

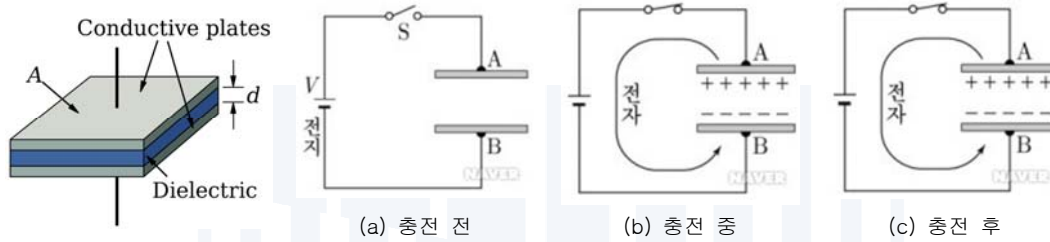
축전기의 전기용량 측정

1. 실험 목적

축전기를 여러 가지 방법으로 연결하여 합성 전기용량을 측정한다.

2. 이론

2.1. 축전기의 역할 및 구조



[그림 1] 평행판 축전기

[그림 2] 축전기의 충전 과정

축전기(Capacitor, 또는 콘덴서)는 기본적으로 [그림 1]과 같이 도체로 된 두 개의 극판 사이에 유전체(Dielectric)가 삽입되어있는 형태를 가진다. 유전체로는 종이, 운모, 유리, 세라믹, 전해질 등과 같은 절연체를 사용한다. 이러한 구조의 축전기에 전하 혹은 전기에너지를 저장할 수 있다.

[그림 2]의 (a)처럼 회로를 구성한 뒤 스위치 S를 닫으면 극판 A에와 극판 B에는 각각 같은 양의 양전하와 음전하가 모이게 되며 그 전하량은 회로에 인가된 전압에 비례한다.

2.2. 축전기에 모이는 전하량과 전기용량

축전기에 모인 전하량을 Q , 축전기에 인가된 전압을 V 라고 하면 전하량은 전압에 비례하여 비례상수 C 를 이용하면

$$Q = CV \tag{1}$$

로 표현할 수 있다. 여기에서 C 는 축전기가 전하를 축적할 수 있는 능력의 정도를 나타내는 상수로서 전기용량(Capacitance)이라고 하며, 그 단위는 패럿(farad, F)이다. 일반적으로 패럿은 너무 큰 단위이기 때문에 기본단위로 pF (pico Farad)을 많이 사용한다. 여기에서 pico-는 10^{-12} 을 의미한다.

여러 종류의 축전기 중 가장 기본적인 예시는 두 개의 금속판을 평행하게 배치한 평행판 축전기이다. 평행판 축전기의 전기용량은 금속판의 면적(A)에 비례하고 금속판 사이의 거리(d)에 반비례한다.

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \tag{2}$$

여기에서 ϵ 는 금속판 사이에 있는 절연체의 유전율(permittivity, F/m)에 해당한다.

2.3. 축전기의 연결

2.3.1 직렬 연결

만약 축전기를 [그림 3]과 같이 직렬로 연결하면 직렬 연결된 각 축전기에 축적되는 전하량은 축전기의 전기용량에 상관없이 일정하다.

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q \quad (3)$$

이 때 전체 전압은 각 축전기의 전압을 더한 것과 같아야 하므로 다음과 같다.

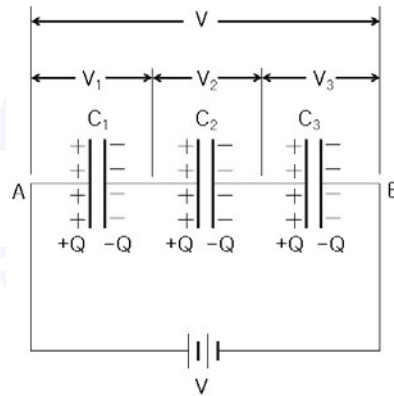
$$V_1 + V_2 + V_3 = V \quad (4)$$

또한 식 (1)에 의해 $V = Q/C$ 이므로 합성전기용량 C_{eq} 는 다음의 관계식을 갖는다.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (5)$$

