

## 電容器使用須知

電容器雖然是一個很脆弱的設備，但若在「正常」的情況下使用，其壽命約可維持 6~10 萬小時（約 7~10 年）。然而，因為規格選用不當、現場施工不夠確實、以及環境因素（散熱、諧波等等）之干擾，導致電容器時有燒毀（或使用壽命縮短）之情形發生。為避免不當使用而導致電容器燒毀，在選用及安裝時應注意下列事項，期能減少因電力中斷所產生之困擾。

## 一、售前要「諮詢」

1. 設計、及欲購買電容器時，請考慮以下幾點：

「系統電壓(起伏)」、「負載種類(突波/諧波/連續過電壓)」、「諧波對策(SR 有無安裝)」、「MC 之選用(AC6b 對應)」、「並聯風險(阻礙壓力切斷裝置動作)」…等等，若考慮不足，電容器將很快就損壞。

2. 必須選用適當之電壓規格、以及適當容量之電容器，才能達到預期的效果。由於電容器多安裝在變電站內，為求終端線路之電壓能維持額定電壓，會將變壓器輸出電壓調高 3~5%，故電容器在選用時需適度的提高耐壓；若未裝串連電抗時，一般建議將電容器之電壓等級放大 8~9%；若搭配串聯電抗使用時，除容量需適當之外，其電壓選用必須再提高；例如當串聯電抗為 6% 時，其電壓等級至少必須提高 16% 以上。  
可參考下表選用：

系統電壓	208/220		380		440		480	
SR	N/A	6%	N/A	6%	N/A	6%	N/A	6%
建議選用 (放大倍率)	240 (1.1)	260/280 (1.25/1.27)	415/440 (1.1~1.16)	480 (1.26)	480/525 (1.1~1.19)	600 (1.36)	600 (1.25)	600 (1.25)

3. 若系統上有高諧波源，且未加裝串連電抗時，電容器將有隨時燒損之可能。

4. 根據 IEC 831-1 規範，電容器所能承受的電壓標準如下：

額定電壓倍數	承受極限	備註
1.00	可連續	※ 本表以電容器之投入或切離加總「每年不超過 2500 次」為原則，若投入或切離越頻繁，則耐壓能力會更下降。
1.10	最長 8 小時/每天	
1.15	最長 30 分鐘/每天	
1.20	最長 5 分鐘	
1.30	最長 1 分鐘	

## 二、安裝要「叮嚀」

1. 施工時，除端子與電線之接觸面需清潔乾淨、**端子螺絲必須鎖緊**（防止接觸點過熱）之外，也必須**有良好之通風**，否則，由於接觸不良以及安裝過度靠近（電容器間距至少應有 40mm）、或盤內通風不良無法散熱，均將導致溫升過高而使電容器燒毀。細節部份，**放電電組也必須確實鎖緊**，並且注意**不可接觸到電容器外殼**。此外，接地螺絲也必須鎖緊，並確實接地。
2. 若系統上有產生諧波之設備，當  $V_{TH} \geq 5\%$ 、 $I_{TH} \geq 20\%$  時，必須加裝適當規格之串聯電抗，否則，由於諧波之干擾將導致電容器溫度過高並快速燒毀。**請注意！並不是說  $V_{TH} < 5\%$ 、 $I_{TH} < 20\%$  就可不需考慮諧波改善！**只要系統當中有諧波，電容器損壞只是遲早的問題（壽命長短與諧波量呈反比）。串聯電抗之選用必須合宜，否則亦有可能二者產生共振，而導致燒毀之情形。
3. 安裝自動功因調整器時，必須**妥善安置每一迴路之容量**，才不致因目標功因接近時同一迴路之過度投入／切離，導致電容器燒毀（例如要裝設為 10-10-20-20-40-40 較合宜，不應同規格排列，例如：20-20-20-20-20-20）。
4. 電容器二只或二只以上之並聯使用問題，請將導線拉出來至電磁接觸器處再行並聯，不要將兩條銅線塞入同一端子、或直接用銅排跨接並聯。再者，相較於並接使用，選用鐵殼型大容量電容器會安全許多。

