



# 저항·코일·콘덴서의 모든 것 (4)

**저항, 콘덴서, 코일은 전자회로에 없어서는 안될 중요한 부품이다. 높은 정밀도의 회로에서는 저항이나 콘덴서에 대한 선택이 중요하며 아날로그 회로라고 해도 저항·콘덴서에 대한 지식은 필요하다. 고속·고주파수 회로나 파워 회로에서 코일에 대한 지식 없이는 설계가 불가능할 정도이다. 초보자가 회로도대로 제작해도 기대만큼 동작하지 않는 원인은 부품의 기초지식이 충분하지 않기 때문인 경우도 있다. 이에 본지에서는 저항·코일·콘덴서의 기초지식과 기본적인 사용방법을 6회에 걸쳐 소개한다.**

**| 편집자**

차례



0.01~2,000F의 대용량이며 대전류 방전도 가능

## 전기 이중층 콘덴서

桑田 和彦

여기에서는 마이크로컴퓨터의 메모리 백업이나 소형 모터 구동, 발광 다이오드 점등 등의 용도로 사용되는 대용량 콘덴서‘ 전기 이중층(二重層) 콘덴서 ’(**사진1**)에 대해 원리, 구조, 특징을 함께 소개한 다음, 선정방법이나 정격·특성 등에 관하여 해설한다.

### 전기 이중층 콘덴서의 기초지식

**1. 동작원리**

일반적인 콘덴서는 서로 마주보는 전극 사이에 종이 폐놀, 백운모, 티탄산바륨 등의 유전체를 끼움으로써 그 재료가 지니는 유전율에 따라 콘덴서에 축적되는 정전용량이 결정된다. 그러나 전기 이중층 콘덴서는 유전체를 사용하

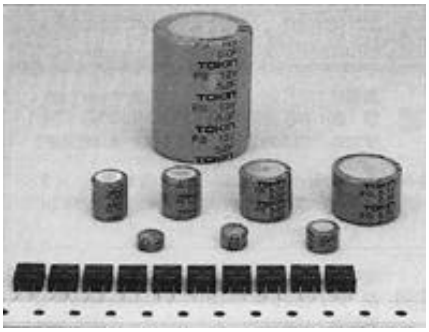


**사진 1. 전기 이중층 콘덴서‘ 슈퍼 커패시터 ’**
[토킨 세라믹스(주)]

는 콘덴서와는 달리 고체와 액체의 다른 2층이 접한 그 계면에 정(+)과 부(-)의 전하가 매우 짧은 거리를 두고 분포됨으로써 콘덴서를 형성한다.

이 계면에 분포된 층을‘ 전기 이중층 ’이라 부르며 이것을 이용한 콘덴서를 전기 이중층 콘덴서로 분류한다.

전기 이중층 콘덴서의 고체에는 표면적이 보다 큰 소재를 사용함으로써 전기 이중층을 많이 형성하여 보다 큰 용량을 얻을 수 있다. 그래서 전기 이중층 콘덴서에는 표면적이 1,000㎡/g 이상이나 되는 활성탄 분말이나 활성탄 섬유를, 액체에는 희(希)황산 수용액 등을 각각 사용하여 종래 콘덴서의 용량영역을 훨씬 초과하는 F(패럿) 단위의 콘덴서를 얻을 수 있었다. **그림 1**은 전기 이중층의 원리를 모델화한 것으로, 고체 표면에 이온이 정렬되어 전기 이중층이 형성된 모습이다.

## 2. 특징

알루미늄 전해 콘덴서 등과 비교하면 정전용량은 천배 만배 이상 크고 충방전 횟수나 충방전 회로도 제한이 없기 때문에 반복적으로 장기간에 걸친 사용이 가능하여 직류 회로에서의 메모리 백업이나 태양전지, LED를 이용한 교통표시의 축전지 등으로 이용이 확산되고 특히 메인티넌스나 교환을 필요로 하지 않는 환경에 우수한 제품으로 주목받고 있다.

또한 제품에는 극성표시가 있지만 이것은 편의적인 것으로서 실제 사용에 있어서는 무극성이다.

## 3. 구조

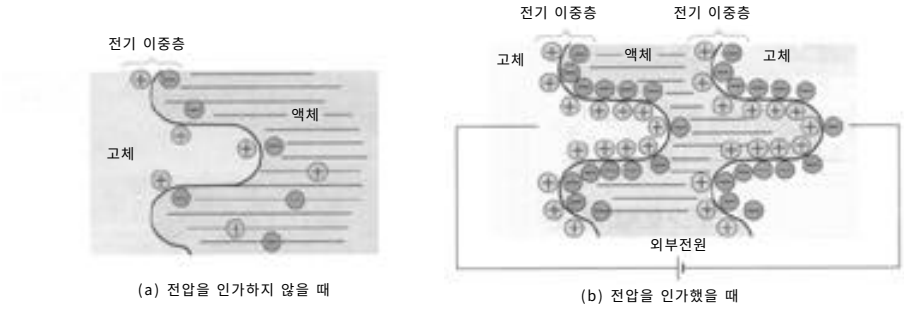
전기 이중층 콘덴서는 용도나 특성에 따라 **표 1**과 같이 다른 형상의 제품이 준비되어 있다.

구조는 형명에 따라 각각 다르다. 여기에서는 **그림 2**에 일본 토킹 세라믹스(주)의 전기 이중층 콘덴서‘ 슈퍼 커패시터 ’의 적층형 구조를 나타낸다. 적층형 전기 이중층 콘덴서는 하나의 콘덴서를 형성하는 콘덴서 기본 셀을 여러 장 겹쳐 필요한 내압을 얻는 구조이다.

## 4. 특성

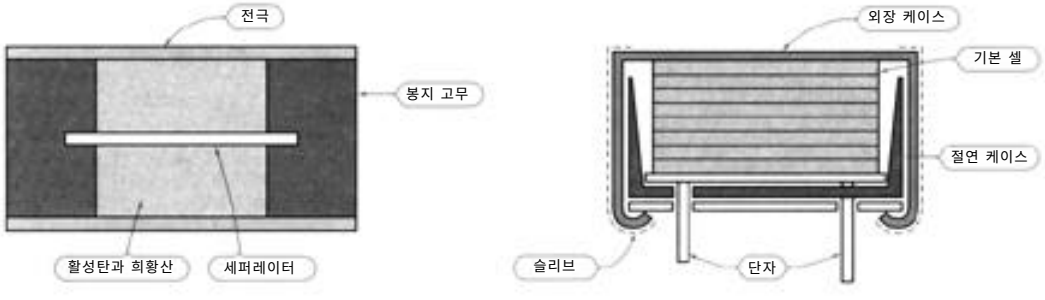
### (1) 정전용량

전기 이중층 콘덴서는 품종에 따라 내부저항이 크고 또




(a) 전압을 인가하지 않을 때 (b) 전압을 인가했을 때

**그림 1. 전기 이중층 형성**




(a) 기본 셀 (b) 기본 셀을 겹친 적층구조

**그림 2. 슈퍼 커패시터의 적층형 구조**

한 큰 정전용량이 있으므로 통상적인 콘덴서와 같은 방법으로 정전용량을 측정할 수는 없다. 그래서 전지의 용량측정과 마찬가지로 직류로 충방전함으로써 정전용량을 산출한다.

여기에서는 간단히 측정할 수 있는 정(定)저항 측정법(**그림 3**)으로 설명한다.

먼저 콘덴서의 단자 사이를 30분 이상 단락하여 전위를 내린다. 다음에 콘덴서에 직렬저항을 접속하여 직류전압을 인가했을 때의 충전특성인 시상수 τ를 측정하고 다음과 같은 식에서 정전용량 C[F]를 구한다.

$$C = \tau / R_C \quad \cdots\cdots (1)$$

여기서, τ : 충전개시로부터 $V_C = 0.632E_0$가 될 때까지의 시간[초], $R_C$ : 정전용량이나 형식에 따라 결정되는 값으로, τ가 약 60 100초로 되는 저항값[Ω]

**(2) 내부저항**

콘덴서의 내부저항은 충방전일 때 영향을 미친다. 특히 방전시 전압을 드롭시켜 유효전압을 저하시키기 때문에 대전류를 필요로 하는 모터 구동용은 저(低)내부저항 콘덴서를 선정하는 것이 중요하다.