즉, 등가 전기용량의 역수는 각 전기용량의 역수의 합이며, 가장 작은 축전기의 전기용량보다 항상 더 작게 된다. 예를 들어, 같은 전기용량을 갖는 두 개의 축전기를 직렬로 연결하면 한 개의 전기용량의 1/2 이 되고 3 개를 연결하면 한 개의 전기용량의 1/3 이 된다. 일반적으로 직렬 연결한 n 개의 축전기에 대해 합성 전기용량은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_j \frac{1}{C_j} \quad (6)$$



[그림 3] 축전기의 직렬연결

2.3.2 병렬 연결

축전기를 [그림 4]와 같이 병렬로 연결하고 축전기 양단에 전압 V 를 인가하면, 모든 축전기는 V 의 전압이 인가되고 각 축전기당 축적되는 전하는

$$Q_1 = C_1 V, \quad Q_2 = C_2 V, \quad Q_3 = C_3 V \quad (7)$$

가 된다. 회로 전체에 축적되는 전체 전하(Total charge) Q 는 다음의 관계를 갖는다.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = C_1 V + C_2 V + C_3 V \quad (8)$$

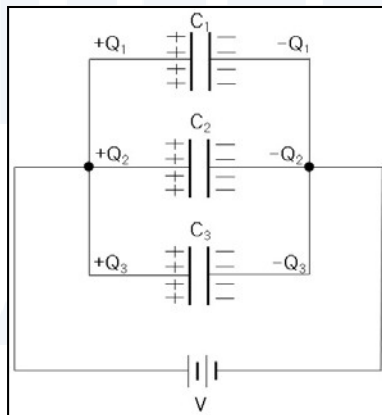
따라서 합성 전기용량 C_{eq} 는 다음과 같다.

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

즉, **병렬로 연결된 축전기의 합성 전기용량은 각 전기용량의 합과 같으며, 가장 큰 축전기의 전기용량보다도 항상 더 크게 된다.** 일반적으로 병렬 연결한 n 개의 축전기에 대해 합성 전기용량 C_{eq} 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

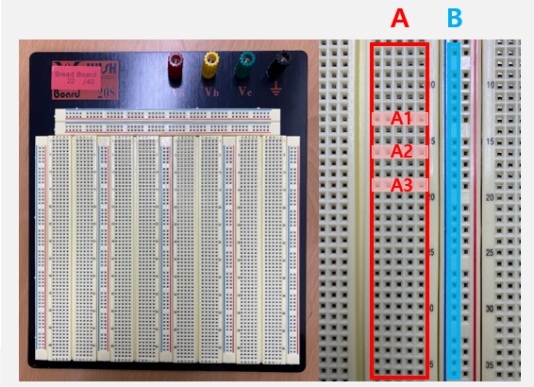

$$C_{eq} = \sum_j C_j \quad (9)$$

축전기를 병렬로 연결하면 유효 극판 면적이 증가하게 된다. 또한 전체 회로의 정격전압은 병렬 연결된 축전기 중에서 정격전압이 가장 작은 값과 같게 된다.



[그림 4] 축전기의 병렬연결

3. 실험 장치

	
<p>(전해질)축전기</p>	<p>[2] Bread Board(빵판)</p>
	
<p>[3] 배선용 점프와이어</p>	<p>[4] 멀티미터</p>

- [1] 전해질 축전기 : 이번 실험에서는 극성이 있는 전해질 축전기를 사용한다. 다리가 긴 쪽이 (+) 단자이다. 그러므로 축전기를 연결할 경우 극성이 같은 것끼리 연결되도록 해야 한다.
- [2] Bread board(빵판) : 각종 소자를 자유롭게 연결할 수 있는 보드로 위 사진에서 A 박스는 가로 다섯 개의 구멍이 연결 되어 있고, B 박스는 세로의 모든 구멍이 연결 되어 있다.
- [3] 배선용 점프와이어 : Bread board에서 소자 사이를 연결할 때 사용
- [4] 멀티미터 : 전기용량, 저항, 전류, 전압 등을 측정할 수 있는 계측기

