

콘덴서의 원리

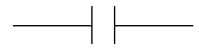
콘덴서[condenser]

콘덴서는 전기·전자제품에서 없어서는 안될 필수 부품중 하나이다. 커패시터(Capacitor) 또는 축전기라고 불리기도 하는데 이는 콘덴서가 전기를 저장하려는 특성을 가지고 있기 때문이다. 이러한 콘덴서의 특성을 잘 이용하여 직류전류를 차단하고 교류전류는 통과시키는 목적으로 사용되기도 하며 정전압 회로에서 안정화 회로에도 사용되는 등 이밖에도 회로에서 여러 가지 기능으로 응용하여 사용되고 있다. 이번 호에서는 이렇게 다양한 기능으로 사용되고 있는 콘덴서에 대해서 알아보기로 하겠다.

우선, 콘덴서의 기호는 [그림 1]과 같이 표기한다. 그림에서도 볼 수 있듯이 콘덴서는 기본적으로 2장의 전극판을 대향시킨 구조로 되어 있다.

여기에 직류전압을 가하면 각 전극에 전하(電荷)라고 하는 전기가 축적되며, 축적하고 있는 도중에는 회로에 전류가 흐르고, 축적이 완료된 상태에서는 전류가 흐르지 않게 된다.

10 μ F 정도의 전해콘덴서에 아날로그 미터식 테스트를 저항측정 모드로 하고 접촉하면 순간전류가 흘러 테스트의 바늘이 움직이는 것을 알 수 있다. 그러나 바늘은 곧 0으로 떨어진다. 이번에는 테스트의 측정봉을 반대로 하여 콘덴서의 양 단자에 접촉하면 바늘이 반대로 움직이는 것을 볼 수 있는데 이는 순간 전류가 역시 회로에 흐른다는 것을 나타내 주는 것이다.



[그림 1]

$$\text{전하량 } Q = C \times V [C]$$

[식 1]

전기용량 C를 가진 콘덴서에 전압 V를 가하면 [식 1]과 같이 $Q=C \cdot V[C]$ 의 전하가 축적된다. 직류(Direct Current)의 경우 전류가 양 전극 판에 흘러들어 Q만큼의 전하가 축적되면 더 이상 전류가 흐르지 않는다. 그러나, 교류(Alternating Current)전압 v를 가할 경우에는 다르다. 전류의 방향이 계속해서 반대로 바뀌게 되므로 충·방전 이 반복되어 $C \cdot dv/dt[A]$ 의 전류가 지속적으로 회로에 흐르게 된다. 이때 교류전압이 사인파 교류전압(각주파수 ω)이면, 콘덴서에 흐르는 전류는 그 크기가 $1/\omega C$ 의 리액턴스에 흐르는 전류와 같고, 위상이 전압보다 90° 빠르게 된다.

그렇다면 2개 이상의 콘덴서를 결합할 경우에는 어떠한지에 대해서도 알아보자. 결합의 방법은 크게 직렬과 병렬

방식으로 나눌 수 있는데, 병렬결합 시에 합성용량 C는 $C=C_1+C_2$ 로 되어 C1, C2의 어느 쪽보다도 커지게 된다. 이에 반해, 직렬결합 시에 합성용량 C는 $1/C=1/C_1+1/C_2$, 즉 $C=C_1 \cdot C_2/(C_1+C_2)$ 로 되어 C1, C2 어느 쪽보다도 작아지게 된다. 다시 말해서 콘덴서의 합성용량은 병렬결합하면 증가하고 직렬결합하면 감소하는 특성을 갖는다.

