

가변콘덴서 및 반고정콘덴서의 구조와 성능

조호연 · 권기태 · 김성식 (호서대학교 조명연구소)

1 서 론

가변콘덴서(variable condenser) 및 반고정콘덴서(trimmer condenser)의 분류는 가변저항 및 반고정저항의 분류와 같이 유저가 조정하는 것을 전제로 한 것을 「가변콘덴서(속칭 : 바리콘)」라고 부르며, 주로 기기 내 조정에 사용하는 것을 「반고정콘덴서(속칭 : 트리머)」라고 부른다.

가변콘덴서는 주로 튠너에 사용되어 왔지만, 최근에는 가변용량 다이오드(varactor)를 사용한 전자 튠닝을 보급하기 때문에, 가변콘덴서를 사용하는 기회도, 그 종류도 적어졌다. 또한 반고정콘덴서 쪽은 회로의 디지털화나 무(無) 조정 회로의 발전으로 사용 빈도가 줄어들고 있다. 하지만 각종발전회로의 조정이나 위상 보상 등에 여전히 필수적인 부품이다.

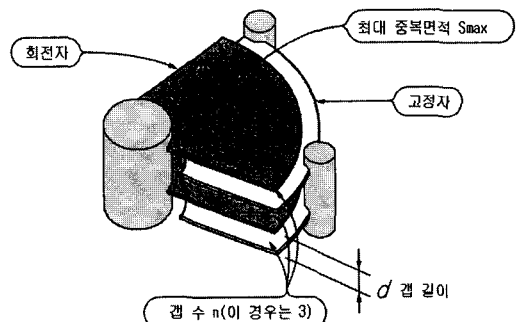
정전용량의 크기는 대향면적에 비례하고 그 면적을 가변 하는 것이기 때문에, 기계적인 제한이 있어 그리 대용량의 정전용량을 얻진 못한다. 이것이 가변저항기나 반고정저항기의 경우와의 큰 차이로, 종류도 그다지 많지는 않다. 본문에서는, 가변콘덴서와 반고정콘덴서에 특유의 선택파라미터에 대해 말하고 기본적인 종류의 구조나 성능에 대해 설명한다.

2 본 론

2.1 가변 콘덴서 및 반고정콘덴서에서 특유의 파라미터

2.1.1 최대용량과 최소용량

최대용량이란, 가변콘덴서나 반고정콘덴서의 회전자(rotor)를 돌려 정전용량을 최대로 할 때의 정전용량 값을 말한다. 「××pF의 가변(반고정)콘덴서」라고 할 때의 값은, 이 최대용량을 나타낸다. 최대용량은 회전자와 고정자(stator)와의 날개가 최대로 겹쳐지는 면적과 대향 수에 비례하고, 갭 길이에 반비례 한 것은 고정콘덴서의 기본과 같다(그림 1).



$$C_{max} \propto \frac{S}{d} \cdot n$$

그림 1. 가변·반고정콘덴서의 최대용량

최소용량은, 회전자와 고정자와의 날개가 겹치는 부분을 가장 적게 하여 정전용량을 최소로 할 때의 정전용량이다. 튜닝용 가변콘덴서의 경우에는, 최저용량을 조금 남겨두어 수신 밴드로부터의 일탈을 막는 역할을 하며, 그 이외의 가변콘덴서에서는, 가능한 한 최소용량을 작게 하려고 하는 것이 보통이다.

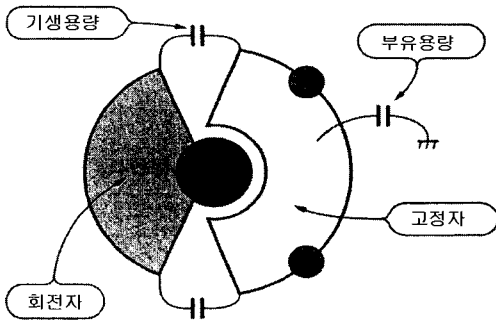


그림 2. 가변·반고정콘덴서의 최소용량

그러나 이 경우에도 단자의 기생용량(parasitic capacitance)이나 회전자의 부유용량(stray capacitance)이 있기 때문에, 최소용량은 완전하게 '0'으로 되는 되지 않는다(그림 2).

