

朴 炳 柱

三和콘덴서工業(株) 應用技術팀장

## 1. 序 論

充電된 콘덴서의 에너지를 急放電시킴으로써 발생하는 펄스 大電流를 응용한 레이저, 플라즈마, 着磁機(Intense Magnetic Field Production), 醫療器 등 비교적 폭넓은 분야에서 이에 대한 應用技術과 設計에 대한 관심이 高調되고 있으며 이에 따른 이론적 뒷받침이 될만한 기초적 자료의 요구에 부응하여 本稿를 마련하게 되었다.

에너지 放電用 콘덴서(이하 放電用 콘덴서라 칭함)는 應用裝備 및 設計技術의 Know-How와 아울러 高附加性을 갖는 것을 특징으로 하고 있다.

本稿에서는 放電用 콘덴서의 다양한 回路應用 분야로부터 발생가능한 제반 技術的 要求事項에 충분히 대처할 수 있도록 대표적인 放電電流波形的 분류와 放電周期 및 反轉率에 따른 實效電流計算, 콘덴서의 구조와 인덕턴스, 수명특성, 주요 사양 등 현실적인 내용을 폭넓게 언급코자 하였다.

아우조록 本稿가 相關분야 R & D Part의 실무 적용에 유용하게 활용되어지기를 바란다.

## 2. 回路應用과 放電用 콘덴서의 적용

### 2-1 放電電流波形的 분류와 적용에

실제 여러 분야에서 응용되고 있는 放電回路의 等價圖는 그림 1과 같이  $R$ ,  $L$ ,  $C$ 로 구분하여 간략히 표현할 수 있다.

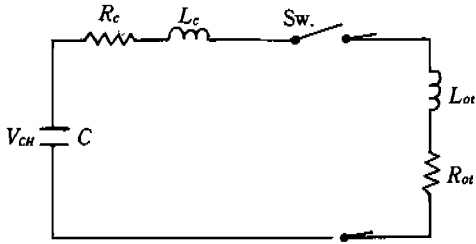
위의 구성요소중  $R_c$ 와  $L_c$ , 즉 自體抵抗分과 인덕턴스分은 콘덴서 제조자의 設計技術에 따라 크게 좌우되고  $R_{ol}$ 와  $L_{ol}$ 는 이용자의 放電펄스 波形 선택에 따라 결정되어진다. 放電펄스 波形은 대개 다음과 같이 두 가지 波形式으로 구분하여 기거나 장비의 應用回路에 따라 선택하게 된다.

放電電流波形的 유형에 따라 적용되는 대표적 장비의 종류는 다음과 같다(그림 2, 3 참조).

非反轉 臨界制動回路

(Non Reversing Critically Damped Circuit)

· Strobe Lighting



$V_{CH}$  : 充電電壓(V)  
 $R_c$  : 콘덴서 자체 等價直列 抵抗分+結線에 따른 固有抵抗分  
 $L_c$  : 콘덴서 자체 等價直列 인덕턴스分+結線에 따른 固有인덕턴스分  
 $L_{ot}$  : 回路內 인덕턴스分  
 $R_{ot}$  : 回路內 抵抗性分

<그림 1>

- Defibrillators
- Lasers
- Signal Beacons
- Impulse Generator
- Insulation Tester
- Copying Equipment
- Metal Swaging Equipment

反轉 臨界制動回路

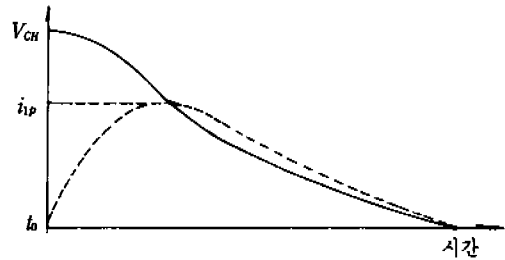
(Reversing Under Damped Circuit)

- Plasma Reserch
- Metal Forming Equipment
- Intense Magnetic Field Production
- Fuse Tester

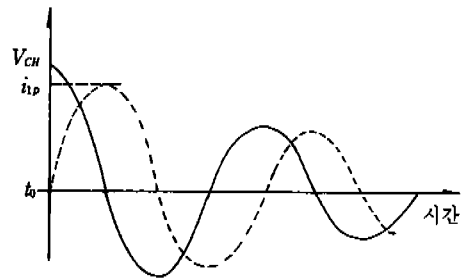
## 2.2 放電波形的 固有패턴과 R, L, C 의 구성

설계시 기초자료가 되는 固有放電 電流波형을 몇 가지 예로 분류하고 이때의 피크電流, 피크점 도달시간 등을 산출할 수 있도록 간략히 R, L, C 構成回路의 過渡現象을 해석한다.