**(3) 기타 특성**

콘덴서를 장시간 충전했을 때, 충전전류는 시간의 경과와 동시에 감소되지만 다시 충전을 계속하면 충전전류는 감소되지 않고 어느 일정한 값을 나타내게 되며 이것을 누설전류라 정의한다.

또 콘덴서에 24시간 충전하고 그 후 24시간 방치했을 때의 유지전압을 측정, 자기방전 특성이라 정의하여 전압유지능력을 나타내고 있다.

## 선정

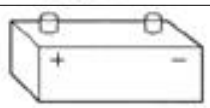
선정할 때에는 전압, 전류, 충전시간, 백업 시간, 설치 스페이스, 사용온도 등의 사용조건에 따라 콘덴서 용량이나 내부저항 및 치수 등을 고려하여 선정한다.

처음에 전기 이중층 콘덴서로부터 공급되는 전류의 크기와 백업 가능시간을 살펴보고 **그림 4**에 의하여 시리즈를 선정한다. **그림 5**에 사용할 때의 전압변화 상태를 나타낸다. 다음에 백업 기능시간 $T_b$[sec]를 다음과 같은 식으로 산출한다.

$$T_b = \frac{C(V_0 - V_1 - V_{drop})}{I} \quad \cdots\cdots (2)$$

여기서, C : 정전용량[F], $V_0$ : 충전되어 있는 전압[V], $V_{drop}$ : 내부저항에 의한 전압 드롭[V], $V_1$ : 최소 필요전압[V], I : 전류[A],

**표 1. 슈퍼 커패시터의 형상, 용도, 정격 등**[토킹 세라믹스(주)]

| 형상 | | 용량[F] | 정격전압[V] | 용도 |
|---|---|---|---|---|
| 코인형 |  | 0.1 0.3 | 2.5 30 | 휴대전화 등의 메모리 백업 |
| 적층형 |  | 0.01 10 | 2.5 18 | VTR, 전화, 오디오, FAX, 프린터 등의 메모리 백업 |
| 권취형 |  | 10 100 | 2.5 3.5 | LED 표시 간판, 완구의 모터 구동 |
| 카드형 |  | 0.1 0.33 | 1.6 5 | 전지 파워의 어시스트 |
| 배터리형 |  | 100 2,000 | 2.4 14 | 배터리 어시스트, 하이브리드 자동차 |

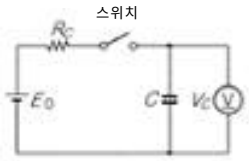



**그림 3. 정저항 충전법에 의한 정전용량값의 측정회로**

$$V_{drop} = R_i I \quad \cdots\cdots (3)$$

여기서, $R_i$ : 내부저항[Ω], I : 전류[A]

이 식에서 전류값이 클수록 $V_{drop}$이 큰 값을 나타내고 있으며 그 결과 $T_b$가 짧아진다는 것을 알 수 있다. 그래서 사용전류가 큰 기기에는 큰 정전용량과 함께 내부저항이 낮은 제품을 선택하는 것이 중요하다.

## 사용상 주의점

**1. 제품 수명**

전기 이중층 콘덴서는 충전이나 방전에 있어서 화학적 반응을 일으키지 않기 때문에 소모되는 부품이나 재료가 없다. 따라서 충방전 횟수에 한도가 없으며 반복적으로 몇 회라도 사용할 수 있다.

그러나 정격전압 이상의 전압을 인가하면 용량 저하나 내부저항 증대를 초래하여 콘덴서의 기능을 상실하므로 주의해야 한다.

이밖에 사용환경의 온도도 제품 수명에 영향을 미치는 인자로, 콘덴서의 수명을 정전용량이 초기값의 70%로 감소된 시점이라 규정한다면 사용환경의 온도가 6 7℃ 상승할 때마다 수명이 반감된다.

그림 6에 사용환경 온도와 수명시간과의 관계를 나타낸다. 형명 FYD0H145Z(1.4F)를 약 +55℃의 사용환경에서 연속 사용하면 약 10년 동안 정전용량이 초기값의 70%로 저하된다는 것을 알 수 있다.

제품수명은 제품의 형상, 시리즈, 정전용량에 의해 각각 차이가 있으므로 고온환경에서 사용할 경우, 선정에 주의해야 한다.

전기 이중층 콘덴서의 사용온도 범위는 통상적으로 -25 +70℃이지만, 특히 넓은 온도범위용으로는 -40 +85℃까지 사용되는 제품이 있어 장수명화를 도모할 수 있다.

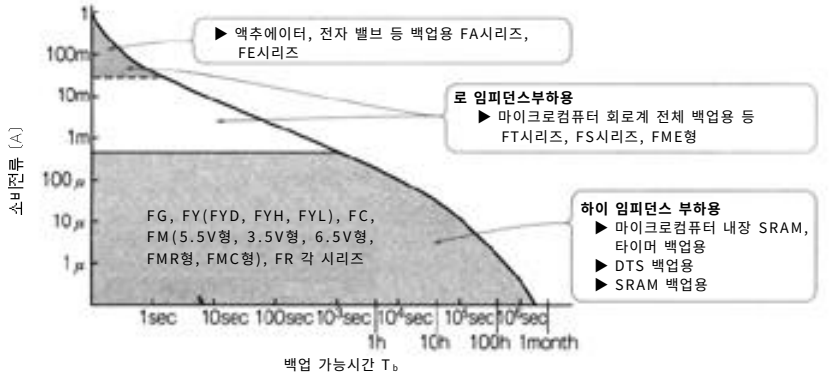



그림 4. 백업 가능시간과 소비전류에 의한 품종 선정 차트

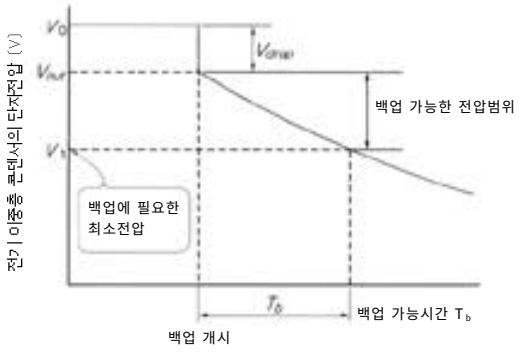



그림 5. 사용시의 전압변화

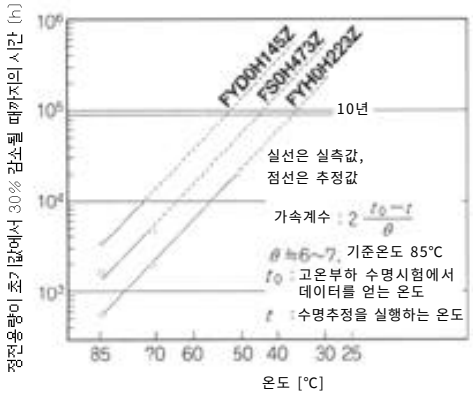



그림 6. 사용환경 온도와 수명시간의 관계

**2. 돌입 전류**

그림 7은 정격전압 5.5V, 정전용량 1F의 제품에 직렬저항을 삽입하지 않고 충전을 개시했을 경우 충전전류의 시간변화이다.

전기 이중층 콘덴서는 충전·방전의 전류값에 규제가 없으므로 보호저항을 설치할 필요가 없다.

그러나 충전개시 직후에는 그림 7과 같이 큰 돌입전류가 흐르므로 주변회로의 전압 저하나 충전전원에 영향을 미칠 가능성이 있다.

이러한 경우는 직렬저항 $R_s$를 삽입하여 주변회로를 보호하기 바란다.