또한 가변콘덴서나 반고정콘덴서를 패널이나 기판에 실장하면, 미결합이나 패턴 용량에 의하여 실질적인 최소용량 값은 늘어나게 된다. 회로 설계를 행할 때에는 부품 자체만이 아니고, 이와 같은 부유용량 분을 예상한 파라미터 설계가 필요하다.

2.1.2 정전용량비

정전용량비는, 최대용량을 최소용량으로 나눈 값으로, 공진회로 등을 구성할 때에 중요한 파라미터가 된다. 지금 인덕턴스가 L_0 인 코일과, 그림 3과 같은 공진회로를 구성할 때, 최대공진주파수 f_{max} 는, 가변 또는 반고정콘덴서의 최대용량 C_{max} 와 최소용량을 사용하고, 각각

$$f_{max} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 \cdot C_{min}}} \quad (1)$$

$$f_{min} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 \cdot C_{max}}} \quad (2)$$

으로 계산할 수 있다.

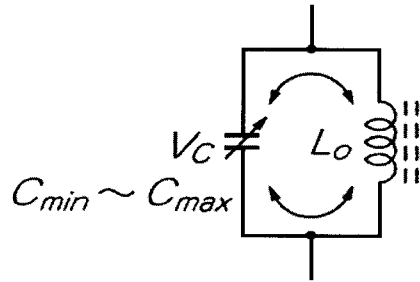


그림 3. 병렬 공진회로

(1) 식과 (2) 식으로부터, 최대 공진주파수와 최소 공진주파수의 비는,

$$\frac{f_{max}}{f_{min}} = \sqrt{\frac{C_{max}}{C_{min}}} \quad (3)$$

와 같이 정전용량비의 제곱근에 의존하는 것을 알 수 있고, 이것 이상의 주파수비를 얻는 것은 가능하지 않다.

역으로 주파수의 가변범위를 좁히는 쪽은, 적당한 고정콘덴서를 그림 4와 같이 병렬로 접속하여, 외관상의 정전용량비를 적게 한 것으로 용이하게 달성할 수 있다.

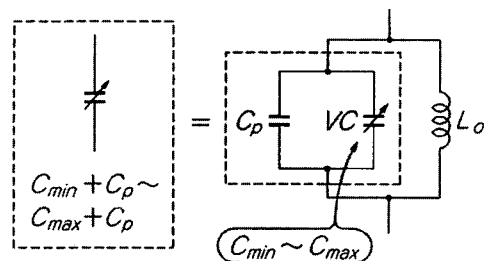


그림 4. 고정콘덴서 추가한 공진회로

2.1.3 극 성

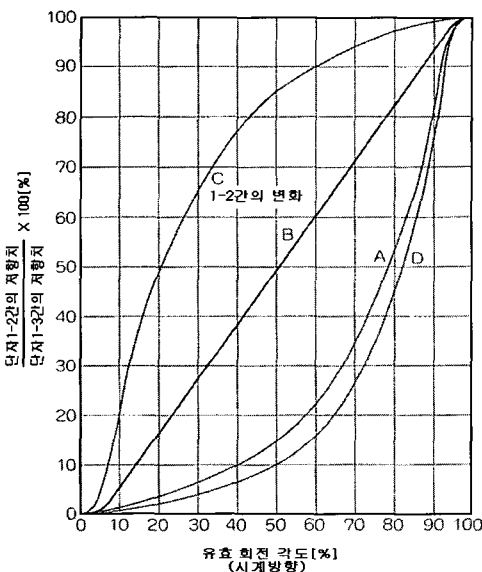
여기에서 말한 극성은 전극의 ±의 구별로는 하지 않고 회전자와 고정자의 구별로, 선회형의 고정콘덴서의 외측 전극과 내측 전극의 구별로 생각해야 할 것이다.

반고정 및 고정콘덴서로는, 기구의 심플화를 위해, 조정부나 케이스가 회전자측에 접속하고 있는 것이 많다. 이 때 회전자측의 회로를 저 임피던스 측에 접속하지 않으면, 부유용량에 의하여 설계상으로 동작하지 않거나, 그 변동에 의하여 안정도가 손상되게 된다.