계산을 간략히 하기 위하여 그림 1의 抵抗과



<그림 2> 非反轉 臨界制動波形 (Non Reversing Critically Damped)



<그림 3> 反轉減鎖振動波形 (Reversing Under Damped)

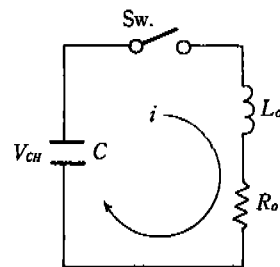
인덕턴스分을 하나로 묶어 그림 4로 나타낸다.

$$L_o = L_c + L_{ot}$$

$$R_o = R_c + R_{ot}$$

그림 4의 Sw.를 닫는 순간 閉回路內의 電壓의 合은 0이므로

$$V_{CH} + L_o \frac{di}{dt} + R_o i = 0 \quad (1)$$



<그림 4>

가 되며 여기에  $V_{CH} = \frac{q}{C}$ ,  $i = \frac{dq}{dt}$  를 대입하면

$$L_o \frac{d^2 q}{dt^2} + R_o \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0 \quad (2)$$

여기서  $q = e^{mt}$  라 놓으면

$$L_o m^2 + R_o m + \frac{1}{C} = 0 \quad (3)$$

$m$  에 관하여 2차방정식의 해를 구하면 식 (4), (5)와 같다.

$$m = \frac{-R_o \pm \sqrt{R_o^2 - 4L_o/C}}{2L_o} \quad (4)$$

$$= \frac{R_o}{2L_o} \pm \sqrt{\left(\frac{R_o}{2L_o}\right)^2 - \frac{1}{L_o C}} \quad (5)$$

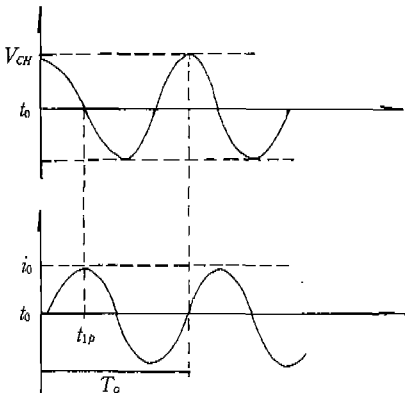
여기서  $m$  에 대한 해는 다음 (a), (b), (c), (d)의 네 가지 경우로 분류하여 구할 수 있고 그에 대한 각각의 電流式과 電流波形은 다음과 같다.

(a) 진 동

$R_o = 0$ 인 형태로서

$\alpha = 0$ ,  $\omega = \sqrt{\frac{1}{L_o C}}$  인 경우이다.

$$i_o = \frac{V_{CH}}{\sqrt{\frac{L_o}{C}}} \sin \omega t \quad (6)$$



<그림 5>

이때의 電流波形은 그림 5와 같고 周期  $T_o$ 는

$$T_o = 2\pi\sqrt{L_o C} \quad (7)$$

첨두電流의 最大量은  $Z_o = \sqrt{\frac{L_o}{C}}$  라면

$$i_o = \frac{V_{CH}}{Z_o} \quad (8)$$

이때,  $i_o$ 의 時間  $t_1$ 은

$$t_1 = t_0 + \frac{T_o}{4} \quad (9)$$

이와 같은 경우는 이상적인 것으로 실제로  $R_o$ 가 0이라는 조건은 존재하기 어렵고 放電回路를 이해하는데 기초가 된다.

(b) 減鎖振動

$R_o$ ,  $L_o$ ,  $C$ 의 구성조건이

$$R_o < 2\sqrt{\frac{L_o}{C}}$$

인 경우,  $Z_o = \sqrt{\frac{L_o}{C}}$  를 대입하면

$$R_o < 2Z_o$$

放電電流  $i_o$ 는 다음 식과 같이 표현되며

$$i_o = \frac{V_{CH}}{\sqrt{\frac{L_o}{C} - \frac{R_o^2}{4}}} e^{-\alpha t} \sin \omega t \quad (10)$$