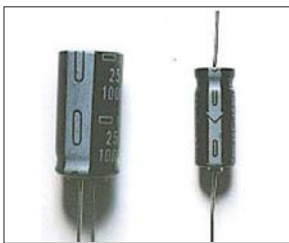
$$\text{정전용량 } C = \epsilon \frac{A}{L} [F] \quad \text{[식 2]}$$

콘덴서의 구조 및 특성에 대하여 좀 더 살펴보자. 보통 2장의 서로 절연된 금속 또는 전기 전도도가 큰 도체를 전극으로 하고, 그 사이에 절연체를 넣어 이 사이에서 생긴 정전용량을 이용하는 것이다. 이 정전용량의 크기는 [식 2]에서 처럼 전극면적(A) 및 절연된 전극 사이 유전체의 유전율(ϵ)에 비례하고, 전극 사이의 거리(L)에 반비례한다. 따라서 실효 표면적이 큰 구조가 되게 하거나, 유전율이 큰 유전체를 사용하거나, 절연과피전압이 큰 유전체를 사용하여 전극간격을 좁게 하면 용량은 같지만 콘덴서가 소형으로 될 수 있다. 콘덴서는 사용전압에 견디는 절연내력을 필요로 하며, 이것은 사용 유전체의 절연내력으로 대략 결정된다. 이상적인 콘덴서는 용량 C만을 가지지만, 실제로는 유전체 절연저항이 무한대로 되지 않는다. 그러므로 전체 구조상 그 외의 부분에 약간의 누설전류가 발생하여 유전체에 고주파 전압을 가할 경우, 약간의 유전 손실이 발생한다. 이와 같은 이유로, 전력의 극히 일부는 콘덴서에서 소비되어 용량 C에 병렬로 저항 R를 접속한 것과 같이 된다.

이러한 전력 손실이 있을 경우, 흐르는 전류의 위상의 빠른 정도는 90° 보다 δ 정도 작아지고, 이것이 작을수록 양질의 콘덴서이며, 그 좋은 정도를 표시하는데 $\tan \delta/1/Q$ 을 사용하는 경우가 많다.

콘덴서는 사용하는 유전체 및 구조에 따라 여러 종류가 있으며 이에 따라 분류하면, 전해 콘덴서, 세라믹 콘덴서, 마이카 콘덴서 등이 있다. 또 정전용량이 변화하지 않는 고정 콘덴서와 변화하는 가변 콘덴서(또는 베리어블 콘덴서(Variable Condenser), 간단히 '바리콘' 이라고도 함)로도 분류한다.

- 알루미늄 전해콘덴서



단순히, 전해콘덴서 또는 케미콘(chemical condenser)이라고도 부른다. 이 콘덴서는 유전체로 얇은 산화막을 사용하고, 전극으로는 알루미늄을 사용하고 있다. 유전체를 매우 얇게 할 수 있으므로 콘덴서의 체적에 비해 큰 용량을 얻을 수 있다. 특징은 극성(+,-)이 있다는 점이다. 일반적으로 콘덴서 자체가 마이너스(-)측 리드를 표시하는 마크가 붙어 있다. 극성을 잘못 접속하거나 전압이 너무 높으면 콘덴서가 파열될 수도 있어 주의를 요한다. 이 콘덴서는 $1\mu F$ 부터 수천 μF , 수만 μF 라는 식으로 비교적 큰 용량이 얻어지며, 주로 전원의 평활 회로, 저주파 바이패스 등에 사용된다. 단, 코일 성분이 많아 고주파에는 적합하지 않은 단점이 있다.

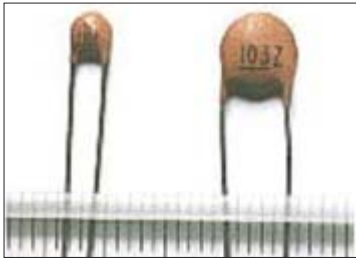
- 탄탈 전해콘덴서(탄탈 콘덴서)

단순히, 탄탈 콘덴서(tantalum condenser)라고도 부르며, 전극에 탄탈륨이라는 재료를 사용한다. 알루미늄 전해 콘덴서와 마찬가지로 비교적 큰 용량을 얻을 수 있다. 그리고 온도 특성, 주파수 특성 모두 우수하다. 알루미늄 전해 콘덴서는 크라프트(kraft)지 등에 전해액이 스며들게 한 것을 금속 알루미늄으로 삽입하여 감아 붙인 구조로 되어 있

하지만, 탄탈 전해콘덴서의 경우는 tantalum powder를 소결하여 굳혔을 때에 나오는 빈틈을 이용하는 구조로 되어 있어, 두루마리 구조가 아니므로 앞서 언급한 바와 같이 특성이 우수하다. 이 콘덴서도 극성이 있으며, 통상, 콘덴서 자체에 +의 기호로 전극을 표시하고 있다.