가변콘덴서나 반고정콘덴서 중에는, 극성을 외관으로부터 간파할 수 있는 것도 있다. 또 케이스에 결점을 만들거나, 색 점을 찍거나 하여 극성을 구별하고 있는 제품도 있다.

2.1.4 정전용량 커브

정전용량 커브는, 회전자측의 회전각과 정전용량의 관계를 나타내는 커브이다. 정확하게 가변저항의 저항기 커브와 같다(그림 5).



•대표적인 가변저항의 회전각에 따른 저항치 커브

그림 5. 저항치의 변화특성

그림 6 (a)와 같이, 회전각과 동시에 정전 용량이 직선적으로 변화한 저항의 B커브에 해당하는 것은, 부채꼴의 날개를 사용한 것으로 간단히 작성할 수 있다. 각종의 반고정콘덴서는 기본적으로 직선변화 커브로 변화한다.

튜너 등에 사용한 가변콘덴서의 경우, 그 정전 용량을 C_x , 동조코일의 인덕턴스 L_0 라 하면, 앞에 제시한 식과 같이 공진주파수 f_0 은,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0 \cdot C_x}} \quad (4)$$

로 표시된다.

즉 공진주파수는 C_x 의 제곱근에 반비례하기 때문에, 용량이 직선적으로 변하는 가변콘덴서를 사용하면, 그림 7 (a)와 같이 주파수가 높은 측의 눈금은 촘촘하고, 또 주파수가 낮은 측은 눈금 간격이 떨어져 있어서 선국하기 어려워지는 것을 알 수 있다.

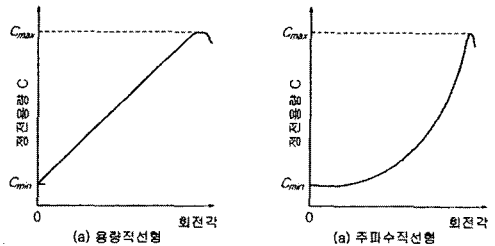
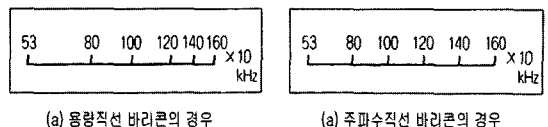


그림 6. 가변콘덴서의 회전각과 정전용량의 관계

여기서 정전용량이 회전각의 2차함수로 변화하는 그림 6 (b)와 같은 가변콘덴서를 사용하면, 눈금은 그림 7 (b)과 같이 균등한 것에 가까워진다.



(a) 용량직선 바리콘의 경우

(a) 주파수직선 바리콘의 경우

그림 7. 주파수와 가변콘덴서의 회전각의 관계

실제로는 부유용량이 있기 때문에, 좀 더 커브가 심한 것이 요구된다. 이와 같은 가변콘덴서는 주파수 직선형 가변콘덴서라고 불리는 것이 있다.

2.2 가변콘덴서 및 반고정콘덴서의 종류와 특징

2.2.1 가변콘덴서

- 에어·가변콘덴서

사진 1과 같이 특히 유전체를 사용하지 않고, 즉 유전체로 공기를 사용한 가변콘덴서의 기본 형태이다.

에어·가변콘덴서는 구조가 심플하고, 유전체 손실을 작게 Q를 높게 설정할 수 있기 때문에, 진공관 시대에서부터 널리 사용되어 왔다. 그러나 비유전율은 1로, 날개끼리의 단락을 생각하면 날개의 두께나 갭 폭도 그다지 넓게 하는 것이 가능하지 않기 때문에 특히 AM라디오에 사용된 것처럼 고용량의 것은, 상당한 크기가 된다. 그 때문에 트랜지스터 시대가 되면서, 점점 폴리에틸렌·가변콘덴서와 순차적으로 시프트(Shift)해 가고, 현재는 계측기나 대 전력의 고주파 회로 이외에는 사용하지 않게 되었다.



사진 1. 에어·가변콘덴서

날개는 페놀 수지나 스테어타이트($MgO \cdot SiO_2$)제의 베이스나 스페이서로 고정되고 있지만, 금속 부분이 노출되어 있기 때문에, 실드 케이스 등의 상자의 내부에 넣을 필요가 있다.