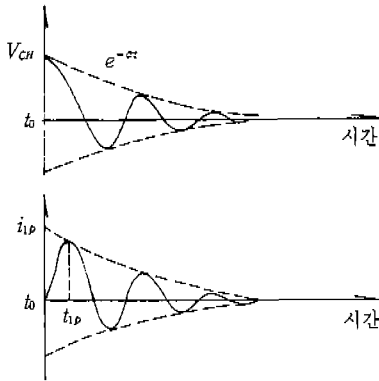
$$\alpha = \frac{R_o}{2L_o}, \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{L_o C} - \left(\frac{R_o}{2L_o}\right)^2},$$

$$\text{時定數 } \tau = \frac{2L_o}{R_o}$$

放電電流波形은 그림 6과 같이  $e^{-\alpha t}$ 에 따라 急減鎖하며 負 영역에서의 最大尖頭電流는 初期尖頭電流  $i_{1p}$ 의 10~80(%) 범위가 일반적이다. 또 初期尖頭電流  $i_{1p}$ 는  $V_{CH}/Z_o$  이내에 있으며, 이때의 時間  $t_{1p}$ 는  $t_{1p} < t_0 + T_o/4$ 로 되며  $T_o$ 는  $2\pi\sqrt{L_o C}$  보다 길게 나타난다.

(c) 臨界制動

$R_o$ ,  $L_o$ ,  $C$ 의 구성조건이  $R_o = 2Z_o$  형태로서



<그림 6 >

$$i_0 = V_{CH} C \alpha^2 t e^{-\alpha t} \quad (11)$$

$$\alpha = \frac{R_o}{2L_o}, \quad t_{1p} = \frac{1}{\alpha} = \tau$$

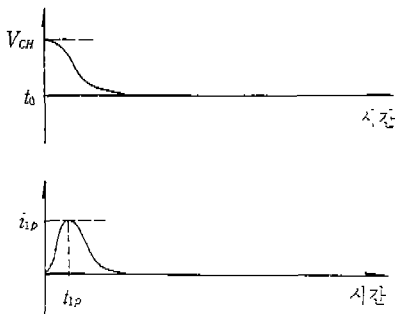
放電電流波形은 그림 7 과 같다.

이 경우는 振動이 없는 One Pulse로써 Critical Damping, 즉 臨界振動이라 하고 放電電流의 최대점은 時定數(\tau)와 같다.

$$t_{1p} = \frac{2L_o}{R_o}$$

이때의 放電電流量은

$$i_{1p} = \frac{V_{CH}}{Z_o} \times 0.368$$



<그림 7 >

로 (a) 振動時  $i_0$ 의 36.8%가 된다.

(d) 過制動

$R_o, L_o, C$ 의 구성조건이  $R_o > 2Z_o$  형태로서

$$i_0 = \frac{V_{CH}}{\sqrt{\left(\frac{R_o}{2}\right)^2 - \frac{L_o}{C}}} e^{-\alpha t} \sin h\beta t \quad (12)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{R_o}{2L_o}}, \quad \beta = \sqrt{\left(\frac{R_o}{2L_o}\right)^2 - \frac{1}{L_o C}}$$

放電電流波形은 다음 그림 8 과 같다.

$i_{1p}$ 의 尖頭電流는  $\left(i_0 = \frac{V_{CH}}{Z_o}\right) \times 36.8\%$  보다는

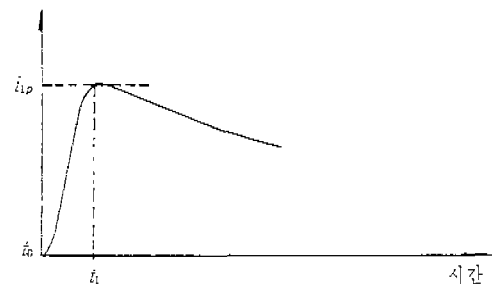
다소 작게 나타나며, 時間  $t_1 = \frac{2L_o}{R_o}$ 로 취급하여 도 무방하다.

### 2.3 放電周期와 反轉率에 의한 實效電流計算

이상의 네 가지 경우를 이용하기 쉽도록 간단히 다음 표 1 과 같이 구분하여 정리한다.

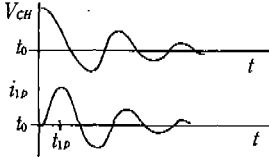
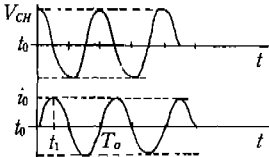
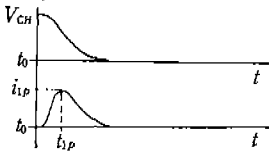
따라서 應用回路에 필요한 電流波形을 먼저 선택하고 放電에너지量과 관련된 充電電壓  $V_{CH}$  및  $C$ 를 결정하고  $L_o, R_o$  값을 결정한다.