충전전류 $I_c$의 피크값 $I_{C(peak)}$[A]는 다음과 같은 식으로 산출한다.

$$I_{c(peak)} = E/(R + R_s) \quad \cdots\cdots (4)$$

여기서, E : 공급전압[V], R : 콘덴서의 내부저항[Ω], $R_s$ : 직렬저항[Ω]

**3. 직렬 접속**

전기 이중층 콘덴서를 직렬 접속하는 경우에는 접속된 콘덴서에 인가되는 전압이 균등하게 배분되도록 배려해야 할 경우가 있다.

특히 접속수량이 많은 경우, 콘덴서 내부저항의 차이에 따라 충전되는 전압에 차이가 발생하여 수명에 악영향을 미치기 때문에 각 콘덴서에 인가되는 전압이 정격전압을 넘지 않도록 보호저항 등을 병렬로 삽입한다.

**4. 사용온도와 특성**

전기 이중층 콘덴서는 넓은 온도범위에서 사용할 수 있

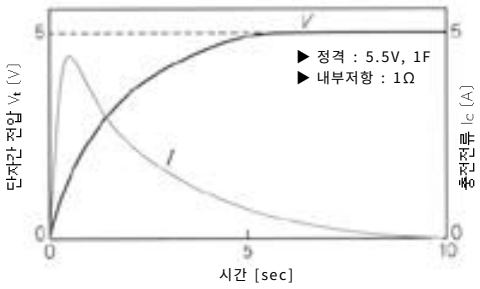



그림 7. 충전전류의 변화

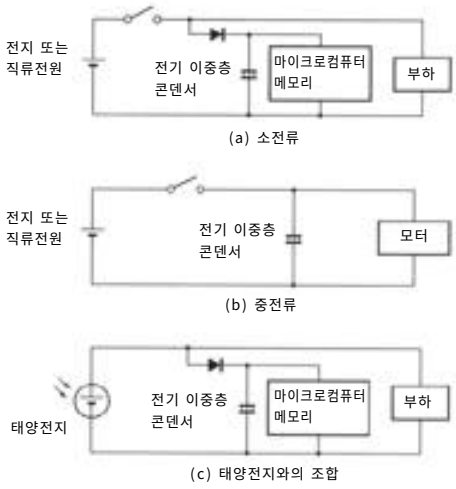



그림 10. 전기 이중층 콘덴서의 응용회로 예

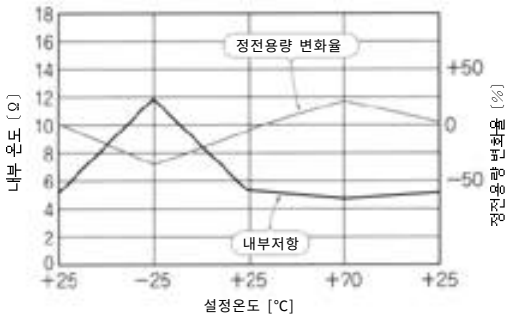



그림 8. 온도 사이클을 걸었을 때의 특성 변화


사진 2. 대전류용 슈퍼 커패시터(좌측은 승용차의 셀 모터, 우측은 15V100F 제품
[토킹 세라믹스(주)]

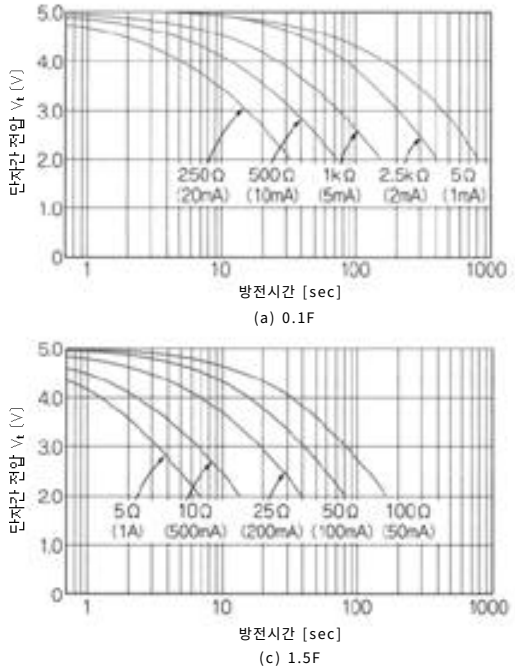



그림 9. 슈퍼 커패시터의 방전특성

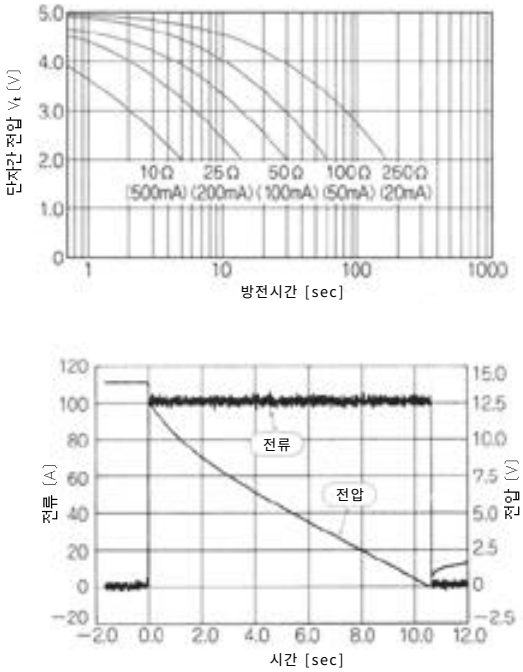



그림 11. 사진 2에 나타난 제품의 100A 정전류 방전특성

지만 온도환경에 따라 정전용량이나 내부저항이 변화되므로 설계시 배려하기 바란다. 그림 8은 온도 사이클을 걸었을 때의 특성 변화이다.

**5. 방전특성**

슈퍼 커패시터의 0.1F, 0.47F 및 1.5F 제품에 있어서의 방전특성에 관하여 방전전류와 방전시간의 관계를 그림 9에 나타낸다.

또한 그림 속의 저항값은 소정의 전류값을 얻기 위해 삽입한 직렬저항 값이다.

## 전기 이중층 콘덴서의 사용 예

**1. 소전류 : 1μA 100mA, 0.01 1F**

그림 10(a)와 같은 회로이다. 콘센트가 빠져버리거나 불의의 정전 등에 의한 전원 트러블로 가전제품이나 OA 기기의 메모리에 기억되어 있는 내용이 삭제되었을 경우나, 또는 자동차의 셀 모터를 구동할 때 배터리 전압이 저하되었을 경우에 전기 이중층 콘덴서에서 메모리로 전류를 공급하여 일정 시간동안만 메모리 내용을 백업함으로써 보호한다.

**2. 중전류 : 100m 1A, 1 100F**

그림 10(b)와 같은 회로에서 소형 램프를 완만하게 소등하거나 전자 코일, 모터를 일정시간 동작시키며 또한 그림 10(c)와 같은 회로에서 태양전지 발전(發電)에 의한 전하를 축적하여 야간에 LED 간판 등을 점등시키는 용도로 사용한다.

**3. 대전류 : 10 100A, 100 2,000F**

하이브리드 자동차의 모터 구동전원이나 배터리를 어시스트하여 배터리 수명을 연장시키는 등의 용도, 태양전지에 의한 발전 에너지의 축전 등 큰 에너지 용도로의 연구 및 개발이 한창이다.

참고로 대전류용 15V 100F(사진 2)의 방전특성을 그림 11에 나타낸다.

**참 고 문 헌**

(1) (株)トーキン, スーパーキャパシタ使用ガイド, Vol.05.

# 계측회로/전력회로/고주파회로로 사용 콘덴서의 선정방법 및 사용방법

增田 幸夫 / 瀨 川 毅 / 伊勢蝦 鶴蔵

## 계측회로

### 1. 전원의 바이패스 콘덴서로 사용

보통' 패스콤이라 불리는 사용방법이다. 전원 임피던스를 내릴 목적으로 사용한다. 전원 임피던스를 내려야 하는 이유로서 전원전류는 일정하지가 않아 항상 변화되고 있으며 이 변화분을 흡수하지 않으면 전원 라인에 그 변동이 리플로서 가산되어 깨끗한 직류로 되지 않기 때문이다. 아날로그계에서는 그 리플 성분이 신호에 혼입돼 버린다.