4. 실험 방법

4.0. 멀티미터 세팅

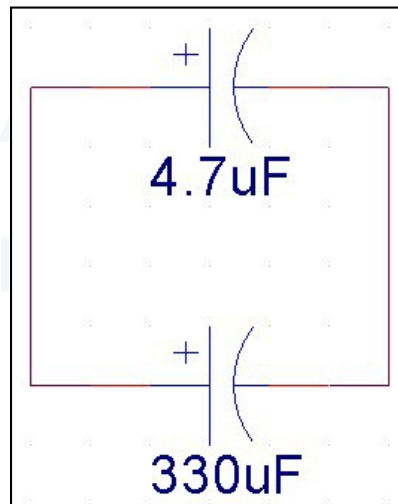
- 1) 검은색 프로브(-)를 COM 단자에 꽂고, 빨간색 프로브(+)는 측정하고자 하는 값(전기용량)에 맞추어 꽂는다(맨 오른쪽).
- 2) 멀티미터의 다이얼을 돌려 측정하고자 하는 값의 기호(커패시터 모양)에 맞춘다.
- 3) 파란색 버튼을 눌러 화면에 측정하고자 하는 값의 단위(F, 패럿)가 나오도록 한다.
 ** 이 때 전해질 축전기는 직렬이든 병렬이든 같은 극성끼리 연결해야 한다.

4.1. 축전기의 전기용량 측정

- 1) 회로에 축전기를 연결하기 전에 손가락으로 축전기의 두 단자를 1~2초 정도 잡아 방전 시킨다.
- 2) 축전기를 표의 회로도에 따라 연결한다.
- 3) 멀티미터의 프로브 단자를 회로에 연결하여 합성 전기용량을 측정한다. + 단자는 빨간색이며 -단자는 검정색이다.
- 4) 다양한 축전기를 사용하여 표의 회로도를 구성하고 이론값, 측정값을 기입한다.

※ 리포트의 회로도 기입 방법


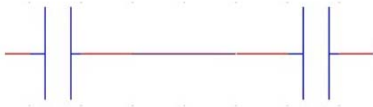


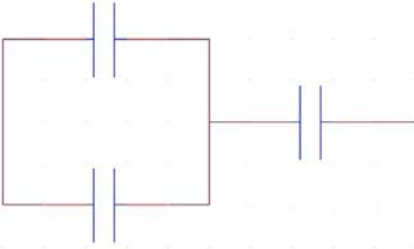
아래 그림은 $4.7\mu F$ 과 $330\mu F$ 의 두 전해질 축전기를 병렬로 연결한 경우의 회로도이다. 실험 장치 부분에서 설명했듯이 전해질 축전기를 극성이 있으므로 회로도를 그릴 때, 극성 또한 표시해야 한다. 극성과 용량을 함께 기입한다.



[그림 5] 회로도 표시방법

5. 측정 결과

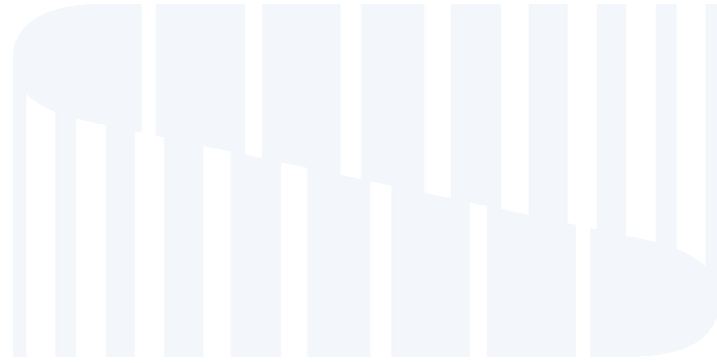
학과/분반		실험 일시	
실험 조		작성자	

회로도	이론값	측정값	오차(%)
			
			
			
			
			

회로도	이론값	측정값	오차(%)
			
			
			
			
			

6. 고찰 사항

1. 축전기 사용시 주의할 점은 무엇인가? 또한 축전기의 용도는 무엇인가? 주로 어떤 곳에서 축전기를 쓰는가? 조사한 내용을 논해보자.
2. 실험 영상에서 설명하지 않은 축전기의 종류를 두 가지 이상 찾아보고 각각의 용도에 대해 조사해보자.



서울시립대학교
UNIVERSITY OF SEOUL