實制回路 설계시 간편하게 이용할 수 있도록 상수  $a$ 를 도입하여 표 2, 3을 작성하였다(그림 9).



<그림 8 >

< 丑 1 >

CASE	放電回路條件	放電電壓・電流波形	備 考
1	$R_o < 2Z_o$		$i_{2p} = i_{1p} \times 0.1 \sim 0.8$ $t_{1p} < t_0 + \frac{T_o}{4}$
2	$R_o = 0$		$i_0 = \frac{V_{CH}}{Z_o}$ $t_1 = t_0 + \frac{T_o}{4}$
3	$R_o \geq 2Z_o$		$i_{1p} = i_0 \times 0.368$ $t_{1p} = \frac{2L_o}{R_o}$

反轉率 (Inversion Percent) =  $\frac{i_{2p}}{i_{1p}} \times 100(\%)$

$f_p$  = 放電 反復率

$i_0 = R_o$  가 0인 경우의  $\frac{V_{CH}}{Z_o}$  값

또,  $I_{rms}$  값은 다음 식에서도 구할 수 있다.

$T_o = R_o$  가 0인 경우 周期  $2\pi\sqrt{L_o C}$

$i_{1p}$  = 최초의 尖頭電流值

$t_{1p} = i_{1p}$  에서의 時間

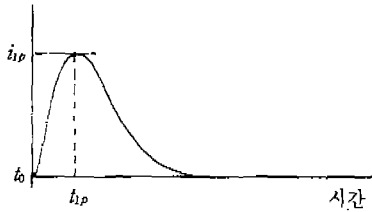
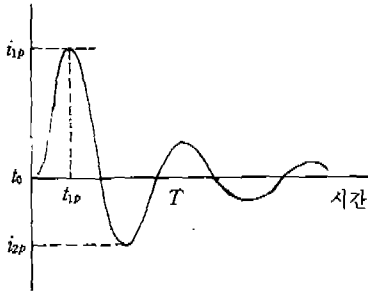
$t = T_o \times \frac{1}{2}$

< 丑 2 >

a 상수	臨界振動	減鎖振動	非振動 減鎖領域
$a = \frac{R_o}{2Z_o}$	$a = 1$	$0 < a < 1$	$a \geq 1$

< 丑 3 >

特性值	反轉率	常 數	0	10%	20%	40%	60%	70%	80%	100%
$a = \frac{R_o}{2Z_o}$		a	1	0.591	0.456	0.28	0.16	0.113	0.071	0
$i_{1p} = b i_0$		b	0.368	0.5	0.565	0.685	0.794	0.847	0.893	1
$T = c T_o$		c	-	1.24	1.12	1.04	1.01	≃ 1	≃ 1	1
$t_{1p} = d T_o$		d	0.159	0.186	0.196	0.213	0.227	0.232	0.239	0.25
$I_{rms} = \frac{i_{1p}}{2} \sqrt{t f_p K}$		k	-	-	1.02	1.25	1.25	1.4	1.67	-



<그림 9>

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{CV_{CH}^2 f_p}{2R_o}} \quad (13)$$

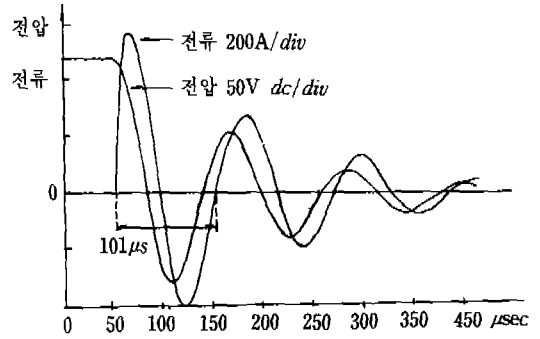
이제까지의 이론적 내용에서 현실감 있도록 측정된 Data를 중심으로 電流와 주요 관심사항에 대하여 전개해 보기로 한다.

실제 현장에서 적용되는 放電電流의 尖頭値는 수십~수백kA에 이르므로 측정기술과 그에 따른 주의가 필요하다.

먼저 放電에너지량과 放電電流波形을 선택한 다음 콘덴서의 電極方式과 길이, 體積과 誘電體, 實效電流를 산출하고 이로부터 파급되는 부수적인 사항을 결정해야 한다.

그림 10은 (Simulation Test) 放電時의 電壓 및 電流波形을 나타낸다. 필요한 解를 구하기 위해 실측그래프로부터 직접 얻을 수 있는 데이터는 다음 표 4와 같다.