단순히 콘덴서를 삽입하면 임피던스가 내려가는 것은 아니다. 이상적으로는 직류에서 모든 대역에 걸쳐 최소의 임피던스를 지니는 상태이다. 그러나 양단의 인덕턴스 성분이 문제되어 정전용량과 인덕턴스 성분에 따라 부품 고유의 공진점이 있게 된다. **그림 1**은 그 주파수 특성의 예로, 임피던스의 골(trough)이 공진주파수이다. 일반적으로 용량이 많으면 공진점도 낮은 주파수로 된다. 이 공진점 이상의 주파수에 대해서는 이미 콘덴서로서의 역할을 달성할 수 없게 된다.

그래서 특성이 다른 콘덴서를 병렬로 접속하여 가급적 넓은 주파수로 임피던스를 내리도록 하면 좋은 결과가 나온다. 전원은 가급적 이상(理想) 상태로 해둔다. 트러블의 원인을 구명해 보면 전원이 원인이었던 경우가 흔히 있다.

회로에서 사용하는 대역에 따라 콘덴서의 종류나 용량을 구분하여 사용하기로 한다. 예를 들면 저주파대역에서는 대용량 전해 콘덴서와 적층 세라믹 콘덴서를 사용하는 것이 좋다.

**그림 2**는 어느 계측 시스템에서의 사용 예이다, 각 IC의 바이패스 콘덴서는 IC의 전원 핀에서 가장 가까운 장소에 넣는다. 각각의 회로에서 사용하는 주파수 대역에 따라 콘덴서의 용량을 바꾸고 있다.

### 2. 적분 회로로 사용

**그림 3**은 일반적인 이중층 적분형 DVM의 IC인 ICL7106/7107의 적분 부분이다.

(1) $C_{REF}$ - 기준전압을 AZ(오토 제로) 기간 중에 축적하는 용도이다. 절연저항이 높은 필름 콘덴서가 적합하다. 그러나 절연저항이 양호한 적층 세라믹 콘덴서로도 가능하다.

(2) $C_{AZ}$ - 이것도 AZ 기간 중 내부 OP 앰프의 오프셋 전압을 축적하는 용도이므로 $C_{REF}$와 같이 필름 콘덴서가 적합하다. 절연저항이 양호한 적층 세라믹 콘덴서로도 가

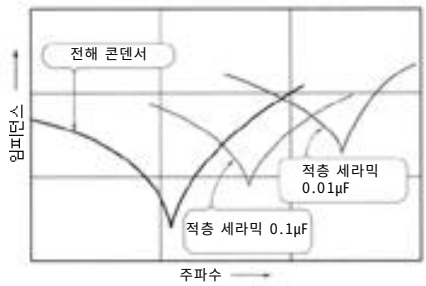



그림 1. 각종 콘덴서의 임피던스 주파수특성

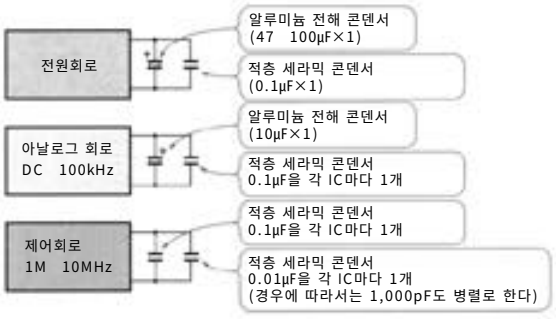



그림 2. 바이패스 콘덴서의 사용 예

능하다.

(3) $C_{INT}$ - 이것은 적분 콘덴서로서 유전정접과 절연저항이 양호해야 한다. 데이터 시트에서는 폴리프로필렌 필름 콘덴서를 사용하도록 되어 있다. 그러나 A-D의 분해능이 1/2,000이라는 것을 상정한다면 폴리에틸렌 나프탈레이트 필름 콘덴서 또는 폴리페닐렌 설파이드 필름 콘덴서로도 충분하며 보다 소형이면서 저가이다.

### 3. 필터 회로에서 사용

**그림 4**는 일반적인 2차 LPF이다. 여기에서 사용하는 콘덴서에 필요한 특성은 온도계수와 용량 허용차이다. 필터는 용량값과 계산값에 차이가 있는 경우, 요구되는 주파수특성이 얻어지지 않는다. 계산결과는 어중간한 값이 되므로 E12계열의 용량을 적용시켜 어떻게든 시뮬레이션 하여 특성을 확인한다.

가격중시 면에서는 폴리에틸렌 나프탈레이트 필름의 5% 제품, 성능중시 면에서는 폴리프로필렌 필름의 1% 제품으로, 제품에 따라 구분 사용하고 있다. 저용량 콘덴서는 주로 적층 세라믹의 CH 특성을 사용하고 있다.

### 4. 커플링에서 사용

**그림 5**는 콘덴서 커플링이지만 이것은 1차 HPF로 직류성분을 컷하는 동시에 dB/oct.의 필터가 된다.

계측회로에서는 상용주파수 성분을 감쇠시키고 싶은 경우가 자주 있다. 예를 들어 C = 0.1μF, R = 10kΩ의 CR 필터를 앞쪽에 위치시키면 50/60Hz에 대해 약 -10dB 정도 감쇠시킬 수 있다. <增田 幸夫>

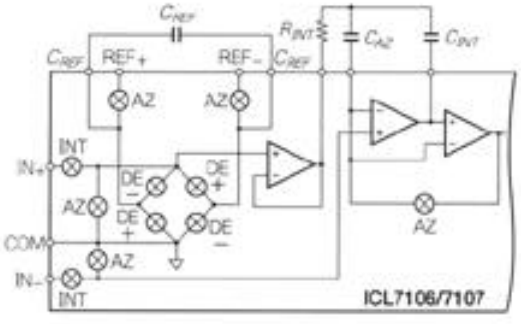



그림 3. 이중 적분형 A-D 컨버터의 입력부

## 파워 회로

### 1. 콘덴서의 등가회로는 RCL

콘덴서의 기호(**그림 6**)는 알고 있을 것이다. 이 기호 앞이 문제이다. 현실은 콘덴서의 기호대로가 아니라 유전체 손실이나 구조에 기인하는 인덕턴스, 기타 여러 가지 성분이 부수되는 것이 보통이다. 그 결과 등가적으로 RCL의 직렬등가회로로 나타내는 것이 일반적이다. 저항성분을 ESR(등가 직렬저항), 인덕턴스 성분을 ESL(등가 직렬인덕턴스)이라 칭하고 있다. 이 ESR이나 ESL이 콘덴서로서의‘ 양호성을 결정하는 것이다.

### 2. 파워 회로 콘덴서의 특징

**(1) 전류용량이 크다**

파워 회로에 1A 이상의 큰 전류가 흐르는 것이 일반적인 상태이므로 큰 전류용량은 절대 필요조건이다.

콘덴서인 경우, 전류용량이라고 하지 않으며‘ 허용 리플 전류’라 표시하는 것이 많다. 이것은 루트를 정류회로라 볼 수 있으므로 역사를 느낄 수 있다.

**(2) 손실이 적다**

대전류가 흐르므로 유전체 등의 손실이 적다. 즉, 작은 ESR이 요구된다. 손실이 크면 발열을 초래한다. ESR은 대략 7mΩ에서 200mΩ 정도이다. 개별 제품에 따라 다르지만 대체로 다음과 같은 순서일 것이다.

전해 콘덴서 > OS 콘덴서 > 폴리프로필렌콘덴서
적층 세라믹 콘덴서

나중에 실측결과가 나오므로 참조하기 바란다. 오해가 발생하지 않도록 덧붙이는데, 저ESR이라는 것은 장점이지만 콘덴서의 평가기준이 그것만 있는 것은 아니다.

