습니다. 측정 결과를 통한 $X_C = \frac{V_C}{I_C} = \frac{8.4528}{5.3222 \times 10^{-3}} \cong 1588.22(\frac{V}{A})$ 임을 알 수 있습니다. 따라서 측정을 통해 구한 X_C 와 계산을 통한 X_C 는 대략 0.2%의 오차를 가지며 이 정도는 서로 같은 값이며 시뮬레이션의 측정 오차라고 생각할 수 있습니다. 따라서 이러한 X_C 를 바탕으로 Capacitance의 값을 구하면 $C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi(10^3)(1588.22)} \cong 0.10(\mu F)$ 임을 알 수 있습니다. 따라서 Capacitance의 값이 동일 하다는 것을 시뮬레이션을 통해 알 수 있습니다.

[그림5] $C = 0.01\mu F$ 일 경우 회로도 및 시뮬레이션 분석 결과

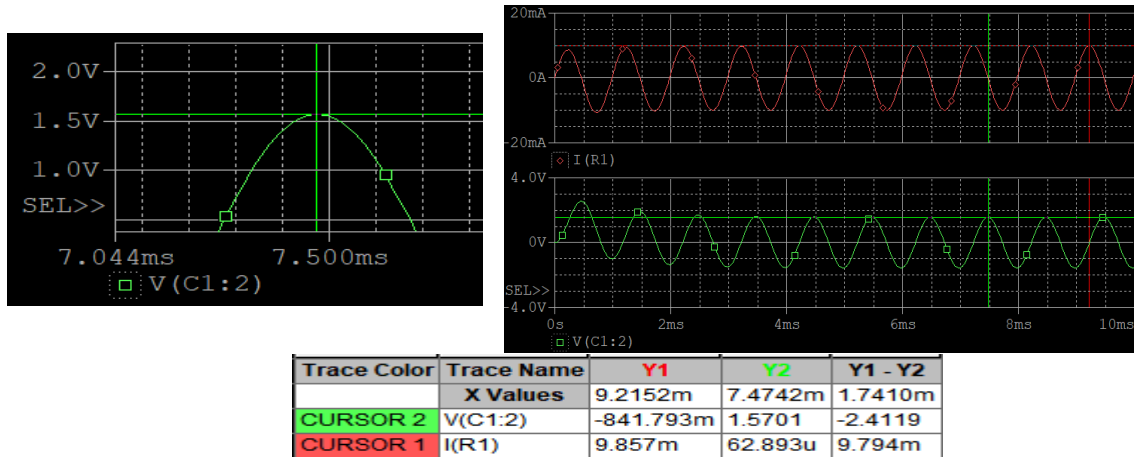
Capacitance의 값을 $0.01\mu F$ 로 바꾸어 시뮬레이션 결과파형을 측정하면 [그림5]와 같습니다. Cursor의 통한 측정에서 과도특성의 결과를 제외하고 정상 특성의 값의 V 를 측정하였습니다. V_C , I_C 의 최대값을 측정하면 $V_C = 9.961(V)$, $I_C = 627.905(\mu A)$ 가 됨을 알 수 있습니다. 측정 결과를 통한 $X_C = \frac{V_C}{I_C} = \frac{9.961}{627.905 \times 10^{-6}} \cong 15863.86(\frac{V}{A})$ 임을 알 수 있습니다. 이 때 측정을 통한 계산이

아닌 f, C 를 통한 X_C 의 오차를 확인하면 약 0.3%의 오차가 생기며 이는 측정오차라고 할 수 있습니다. 따라서 X_C 의 값이 같다는 것을 알 수 있습니다. 시뮬레이션 측정을 통한 $X_C = 15863.86(\frac{V}{A})$ 를 이용하여 Capacitance를 측정하면 $C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi(10^3)(15863.86)} \cong 0.1(\mu F)$ 임을 계산 가능하며 이는 Capacitance의 값이 동일하다고 할 수 있습니다.



[그림6] $C = 1\mu F$ 일 경우 회로도 및 시뮬레이션 실행 결과(과도특성)

$C=1\mu F$ 로 바꾼 후에 시뮬레이션 결과 [그림6]에서 확인 가능합니다. 이때 Cursor를 이용한 V_C, I_C 의 측정에서 V_C 의 파형에서는 과도특성이 매우 잘 관측되고 Max의 지점이 과도특성의 부분에서 걸려 오차가 생길 확률이 크다는 것을 알 수 있습니다. 따라서 과도특성이 아닌 정상 특성에서의 V_C 를 구하기 위하여 [그림7]과 같은 과정을 통한 V_C, I_C 의 최대 값을 구할 수 있습니다.



[그림7] 과도특성이 아닌 정상특성의 V_C 측정 및 시뮬레이션 분석 결과

[그림7]을 통하여 V_C, I_C 의 최대값을 측정하면 $V_C = 1.5701(V)$, $I_C = 9.857(mA)$ 가 됨을 알 수 있습니다. 측정 결과를 통한 $X_C = \frac{V_C}{I_C} = \frac{1.5701}{62.893 \times 10^{-6}} \cong 159.29(\frac{V}{A})$ 임을 알 수 있습니다. 이 때 측정을 통한 계산이 아닌 f, C 를 통한 X_C 의 오차를 확인하면 약 0.08%의 오차가 생기며 이는 측정 오차라고 할 수 있습니다. 따라서 X_C 의 값이 같다는 것을 알 수 있습니다. 시뮬레이션 측정을 통한 $X_C = 159.29(\frac{V}{A})$ 를 이용하여 Capacitance를 측정하면 $C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi(10^3)(159.29)} \cong 1.00(\mu F)$ 임을 계산 가능하며 이는 Capacitance의 값이 동일하다고 할 수 있습니다.

따라서 다음의 실험의 결과들을 표로 정리하면 [표1]과 같은 정리를 할 수 있습니다.

기본 값				측정값(Max)		계산값		(계산)	
C[uF]	R	freq	Vs [V]	Vc [V]	Ic [mA]	Xc (=Vc/It)	Capacitance[uF] = $1/(2(3.14)(\text{freq})(X_c))$	Xc	오차(%)
0.01	1000	1000	10	9.96	0.63	15863.86	0.01	15923.57	0.37
0.1	1000	1000	10	8.45	5.32	1588.22	0.10	1592.36	0.26
1	1000	1000	10	1.57	9.86	159.29	1.00	159.24	0.03

[표1] 실험의 결과 값

5. 고찰

이번 실험을 통하여 리액턴스의 개념에 대하여 알 수 있었습니다. 리액턴스는 주파수와 관련이 있으나 실제로 회로에서는 저항과 유사하다는 것을 알 수 있었습니다. $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$ 의 계산과 $X_C = \frac{V_c}{I_c}$ 의 측정값 비교를 통하여 저항인 $R = \frac{V}{I}$ 의 관계와 매우 유사하다는 것을 알 수 있었습니다. Capacitor의 경우 에너지를 축적하는 역할을 하며 Sine wave의 전압원의 경우 전압이 순간순간 변화하며 에너지를 방출, 충전하게 되는데 이러한 리액턴스가 마치 저항과 같은 역할을 하며 이러한 역할로 Capacitor의 크기를 결정함을 알 수 있었습니다. 즉 $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{V_c}{I_c}$ 의 관계를 통하여 $C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{I_t}{2\pi f V_c}$ 를 알 수 있었으며 Capacitor과 전압, 전류, 주파수의 관계를 알 수 있었습니다.