표 4를 근거로 표 3에서 필요한 解를 구한다. 反轉率이 81.5(%),  $T \approx T_o$ 인 조건으로  $i_o$ ,  $I_{rms}$ ,



<그림 10>

<표 4>

充電電壓 $V_{CH}$	125V
콘덴서容량 $C$	45.6 $\mu$ F
放電尖頭電流 $I_{1p}$	540A
放電尖頭電流 $I_{2p}$	440A
放電波 周期 $T$	101 $\mu$ s
Inversion %	82%

$Z_o$ ,  $R_o$ ,  $L_o$ ,  $t_{1p}$  등을 산출한다(표 5 참조).

回路 설계시 중요한 요소중 하나는 實效電流值로서 전술한 2가지 방법으로 계산해 본다.

$$I_{rms} = \frac{I_{1p}}{2} \sqrt{t f_p k} = 2.46(A)$$

<표 5>

$L_o$	$\frac{T_o^2}{4\pi^2 C}$	5.66( $\mu$ H)
$Z_o$	$\sqrt{L/C}$	0.35( $\Omega$ )
$R_o$	$a 2Z_o$	0.03( $\Omega$ )
$t_{1p}$	$d T_o$	24( $\mu$ sec)
$t$	$T_o/2$	50( $\mu$ sec)
$k$		1.67
$a$	$R_o/2Z_o$	0.045
$I_o$	$i_{1p}/b$	605(A)

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{CV_{CH}^2 f_p}{2R_o}} = 2.44(A)$$

이상 두 가지 경우 모두 實效電流値의 결과는 큰 差가 없음을 알 수 있다.

여기서 臨界制動을 하기 위한 조건을 보면  $Z_o = 0.35(\Omega)$ , 臨界條件  $R_c = 2Z_o$ , 필요한 抵抗  $R_c$  는  $0.7(\Omega)$ , 이때의 電流尖頭値  $i_{ip}$  는  $I_o \times 0.368$  이므로 약  $223(A)$  정도다.

또  $t_{ip}$  는  $dT_o$  에서  $16(\mu\text{sec})$  이므로 다른 방법으로  $t_{ip}$  를 구하면

$$t_{ip} = \frac{2L_o}{R_c} = 16.1(\mu\text{sec}) \text{로 같은 결과임을 알 수 있다.}$$

放電抵抗의 容量을 결정하기 위한 實效電流를 구하면

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{CV_{CH} f_p}{2R_o}} = 0.5(A)$$

放電抵抗의 容量은  $W = I^2 R$  에서  $0.175(W)$  가 된다. 실제현장의 超音波 醫療機器用 콘덴서로부터 얻은 데이터는 표 6의 減鎖振動과 같고 臨界振動條件은  $R_c$  를 가정하여 산출한 경우이다.

### 3. 콘덴서의 에너지密度와 構造에 따른 인덕턴스

#### 3.1 에너지密度

일반적으로 콘덴서의 充電에너지와 그 에너지密度는,

充電에너지

$$W = \frac{1}{2} CV_{CH}^2 (J) \quad (14)$$

$C$ : 靜電容量(F),  $V_{CH}$ : 充電電壓(V)

$$W = \frac{1}{2} \epsilon G^2 V \eta (J) \quad (15)$$

$\epsilon$ : 誘電率,  $\epsilon = \epsilon_o \epsilon_s$

<표 6 >

項目	減鎖振動	臨界振動
$V_{CH}$	22(kV)	22(kV)
$T$	28.8( $\mu\text{sec}$ )	-
$C$	1( $\mu\text{F}$ )	1( $\mu\text{F}$ )
Inversion	60(%)	0(%)
$i_{ip}$	3.8(kA)	1.766(kA)
$Z_o$	4.58( $\Omega$ )	4.58( $\Omega$ )
$I_{rms}$	5.13(A)	3.63(A)
$R_c$	-	9.16( $\Omega$ ), 130(W)
$f_p$	0.5	0.5

$$\epsilon_o = 8.84 \times 10^{-12} (F/m)$$

$\epsilon_s$  = 比誘電率

$G$  = 電位傾度 (V/m)

$V$  = 콘덴서 容器 容積 ( $m^3$ )

$\eta$  = 誘電體 體積의 콘덴서 容積에 대한 比率(占有率)