**(3) 고내압**

파워 회로에서는 사용조건이 100V 이상인 것도 많으므

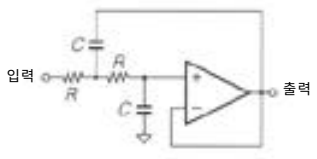



그림 4. RC에 의한 액티브 필터

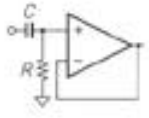



그림 5. 커플링 콘덴서

로 높은 내압이 필요하다. 또 외장의 절연저항도 내압에 따라 높게 되어 있다.

**(4) 대용량 제품이 많다**

파워 회로에서는 일시적으로 에너지를 축적하는 작동이 콘덴서에 요구되므로 10μF 이상의 대용량 콘덴서가 주요하다.

**(5) 고정밀도 제품은 없다**

소신호용, 예를 들면 필터 회로에 사용할 수 있는 고정밀도인 것으로서 파워 회로용은 없다. 대전류 용량, 고내압, 대용량을 충족시키면서 고정밀도를 요구하는 것은 어려운 일이라 할 수 있다.

## 주요 파워 회로용 콘덴서

파워 회로용 콘덴서의 주요 메이커를 **표 1**에 정리했다.

**1. 세라믹 콘덴서(사진 1)**

일반적인 세라믹 콘덴서이지만 파워 회로에서는 중고압 콘덴서(1k  3kV 정도)가 스너버 회로 등에 사용된다. 고주파특성이 좋다는 것이 특징이다.

**2. 적층 세라믹 콘덴서(사진 2)**

일반적인 바이패스 콘덴서와 같은 적층구조를 갖는 세라믹 콘덴서이다. 전류용량도 크고 저ESR이면서 저ESL이다. 직류전압이 인가되면 용량이 변화되는 것도 있다. 이것은 사용하고 있는 유전체의 성질에 의한 것으로, 반드시 결점이라고는 할 수 없다.

**3. 폴리프로필렌 필름 콘덴서(사진 3)**

필름 콘덴서는 파워 회로에 사용되지 않는 것이 일반적이지만 예외적인 것이 폴리프로필렌 콘덴서이다. 구조는 메탈라이즈드가 대부분이지만 박(箔)타입도 있다. 전류용량이 크고 저ESR이다. 또 내압 3kV 이상의 제품도 준비되어 있다. 온도에 조금 민감하며 온도특성을 능숙하게 사용하는 회로도 있지만 사용할 경우에는 주의해야 한다.

**4. 알루미늄 전해 콘덴서**

매우 일반적인 유극 콘덴서로서 정류회로의 필수품이

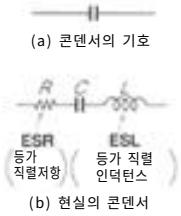



**그림 6. 현실의 콘덴서**

**표 1. 파워 회로용 콘덴서의 주요 메이커**

| 메이커 | 전화번호 | URL |
|---|---|---|
| 산요전기부품(주) | 81-72-870-6310 | www.secc.co.jp/ |
| 신일특전기(주) | 81-262-47-4545 | (없음) |
| 쌍신전기(주) | 81-3-3775-9111 | www.soshin.co.jp/ |
| TDK(주) 콘덴서 사업부 | 81-3-5201-7226 | www.tdk.co.jp/tjfx01 |
| 니치콘(주) | 81-75-231-8461 | www.nichicon.co.jp/ |
| 일본 케미콘(주) | 81-3-5436-7711 | www.chemi-con.co.jp/ |
| 닛세이전기(주) | 81-3-3442-8151 | www.nissei-denki.co.jp/ |
| 일본전기(주) 에너지디바이스 사업부 | 81-3-3798-9628 | www.ic.nec.co.jp/compo/cap/ |
| 마츠시타전기산업(주) 정밀캐퍼시터 사업부 | 81-6-6968-7171 | www.maco.panasonic.co.jp/eccd/ |
| 마츠오 전기(주) | 81-6-6332-0871 | www.ncc-matsuo.co.jp/ |
| (주)무라다제작소 | 81-75-951-9111 | www.murata.co.jp/ |

**사진 1. 파워 회로용 세라믹 콘덴서**

**사진 2. 파워 회로용 적층 세라믹 콘덴서**

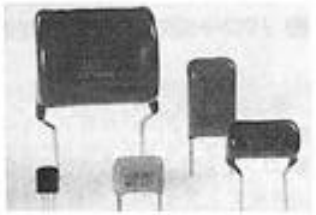


**사진 3. 파워 회로용 폴리프로필렌 필름 콘덴서**

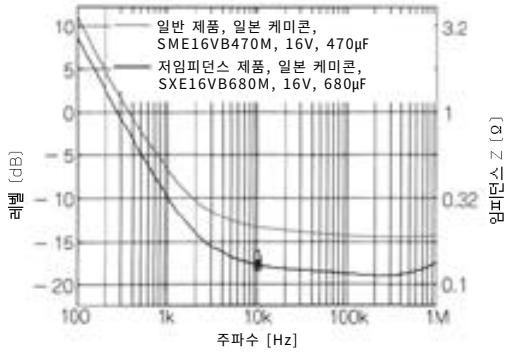



그림 7. 알루미늄 전해 콘덴서의 주파수특성

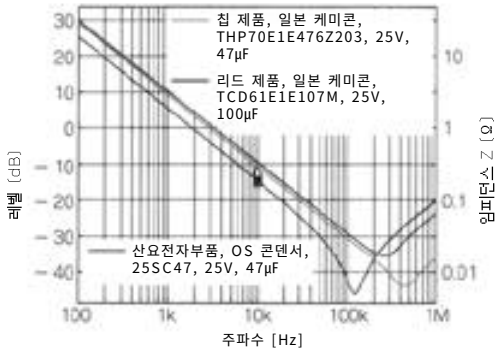



그림 8. OS 콘덴서와 적층 세라믹 콘덴서의 주파수특성

다. 일반 제품이나 저임피던스 제품, 고내압 제품, 대용량 제품 등 그 종류도 풍부하다. 리플 전류나 사용온도에 따라 수명이 변화되는 회로부품이다. 정전용량이 온도에 따라 다소 변화되기 때문에 용량이 문제인 회로에는 사용할 수 없을 것이다.

**5. 유기 반도체 알루미늄 고체 콘덴서**

'OS 콘'이라는 명칭으로 널리 알려져 있다. 유극이며 전류용량이 크고 저ESR, 저ESL 즉, 저임피던스이다. 고내압, 대용량 제품은 없다. 과전압, 과대 리플 전류, 급속 충방전에 약하다는 단점이 있다.

## 파워 회로용 콘덴서의 사용방법

**1. 허용 리플 전류 이하에서 사용**

콘덴서에 흐르는 전류는 허용 리플 전류 이하에서 사용한다. 허용 리플을 초과하면 단지 손실이 증가할 뿐만 아니라 수명이 짧아진다, 발열한, 최악의 경우는 소손(燒損)되는 사태도 있을 수 있다. 바꿔 말하면 대전류가 흐르는 회로는 허용 리플 전류가 큰 콘덴서를 선정하는 것이다. 최대 회로전류는 실효값에서 허용 리플 전류의 70% 정도 이하로 선정하는 것이 기준이다.

또한 조정에 있어서는 반드시 콘덴서의 전류를, 파형을 포함하여 측정하고 기록해 두면 나중에 도움이 될 것이다. 허용 리플 전류는 일반적으로 카탈로그 등에 실효값으로 나타나 있다.

그러나 실제로는 사인파가 흐르는 회로뿐만 아니라 커런트 프로브와 오실로스코프를 사용하더라도 간단히 측정할 수 없다. 그 때, 크레스트 팩터의 일람표를 옆에 비치해 두면 매우 편리하다.

**2. 내압 이하에서 사용**

콘덴서에 인가되는 전압은 콘덴서의 정격 이하에서 사용한다. 정격을 크게 초과하면 큰 음이 발생하여 매우 심하게 파손된다. 파손되면 바로 원인을 알아차릴 수 있으므로 불행 중 다행이다.

그러나 세라믹 콘덴서는 내압 이상의 전압이 인가되더라도 잘 파손되지 않아 시험이나 조정 중에 나타나지 않는 경우가 있다. 때문에 반드시 측정하여 문제가 없다는 것을 확인하기 바란다.