- 폴리에틸렌·가변콘덴서

사진 2와 같이, 날개와 날개와의 사이에 폴리에틸렌·시트를 봉입한 것으로, 폴리에틸렌의 비유전율(약 2.1)에 가까운 배율로 정전용량이 커진다. 또 폴리에틸렌·시트가 날개간의 접촉사고를 막기 때문에, 얇은 날개를 짧은 피치로 배치할 수 있고, 단위용량당의 체적을 작게 할 수 있다. 트랜지스터·라디오의 보급과 동시에 동조용 가변콘덴서의 주류가 되었다.



사진 2. 폴리에틸렌·가변콘덴서

폴리에틸렌·가변콘덴서는, 사진과 같은 캐러멜(caramel)형의 수지 제 케이스에 담을 수 있다. 슈퍼헤테로다인수신 장치용으로 복수의 유닛이 동시에 동작을 하여, 미조정용의 폴리에틸렌 반고정콘덴서까지가 내장되어 있는 것이 대부분이다. 폴리에틸렌은 동축 케이블에도 사용되고 있고, 고주파에서도 유전탄젠트가 작고, 회로의 Q를 그다지 내릴 필요가 없다. 단 폴리에틸렌수지는 연소되는 온도가 $70[^\circ\text{C}]$ 전후로 낮기 때문에, 납땜시 주의가 필요하다.

폴리에틸렌, 라디오의 세계에서 에어·가변콘덴서를 구축했지만, 현재는 가변 용량 다이오드의 양산화나 PLL회로의 집적화가 진보되고, 소형화와 고기능화의 시장 요구도 있고, 보급형의 라디오에도 가변콘덴서가 없는 것이 있다.

2.2.1 반고정콘덴서

• 에어 · 반고정콘덴서

구조 자체는 에어 · 가변콘덴서와 동일하고 특성은 좋은 것이지만, 사진 3에 표시하는 것과 같이 반고정 콘덴서는 외형이 커진다.

현재는 고주파 대 전력 회로의 임피던스 매칭 등의 용도에 한정되어, 그다지 많이 사용되지는 않는다. 그러나 에어 · 반고정콘덴서가 없고는 성립되지 않는 회로가 있는 것도 사실이다. 앞으로도 눈에 띄지 않지만 없어지지 않는다고 생각된다.

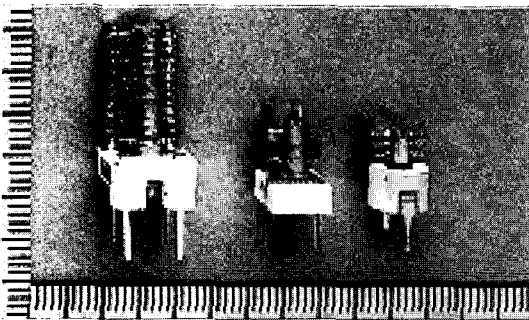


사진 3. 에어 · 반 고정콘덴서

• 폴리에틸렌 · 반고정콘덴서

원리적으로는 폴리에틸렌 · 가변콘덴서의 반고정판이지만, 여러 개의 날개나 폴리에틸렌 · 시트가 사용되고 있다. 외형은 사진 4와 같이 에어 · 반고정콘덴서의 소형 판에 비슷한 것이다. 정전용량은 인쇄나 수



사진 4. 폴리에틸렌 · 반 고정콘덴서

지제의 베이스 부품의 색으로 표시되고 있다. 표면실장이나 사용 시에는 폴리에틸렌의 내열성에 배려가 필요하다.

폴리에틸렌 · 반고정콘덴서는 눈에 떨 기회가 없고, 또 제조 메이커도 한정되어 있지만, 중 전력까지의 고주파 회로의 조정에는 없어서는 안 되는 부품이다.

• 세라믹 · 반고정콘덴서

유전체에 저 유전율계의 세라믹 원반을 사용한 것이다. 모든 특성에 큰 차이가 없고 소형화를 도모할 수 있기 때문에, 현재의 반고정콘덴서의 주류가 되고 있다(사진 5).