에너지密度

$$D = W/V \quad (16)$$

$$= \frac{1}{2} \epsilon G^2 \eta (J/m^3) \quad (17)$$

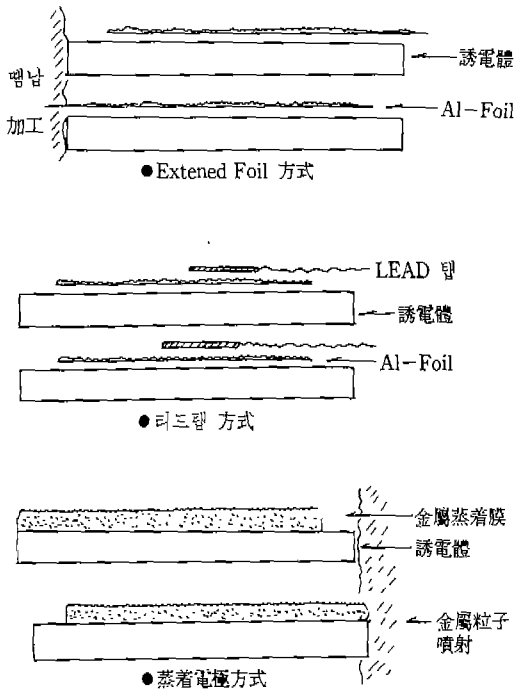
$D$ : 單位體積當 充電에너지

에너지密度는 電位傾度の 2승과 誘電體의 體積占有比에 의해 결정되며 설치시 Space 이용률, 경제성을 평가하는 참고자료가 된다.

에너지 放電用 콘덴서에 있어서는 電極構造에서 오는 自己 인덕턴스의 最小化, 電極單位 m당의 電流密度 결정, 構造上的 Ohmic Resistance 등이 에너지密度에 앞서 우선적으로 고려되어야 할 사항이다.

#### 3.2 電極構造와 인덕턴스

콘덴서의 電極構造는 그림 11과 같이 크게 3종류로 분류하는 것이 일반적이다.



<그림 11> 電極構造 分類圖

大電流大容量的 誘導爐用 콘덴서나 無誘導 (Ultra Low Inductance) 구조가 필요한 에너지 放電用 콘덴서의 경우에는 Extended Foil 방식이 적합하며, 리드탭 방식은 알루미늄箔 電極과 탭이 갖는 접촉저항 때문에 사용하는 데는 전류제한이 따른다. 따라서 이 방식은 多素子를 집결한 구조의 電力用 콘덴서에 적합하며 L 값의 최소화가 요구되는 개소에는 부적합하다. Film에 金屬膜을 蒸着한 구조의 MF (Metallized Film) 콘덴서는 생산성과 신뢰도, 경제성이 뛰어나기 때문에 모터 運轉用, 低壓進相用, DC用, 電力電子用 등에서 광범위하게 이용되고 있다.

이상의 세 가지 방식에 의해 제작된 콘덴서의 實測放電電流波形과 인덕턴스를 다음 표 7에 나

타낸다.

電極構造別 放電電流波形은 그림 12에 표시하는 바와 같다.

표 7에서와 같이 低인덕턴스가 필요한 경우에는 리드탭 방식이 부적합하며 이는 電極으로 사용되는 알루미늄箔 捲回部 인덕턴스 기여도가 높기 때문이다.

이에 반하여 Extended Foil 방식은 알루미늄箔을 誘電體 밖으로 인출하여 捲回後, 全面를 납땜 加工하기 때문에 電極 자체의 인덕턴스分과 回路의  $Z_0$ 를 최소화할 수 있어 이상적이다.

또 電極 자체 抵抗과 납땜부 接觸抵抗 등에 의해 구성되는  $R_0$ 를 작게 할 수 있어 放電回路內 Loss의 최소화와 放電尖頭電流의 극대화가 용이하다.

蒸着電極 방식은 수백 Å의 蒸着膜抵抗과 電極을 인출하기 위한 金屬粒子를 분사시킨 金屬層(통상 메타리콘으로 칭함)의 接觸抵抗에 의해  $R_0$ 가 비교적 높다. 또 이 경우 메타리콘부 接觸抵抗의 불안정성 때문에 放電波形 또한 不規則하여 일정한 반복펄스波形이 필요한 곳에 사용할 때는 주의가 필요하다.

이상과 같이 高精度와 高에너지放電이 필요한 경우에는 Extended Foil 방식이 이상적이며 다음으로 MF 콘덴서를 들 수 있다. 이제까지의 경험에 의하면 콘덴서 構成要素中 리드선의 引出技法에 따라 콘덴서 자체의 等價直列 인덕턴스 (ESL)가 크게 좌우됨을 알 수 있었고 리드탭 방식을 제외한 경우, ESL의 최소치는 10(nH) 정도가 되었다.