**3. 진동시키지 않는다**

콘덴서의 설치방법에도 의한 것이지만 때로 콘덴서가 진동하는 경우가 있다. 이것은 파워 회로 특유의 현상이라 할 수 있다. 공랭 팬이 회전하고 있으면 알아차릴 수 없는 것도 있으므로 이것도 조정 중 확인사항의 하나이다. 최악의 경우, 콘덴서의 리드선이 단선된다. 진동하는 경우에는 실리콘 수지 등으로 포팅하기로 한다.

## 파워 회로 콘덴서의 주파수특성 측정

본지 2001년 11월호' 저항 · 코일 · 콘덴서의 모든 것 - 저항기의 선정 및 사용방법'의 그림 9와 같은 회로에서 임피던스의 주파수특성을 측정했다.

**1. 콘덴서의 주파수특성은 V자 골**

콘덴서를 RCL의 직렬 등가회로에서 근사하면 그 주파수특성은 이른바' V자 골 '형태가 된다. 그 골(trough)의 가장 깊은 점이 ESR인 것이다. 그렇지만 V자 골이라 하더라도 그 ESR의 크기에 따라 냄비 바닥형이 되거나 V자 형태가 변화된다.

**2. 알루미늄 전해 콘덴서의 주파수특성**

일반 제품과 저임피던스 제품의 2종류를 측정해 보았다. **그림 7**의 특성은 V자라기보다 냄비 바닥에 가깝다. 저임피던스 제품은 확실히 일반 제품보다 ESR이 낮지만 그래도 -18dB 정도 즉, 120mΩ이다.

또' 냄비 바닥 의 값이 일정하지 않다. 즉 ESR이 주파수에 따라 변화되고 있는 것이다. 저항이 주파수에 따라 변화된다는 것은 묘한 표현이지만 이것이 현실이다. RCL의 직렬 등가회로에서는 표현할 수 없는 요소가 있다고 할 수 있다.

**3. OS 콘덴서의 주파수특성**

**그림 8**과 같이 깨끗한' V자 골 의 형태를 이루고 있다. ESR도 -30dB 이하이기 때문에 32mΩ 이하이다. 상당히 저ESR이라 해도 좋을 것이다. 일반적으로 저ESR 콘덴서의 주파수특성은 깨끗한 V자형 특성을 나타낸다.

**4. 적층 세라믹 콘덴서의 주파수특성**

그림 8을 보고 바로 알 수 있는 것은 골의 깊이이다. 리드 타입과 칩 타입의 2종류를 측정했지만 전부 -40dB (10mΩ) 이하로 되어 있다. 즉, ESR이 매우 작다는 것을 알 수 있다. 이것이 큰 특징이다. 이것도 온도특성이 염려되므로 사용할 때에는 온도시험을 실행하여 확인하기 바란다.

**5. 폴리프로필렌 콘덴서의 주파수특성**

**그림 9**와 같이 0.33μF인 쪽은 골이 1MHz 이상인 점에 있고 ESR은 명확하지 않다. 4.7μF나 10μF인 쪽은' V자 골 의 형태가 적층 세라믹과 비슷하다. ESR도 -40dB(10mΩ) 이하에서 매우 낮게 되어 있다.

적층 세라믹이나 이 폴리플로필렌 콘덴서와 같이 매우

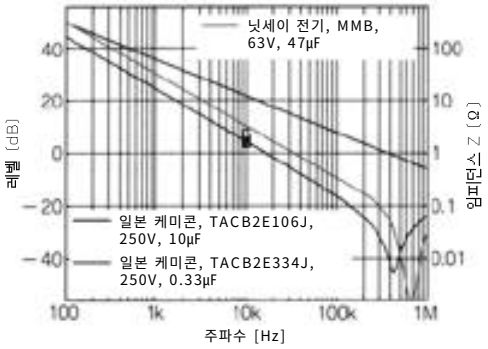



**그림 9. 폴리프로필렌 필름 콘덴서의 주파수특성**

낮은 ESR 콘덴서의 주파수특성은' 골 바닥이 뾰족한 '형태로 된다. < >

## 고주파회로

**그림 10**은 고주파에서 주로 사용하는 콘덴서의 종류이고 **사진 4**는 그 외관이다.

**1. 세라믹 콘덴서**

2장의 전극 사이에 산화티탄이나 티탄바륨 등의 세라믹 유전체를 끼운 콘덴서이다. 유전체에 의해 온도보상용과 고유전율계로 구별된다.

온도보상용(**표 2**)은 특성 CH SL까지이고 소형 대용량, 경시변화가 적은 고주파특성이 양호하다는 등의 특징이 있다.

고유전율계 세라믹(**표 3**)은 유전율을 보다 높게 하여 온도보상용보다 소형화를 도모한 콘덴서로서 온도에 의한 정전용량 변화율이 온도보상용보다 크고 경시변화가 있다.

적층 세라믹은 세라믹 콘덴서를 적층 상으로 적중(積重)한 구조의 콘덴서를 말하며 칩 세라믹 콘덴서는 대부분이 적층구조이다.

반도체 세라믹은 세라믹 유전체의 양면에 매우 얇은 유전체 층을 형성한 것으로, 원반 지름이 통상적인 세라믹 콘덴서보다 1단계 작아진다.

이밖에 저 손실 유전체를 사용한 고주파용 적층 세라믹 콘덴서(**표 4**)도 생산되고 있다. VHF 마이크로파에서의 사용을 상정하여 자동차 전화 등의 송신 출력회로 등에

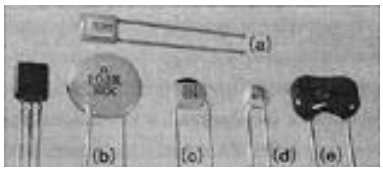



**사진 4. 고주파회로에서 사용하는 콘덴서**
[(a) 마일러, (b) B특성 세라믹(0.01μF 50V),
(c) 온도보상용 세라믹, (d) 반도체 세라믹(0.01μF 50V),
(e) 마이카]

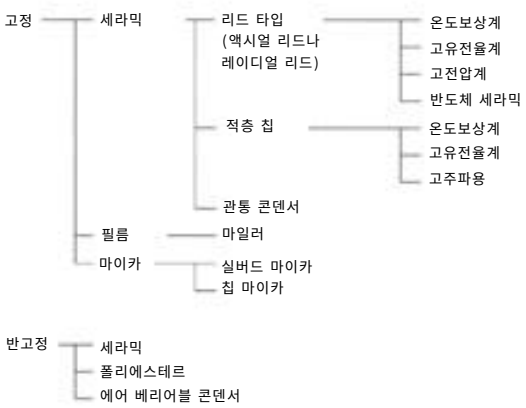



**그림 10. 고주파회로에서 사용하는 콘덴서의 종류**

**표 2. 온도보상용 적층 칩 세라믹 콘덴서**
[(주)무라다제작소, GRM39시리즈]

| 특성 | 온도계수[ppm/℃] | 사용온도 범위[℃] | 내압 50V 제품[pF] |
|---|---|---|---|
| CH | 0±60 | -55 +125 | 0.5 680 |
| CJ | 0±120 | | |
| CK | 0±250 | | |
| PH | -150±60 | -25 +85 | 3 160 |
| PJ | -150±120 | | |
| RH | -220±60 | | 3 180 |
| RJ | -220±120 | | |
| SH | -330±60 | | 3 220 |
| SJ | -330±120 | | |
| TH | -470±60 | | 3 470 |
| TJ | -470±120 | | |
| UJ | -750±120 | | 3 750 |
| SL | +350 -1,000 | +20 +85 | 62 750 |

(a) 온도계수

| 기호 | 허용차 | 적용범위 |
|---|---|---|
| C | ±0.25pF | 10pF 이하 |
| D | ±0.5pF | |
| J | ±5% | 10pF 초과 |
| K | ±10% | |
| M | ±20% | |
| Z | +80%, -20% | |

(b) 정전용량 허용차

타깃을 맞춘 제품이다.