- 세라믹 콘덴서

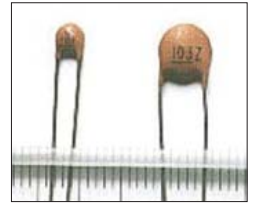


세라믹 콘덴서는 전극간의 유전체로 티탄산 바륨(Titanium-Barium)과 같은 유전율이 큰 재료가 사용되고 있다.

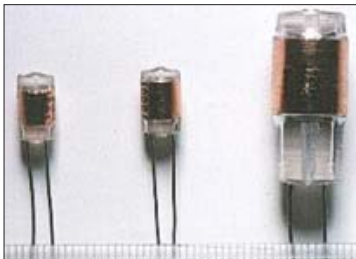
이 콘덴서는 인덕턴스(코일의 성질)가 적어 고주파 특성이 양호하다는 특징을 가지고 있어 고주파의 바이패스에 흔히 사용된다. 모양은 원반형으로 되어 있으며, 용량은 비교적 작다. 사진의 좌측에 있는 것은 용량이 100pF의 콘덴서로 원반의 직경이 3mm 정도이다. 우측에 있는 콘덴서는 103이라고 인쇄되어 있는데, 이것은 $10 \times 10^3 \text{pF}$ 이므로 0.01 μF 가 된다. 전해콘덴서나 탄탈콘덴서와는 달리 전극의 극성은 없다.

- 적층 세라믹 콘덴서

적층 세라믹 콘덴서는 전극간의 유전체로 고유전율체 세라믹을 다층 구조로 사용하고 있으며, 온도 특성, 주파수 특성이 모두 양호할 뿐만 아니라, 소형이라는 큰 특징이 있다. 디지털 회로에서 취급하는 구형파 신호는 비교적 높은 주파수 성분이 함유되어 있다. 이 콘덴서는 주파수 특성이 양호하고, 소형이라는 점 때문에 바이패스용으로 많이 사용된다. 온도 특성도 양호하므로 온도변화를 꺼려하는 회로에도 사용된다. 전극의 극성은 없다.



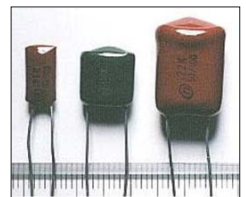
- 스티롤 콘덴서



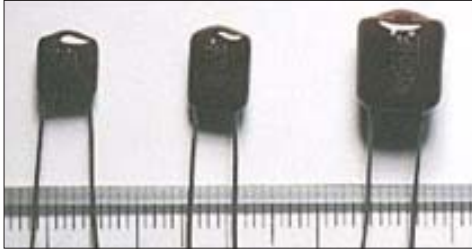
전극간의 유전체로 폴리스티렌(polystyrene)필름이 사용되고 있다. 이 콘덴서는 필름을 감은 구조이므로 인덕턴스 성분이 크다. 따라서 고주파에는 사용할 수 없으며, 수백 kHz 이하의 필터 회로나 타이밍 회로 등에 흔히 사용된다. 사진에 나타낸 스티롤 콘덴서는 전극에 동박을 사용하고 있어 적색을 띠고 있지만, 전극으로 알루미늄박을 사용하는 것도 있으므로 은색을 띠고 있는 것도 있다. 동박을 사용한 쪽이 좀더 비싸고, 주파수 특성이 좋다. 전극의 극성은 없다.