#### 4. 仕様明示事項과 使用條件에 의한 壽命特性圖

에너지 放電用 콘덴서의 技術的 事項에 대한



<표 7> 電極構造別 放電波形特性和 인덕턴스 比較

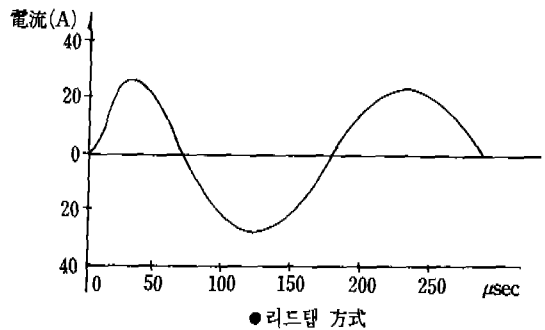
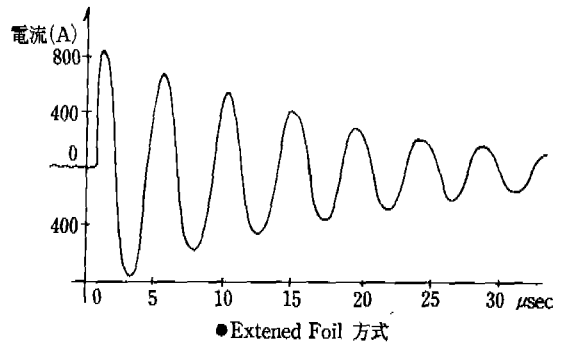
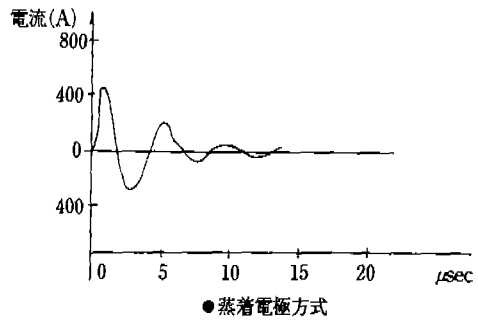
	Extended方式	리드탑方式	蒸着電極
콘덴서용량 $C$	3.6( $\mu\text{F}$ )	4.7( $\mu\text{F}$ )	3.6( $\mu\text{F}$ )
充電電壓 $V_{CH}$	125(V DC)	125(V DC)	125(V DC)
放電閉回路 인덕턴스 $L$	86(nH)	147(nH)	96(nH)
特性 임피던스 $Z_o$	0.15( $\Omega$ )	5.5( $\Omega$ )	0.16( $\Omega$ )
放電尖頭電流 $i_{ip}$	820(A)	23(A)	500(A)
放電初期周期 $T$	3.5( $\mu\text{sec}$ )	165( $\mu\text{sec}$ )	3.7( $\mu\text{sec}$ )
反轉率 ( $i_{2p}/i_{1p}$ ) [%]	91	92	70
放電閉回路 抵抗 $R_o$	9(m $\Omega$ )	330(m $\Omega$ )	36(m $\Omega$ )

仕樣을 정리하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 使用電壓(kV DC)
- ② 콘덴서 容量( $\mu\text{F}$ )과 許容限界  $\pm$ (%)
- ③ 最大尖頭 放電電流(kAp) 및 放電電流 波形
- ④ 放電周期(sec)
- ⑤ 最大 인덕턴스(nH)
- ⑥ 端子間 耐電壓(kV DC)과 試驗電壓 印加時間(sec)
- ⑦ 最高許容溫度( $^{\circ}\text{C}$ )와 使用周圍溫度( $^{\circ}\text{C}$ )
- ⑧ 放電回數(回)
- ⑨ 誘電靜接(%)
- ⑩ 端子間 絶緣抵抗( $\Omega \cdot \text{F}$ )
- ⑪ 放電負荷의 임피던스  $R+jX(\Omega)$
- ⑫ 치수 및 機械的 構造·冷却方式

일상적으로 적용되는 仕樣은 容量許容值  $\pm 10\%$ , 端子間 耐電壓은 定格電壓 $\times 1.5$ 배에서 1분간, 充放電 壽命 100,000(回), 使用溫度  $-10^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ , 誘電靜接의 측정조건은 1(kHz), 1000(mV) 혹은 60(Hz),  $\text{WV} \times 20\%$ 을 적용한다.