**2. 마이카 콘덴서**

유전체에 마이카(운모)라는 자연소재를 사용한 콘덴서로, 안정적이며 저 손실이다. ESR이 작으므로 손실이 적고 송신 출력회로에서 사용했을 경우에는 발열이 적다. 경시변화나 온도계수도 적기 때문에 정밀도나 안정도를 필요로 하는 회로에도 사용된다. 칩 타입(**표 5**)도 발매되고 있다.

**3. 마일러 필름 콘덴서**

폴리에스테르 필름 콘덴서의 상품명으로, 최근에는 사용 빈도가 줄어들고 있지만 455kHz의 중간 주파수회로 등 1M 4MHz 이하의 회로에서 사용되었다. 필름이 전극에서 샌드위치 되어 감겨있기 때문에 인덕턴스 성분이 많고 높은 주파수에서는 사용할 수 없다. 그러나 온도변화가 적어 안정된 콘덴서이다. **표 6**에 시판 제품의 정격 예를 나타낸다.

**4. 관통 콘덴서**

실드 케이스 내에 전원이나 배선 공급시 사용하는 바이패스 콘덴서(**사진 5**)이다. 콘덴서 자체는 세라믹 콘덴서로서 외부 전극과 중심 단자 사이에 콘덴서가 형성되어 있으며 단자에 중첩된 고주파 성분을 그라운드에 바이패스한다.

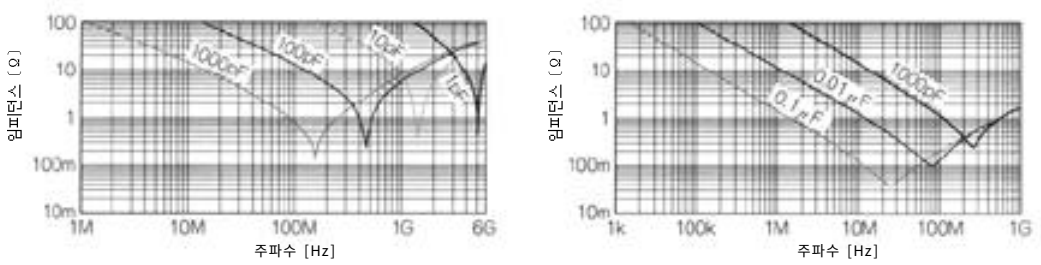
**5. 트리머 콘덴서**

정전용량을 가변할 수 있도록 제작되어 있다. **사진 6**의 3종류가 대표적이다. 통신기에서는 세라믹과 에어 타입이 주로 사용된다. 세라믹은 주파수 조정용으로, 에어 타입은 송신 고출력회로에서 사용된다. 슬라이딩 부분을 갖는 부품은(고정 콘덴서의 10배정도) 고장률이 높기 때문에 한정적으로 사용한다.

## 고주파회로에서의 용도

**1. 바이패스**

바이패스의 역할은 라인의 고주파 전류성분을 그라운드




(a) CH특성(GRM40)　　(b) B특성 및 F특성(GRM40)

**그림 11. 세라믹 콘덴서의 임피던스 주파수특성**

**표 3. 고유전율계의 적층 칩 세라믹 콘덴서**[(주)무라다제작소, GRM시리즈]

| 특성 | 용량변화율 [%] | 온도범위 [℃] | 사용 온도범위 [℃] | 사이즈마다의 용량범위[F] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1608 | 2012 | 3216 |
| B | ±10 | -25 +85 | -25 +85 | 330p 0.0022μ | 330p 0.022μ | 0.082μ 0.15μ |
| R | ±15 | -55 +125 | -55 +125 | 330p 0.0022μ | 330p 0.022μ | 0.082μ 0.15μ |
| F | +30, -80 | -25 +85 | -25 +85 | 0.01μ 0.015μ | 0.01μ 0.068μ | 0.01μ 0.22μ |
| Y5V | +22, -82 | -30 +85 | -30 +85 | — | — | — |

**표 4. 고주파용 적층 칩 세라믹 콘덴서**[(주)무라다제작소]

| 형명 | 사이즈 | 정전용량 범위[F] | | | | | 허용차 실효전력 [mW] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50V | 100V | 200V | 300V | 500V | |
| GRH110 | 1414 | 0.5p 100p | — | — | — | — | 120 |
| GRH111 | 2828 | 750p 1,000p | 510p 680p | 220p 470p | 110p 200p | 0.5p 100p | 245 |

주 ▶ (1) 온도계수 : CH(+25 +125℃), 사용 온도범위 : -55 +125℃
(2) 허용 실효전력은 온도상승 20℃일 때

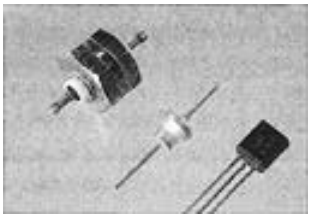


**사진 5. 관통 콘덴서**

**표 5. 칩 마이카 콘덴서**[쌍신전기(주)]

| 사이즈 | 형명 | 정전용량 범위[pF] | |
|---|---|---|---|
| | | 100V | 500V |
| 2012 | UC12 | 0.5 43 | — |
| 3225 | UC23 | 43.5 430 | 0.5 150 |
| 4532 | UC34 | 240 820 | 91.5 470 |
| 5750 | UC55 | 820 2,000 | 470 1,200 |

**표 6. 폴리에스테르 필름 콘덴서**
[니치콘(주), YX타입]

| 항목 | 값 |
|---|---|
| 사용 온도범위 | -40 +85℃ |
| 직류 정격전압 | 50V, 100V |
| 정전용량 허용차 | ±5%(J), ±10%(K) |
| 절연저항 | 30GΩ 이상 |
| 정전용량 범위 | 0.001μ 0.47μF |
| 전극 | 금속박 |

에 흘리고 그 부분의 고주파 임피던스를 내리는 것이다. 회로에서 취급하는 주파수에 대해 효과적인 용량을 선택한다.

**그림 11**은 콘덴서의 임피던스 주파수특성이다. 특정한 주파수로 딥하며 그 이후에는 임피던스가 상승하고 있다. 이것은 콘덴서가 정전용량 성분만으로 구성되어 있지 않기 때문으로, **그림 12**의 등가회로와 같이 L 성분과 R 성분이 존재한다. 이 LC로 자기공진(직렬공진)을 일으켜 딥 점이 발생한다.

공진점에서 위의 주파수는 유도성이 되므로 자기공진점에서 낮은 주파수로밖에는 콘덴서로서 작동할 수 없다.

**그림 13**과 같이 좁은 대역의 단일 주파수를 취급하는 증폭기에서는 그 주파수 성분만을 고려한다. 이 예에서는 455kHz이므로 0.047μ 0.1μF를 선택하고 수Ω 이하의 임피던스에서 고주파적으로 접지한다.

**2. 디커플링**

바이패스의 일종이지만 회로 블록간 결합을 저해하는 작동이므로 디커플링이라 불린다. 전원 라인의 콘덴서가 이

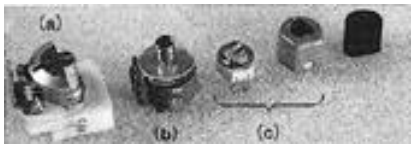
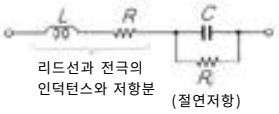
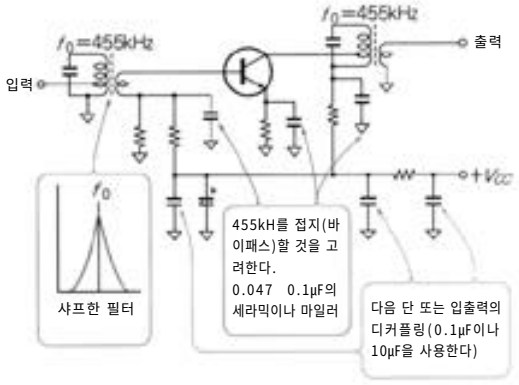


사진 6. 트리머 콘덴서 [(a) 에어 트리머, (b) 필름 트리머, (c) 세라믹 트리머]