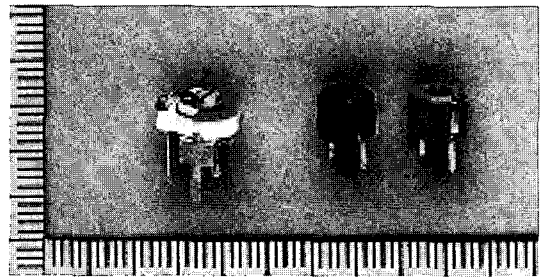


사진 5. 세라믹 · 반고정콘덴서

구조는 반원형의 고정자전극을 붙인 베이스 판 위에, 역시 반원형의 전극을 붙인 것이다. 저유전율계의 세라믹 원반을 돌려 회전자로 하고, 중심을 홈에 붙여 회전축으로 고정한 것이다. 부유용량의 변동을 억제하기 위해, 금속케이스에 붙인 것도 있다. 외형이 작기 때문에, 정전용량의 표시는 케이스 색이나 색 점에 의한 것이 대부분이다.

세라믹은 내열성이 높고, 유전율의 두께를 자유롭게 제어할 수 있기 때문에, 외형을 변형하여 여러 종류의 최대용량 제품을 만들 수 있다. 단 최대용량과 온도계수의 조합이 합하여 있는 것이 대부분이다.

세라믹 · 반고정콘덴서 중에는, 고정자와 회전자 전극의 구별이 어려운 제품도 있다. 그러나 이와 같은

제품 중에서 메이커에 따라서 다른 경우가 있기 때문에, 필히 확인을 하여야 한다.

● 피스톤·반고정콘덴서

사진 6과 같이 피스톤·반 고정콘덴서는 원통 모양의 반 고정콘덴서이다. 고주파 회로나 고 임피던스 회로에서 미소한 용량 조정 용도로 사용된다.

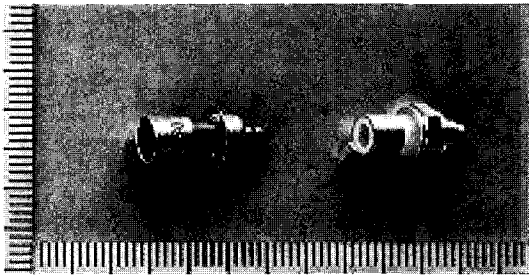


사진 6. 피스톤·반고정콘덴서

피스톤·반고정콘덴서에는 통 내외의 원통형 전극 중북 면적을 변화시키는 것과, 통단의 전극과의 거리를 조정한 타입의 2종류가 있다. 모두 유리나 세라믹 통의 관내부에, 나사가 붙은 원주상의 고정자 전극이 들어가 있다. 명칭의 유래는, 나사를 돌리는 것에 의하여, 로터 전극을 통 안으로 출입시켜 조정한 것으로부터 왔다. 다른 관점에서 보면 다회전형의 반고정콘덴서라고도 할 수 있다.

3. 결 론

본문에서는 가변콘덴서와 반고정콘덴서의 각 종류에 따른 특성과 올바른 선택을 하기 위한 4가지의 선택 파라미터를 소개하였다. 이러한 가변·반고정콘덴서들은 자주 사용되는 소자는 아니지만 일부 회로에서 필수적으로 사용되어야만 하는 소자로서 각각의 특성들과 기본 원리를 앎으로써 좀 더 진보적인 기술들이 발전할 수 있다고 사료되며, 또한 회로에 적절한

소자를 선택함으로써 사고로부터 회피할 수 있다.

◇ 저 자 소 개 ◇



조호연(趙浩衍)

1979년 12월 4일생. 2005년 호서대학교 전기공학과 졸업. 2005년 동 대학원 조명공학전공 입학. 현 동 대학원 석사과정 재학중.



권기태(權起泰)

1978년 12월 10일생. 2005년 호서대학교 전기공학과 졸업. 2005년 동 대학원 조명공학전공 입학. 현 동 대학원 석사과정 재학중.



김성식(金星植)

1979년 11월 17일생. 2005년 호서대학교 전기공학과 졸업. 2005년 동 대학원 조명공학전공 입학. 현 동 대학원 석사과정 재학중.