- 폴리에스테르 필름 콘덴서(마일러 콘덴서)

마일러(Mylar) 콘덴서라고도 하며, 얇은 폴리에스테르(polyester) 필름을 양측에서 금속으로 삽입하여, 원통형으로 감은 것이다. 저가격이므로 사용하기 쉽지만, 높은 정밀도는 기대하기 어렵다. 오차는 대략 $\pm 5\%$ 에서 $\pm 10\%$ 정도로 큰 편이다.



- 폴리프로필렌 콘덴서

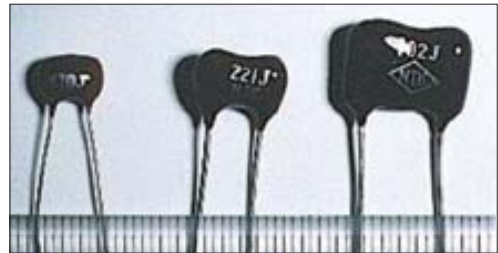


폴리에스테르 콘덴서 보다 높은 정밀도가 요구되는 경우에 사용한다. 유전체 재료는 폴리프로필렌(polypropylene) 필름을 사용하며, 100kHz 이하의 주파수에서 사용하면 거의 용량의 변화가 없다고 한다. 사진에 나타난 것은 오차가 ± 1%의 것이다. 이 콘덴서도 전극의 극성은 없다.

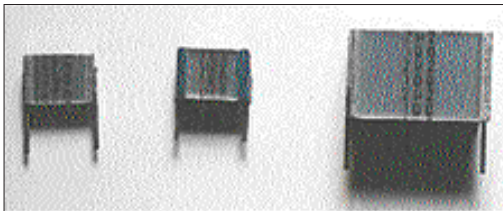
- 마이카 콘덴서

유전체로 운모(mica)를 사용한 콘덴서이다. 운모는 온도 계수가 작고 안정성이 우수하며, 주파수 특성도 양호하기 때문에 고주파에서의 공진회로나 필터회로 등에 사용된다.

또한, 절연내압도 우수하므로 고압회로에 사용된다. 이전에는 진공관식 무선송신기등에 많이 사용되었다. 결점으로는 용량이 그다지 크지 않고 가격이 고가라는 점이다. 전극의 극성은 없다.

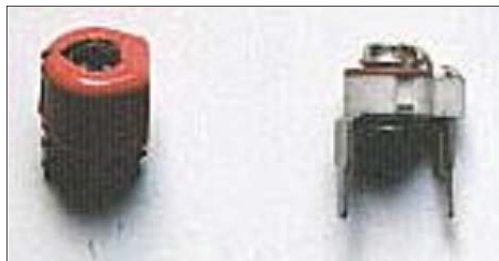


- 메탈라이즈드 폴리에스테르 필름 콘덴서



전극으로 증착 금속피막을 사용한 폴리에스테르 필름 콘덴서로, 전극이 얇기 때문에 소형화가 가능하다. 이 콘덴서는 리드가 떨어지기 쉽기 때문에 취급에 주의할 필요가 있다. 한번 떨어져 버리면 사용할 수 없다. 전극의 극성은 없다.

- 가변용량 콘덴서



용량을 변화시킬 수 있는 콘덴서로서, 주로 주파수 조정 등에 사용한다. 좌측 사진에 나타난 것은 트리머(trimmer)라 불리는 가변용량 콘덴서이며, 유전체로 세라믹(자기)을 사용하고 있다. 부착할 때의 주의 사항으로는 전극 극성은 없지만 용량을 조절하는 나사 부분이 어느 한 쪽의 리드선에 연결되어 있기 때문에 리드선의 한 쪽이 어스에 접속되는 경우에는 조절 나사가 연결되어 있는 리드선을 어스측으로 한다. 그렇게 하지 않으면 조절할 때의 드라이버의 용량이 영향을 주므로 잘 조절되지 않는 특성이 있다.