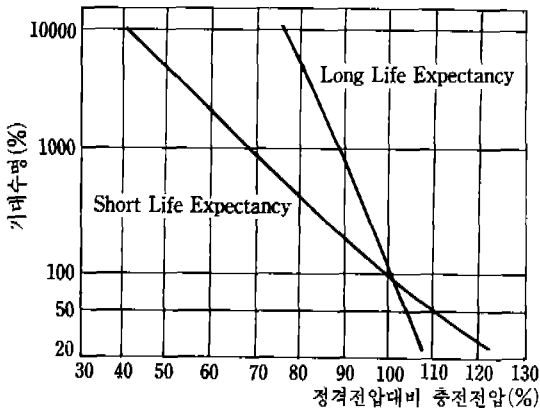
다음에 에너지 放電用 콘덴서의 壽命特性을 그림으로 나타낸다(그림 13, 14, 15, 16 참조).



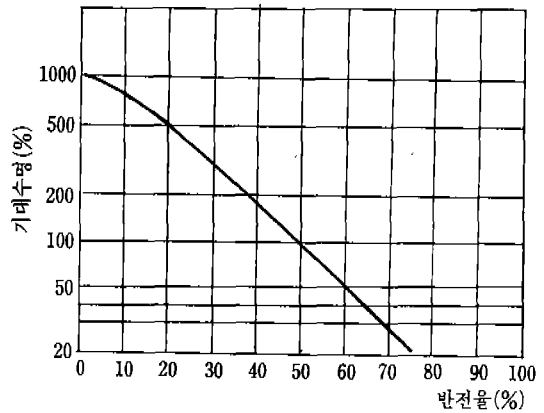
<그림 12> 放電電流波形

## 5. 結 論

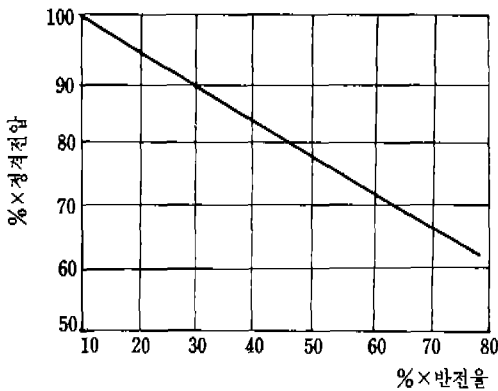
에너지 放電用 콘덴서를 응용함에 있어 필요한 過渡現象에 대한 解와 放電尖頭電流의 豫測計算, 實效電流로의 換算法, 仕樣明示 事項과 壽命特性



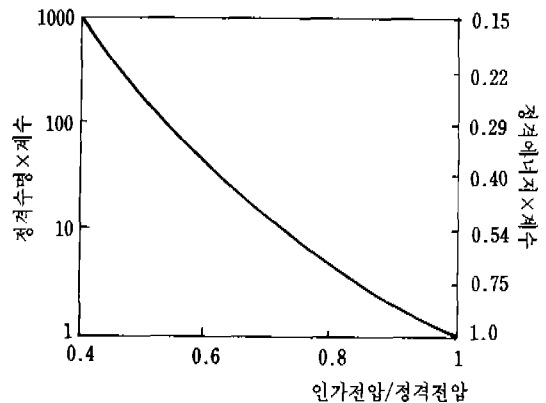
<그림 13> 충전전압 변화에 따른 기대수명 예측도



<그림 14> 반전율에 의한 기대수명 예측도



<그림 15> 일정한 수명을 유지하기 위한定格電壓對比 충전電壓率과 反轉率



<그림 16> 實印加電壓과 에너지에 의한 기대수명 변화도

圖 등 현장에서 필요한 현실적 내용을 위주로 언급하였다. 향후, 관련분야에서는 放電電流量과 波形에 따른 變換에너지의 상관관계를 정립시켜야 할 것으로 생각되며 기기 및 부품의 생산활성화를 위해 測定技術의 표준화가 요망된다. 아울러 電極의 放電펄스 耐量強化를 위한 生産技術開發, 高에너지密度를 동시에 추구해 나가야 할 것이다. 또한 콘덴서 제조업체의 Know-How에 속하는

사항으로 電極構造別 最大許容  $di/dt$  値의 설정과 리드선 處理技法에 따른 ESL의 변화에 관한 구체적 내용은 생략하였으며 다른 기회에 접할 수 있기를 기대한다.

끝으로 본 자료가 醫療裝備, 着磁機, 레이저 應用機器 등 광범위한 산업기기 분야의 R & D Part 실무담당자들이 에너지 放電用 콘덴서를 이해 하는데 도움이 되길 바란다.