그림 12. 콘덴서의 등가회로




▲ 그림 13. 단일 주파수만을 증폭하는 회로

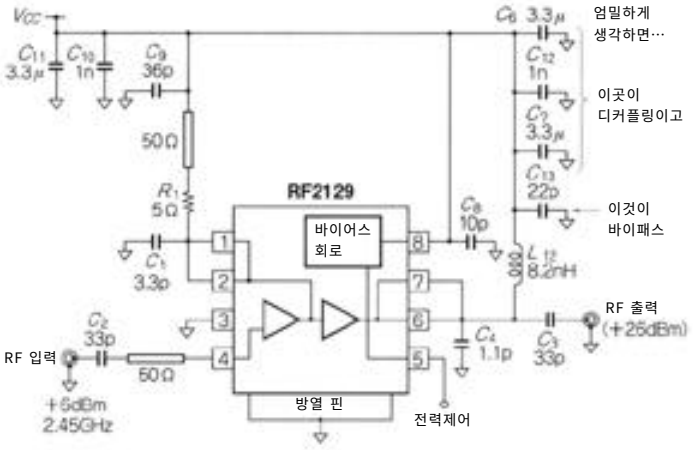
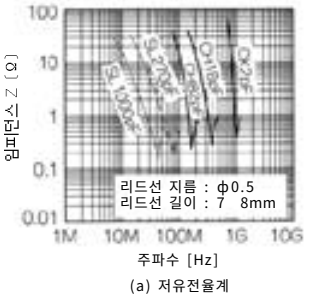
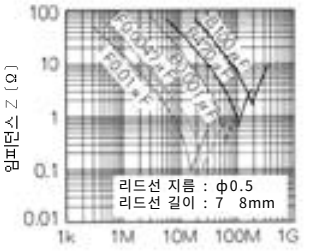



그림 14. 2.45GHz 파워 앰프 회로

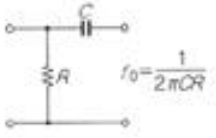



(a) 저유전율계




(b) 고유전율계

그림 15. 리드붙이 세라믹 콘덴서의 임피던스 주파수특성




이러한 1차 HPF에서도 컷오프가 대폭 변화된다.
C = R = 1로서

$f_{0(0℃)}$=0.159
$f_{0(80℃)}$=0.531
3배 차이

그림 18. 컷오프 주파수의 변화

표 7. 온도특성 선택의 한가지 안

| 용도 | 세트의 동작 온도범위 | 특성 |
|---|---|---|
| 공진회로 | — | C특성 |
| 커플링 | — | B특성까지 |
| 바이패스 | 0 +50℃ | F특성까지 OK |
| | -20 +70℃ | B특성까지 OK<br>F특성이라면 넉넉하게 배치 |

에 해당한다.

이것은 필요에 따라 여러 종류를 병렬 접속한다. 전원이나 그라운드 라인은 선택특성이 없어 폭넓은 대역에서 결함이 발생할 가능성이 있기 때문이다.

**그림 14**는 2.45GHz대의 파워 앰프회로이다. 출력 측을 상정한다면 $C_{13}$이 바이패스 콘덴서이고 $C_6$, $C_7$, $C_{12}$는 디커플링의 역할을 수행한다. 이 증폭기는 광대역이므로 낮은 주파수대의 임피던스도 내려 우회 대책을 사용하고 있다.

바이패스 콘덴서에서는 리드부분에 해당하는 인덕턴스 성분(ESL)도 크게 영향을 미친다.

**그림 15**에 리드붙이 콘덴서의 주파수특성을 나타낸다. 1,000pF의 특성을 먼저 나온 칩 콘덴서와 비교하면 자기

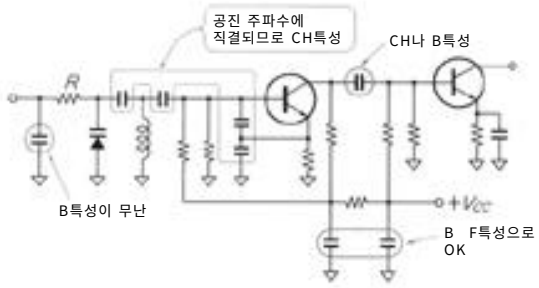



그림 16. LC 발진회로

공진 주파수가 절반이다. 앞으로 칩 형상의 콘덴서가 양호한 성능을 지닌다는 것을 예측할 수 있을 것이다. 그러나 칩 콘덴서도 전극부분에서 약간의 ESL이 잔류된다. 잔류 ESL이 가장 적은 것은 관통 콘덴서의 구조이다. 표면 실장용 3단자 콘덴서(관통 콘덴서와 같은)가 EMC 대책에 사용되는 것은 이 때문이다.

### 3. 공진회로에는 온도보상용 사용

**그림 16**과 같은 회로에서 온도에 따라 정전용량이 변화되지 말아야 하는 경우 즉, 커플링이나 공진회로에서는 온도보상용을 사용한다.

온도보상용은 온도계수에 따라 표 2와 같은 종류가 있다. 마이너스계수가 많은 것은 L의 온도계수와 상쇄되기 때문이다. LC 공진회로를 구성하는 경우, L은 플러스 온도계수이므로 콘덴서에 마이너스의 온도계수를 부여하여 온도가 광범위하게 변화되더라도 공진주파수의 변동을 최소한으로 억제하기 위해서이다. 예를 들면 병렬 공진회로에서 L의 온도계수가 +300ppm/℃라면 C에는 -300ppm/℃인 것을 사용한다.

### 4. 고유전율계 세라믹 콘덴서

사이즈, 코스트, 정전용량의 조건이 적정하게 맞았다면 온도보상용을 사용할 때 문제될 것이 없다. 그러나 온도보상용은 저유전율이므로 같은 패키지 사이즈에서는 작은 용량밖에 준비되어 있지 않다. 따라서 사이즈와 정전용량의 트레이드 오프에서 고유전율계를 선택할 때는 다음과 같은 점에 주의한다.

**(1) 온도특성**

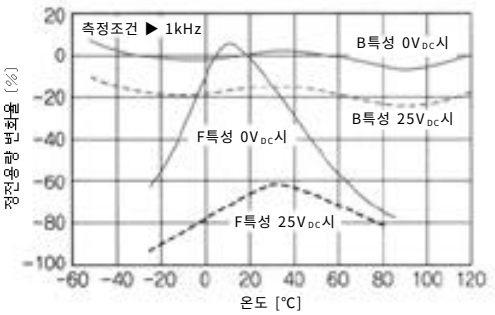



그림 17. 고유전율계 세라믹 콘덴서(50V 제품)

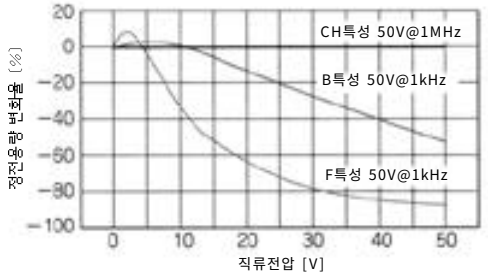



그림 19. 정전용량의 전압특성

고유전율계 세라믹 콘덴서의 온도특성을 **그림 17**에 나타낸다. 같은 사이즈라면 정전용량이 커짐에 따라 온도변화율도 커진다. F 특성에서는 DC 바이어스가 0V일 때 80℃에서 -70%이다.

이 콘덴서를 **그림 18**의 커플링에서 사용했다면 컷오프 주파수가 대폭 변동될 것이다. 온도특성 선택의 한가지 안을 **표 7**에 나타낸다.

**(2) 전압 변형**

고유전율계 콘덴서는 콤팩트하지만 인가되는 전압에 따라 용량이 변화되므로 사용상 주의해야한다.

**그림 19**는 직류를 가했을 때의 정전용량 특성이다. DC 20V에 대해 B 특성에서 15%, F 특성에서 60%가 감소된다. 전압변동이 큰 개소에 사용하면 파형 변형의 원인이 된다. 또 교류진폭 변화만으로도 용량은 몇% 변화된다.

< >