## 三、檢討要「細心」

電容器燒毀/過熱時，現場處理步驟如下：

檢視／測量：

- ✓ 電容器規格之選用是否正確？（核對電壓、容量以及系統電壓之規格）
- ✓ 電抗器規格之選用是否正確？（核對電壓、容量、mH 值、耐電流以及系統電壓之規格）
- ✓ 端子之接線是否均已鎖緊？是否確實接地？
- ✓ 散熱與通風是否良好？（電容器間距夠不夠 40mm？電容器最熱處為端子下方約 10cm 處）
- ✓ 系統中有無產生諧波之設備？有多嚴重？（設備種類？諧波數據？要紀錄）
- ✓ 電容器之容量排列是否恰當？（避免目標功因值附近的連續投入／切離）
- ✓ 自動功因調整器之設定是否恰當？（投入／切離之時間設定）
- ✓ 溫度量測位置是否正確？（量測前，務必先確認電容器是否投入，沒在投入狀態當然不會有什麼溫度；所量測的是電阻的溫度、還是電容器的溫度？量測電容器溫度時，是否正確量測端子接線處？是否正確量測電容器之發熱處？→要量測端子下方、內部電容接線的集結處。）量測所得之溫度均須紀錄，以便提供原廠處理。

電容器之「電容衰減」可能原因：

在正常使用的狀況下，SC 每年電容的衰減「最多約 5%」；若是衰減過大，那已不是衰減而是內部已經受損，其原因可為下列所述 7 點，必須仔細核項檢討及原因。

1. 溫度過高 （周圍環境/盤內溫度：45°C 以上→異常）  
（配電箱無散熱孔→異常）
2. 過於頻繁的投入/切離（1 天超過 10 次…）
3. 諧波過電流 ( $I_{TH} > 20\%$  → 異常) 諧波過電壓 ( $V_{TH} > 5\%$  → 異常)
4. 系統過電壓 （一般：要放大 8~9%） （6%SR：要放大至少 1.16 倍以上）
5. 突波電壓 & 電流
6. SC 本身品質不好

四、串聯電抗器之應用：

串聯電抗器之主要目的在於保護電容器免於突波電流及諧波電流之傷害，所以在設計時應注意以下內容：

1. 電力系統若有第五諧波時，為避免諧波對電容器造成傷害，建議採用串聯 6% 的電抗器。

串聯共振點  $hs = \frac{1}{\sqrt{K}} = 1/\sqrt{6\%} = 4.08$  級，如此便可隔離第五次以上的諧波，以保護電容器。

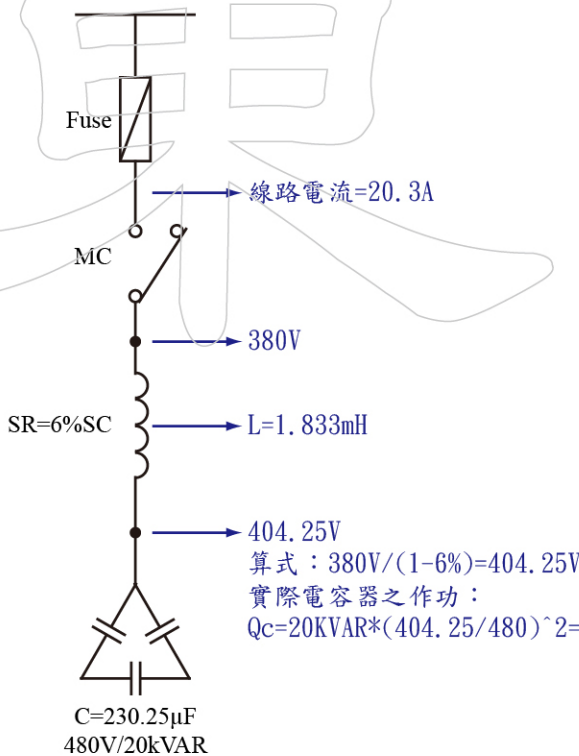
2. 所謂 6% 電抗器之搭配，一般皆以容量及耐壓作為標準，電抗器額定耐壓應以電容器之電壓或系統電壓何者作為標準，常處於模糊不清的狀態，更何況系統電壓難保不會受到波動而造成 6% 比例上的變化；所謂的 6% 是指阻抗  $X_L/X_C = 6\%$ ，若以阻抗作計算，則不會受到電壓之改變而影響感抗及容抗之比值。

3. 若以 480V, 20KVAR 之電容器，其容抗  $X_C = \frac{V^2}{Q_C}$   
 $= 480 * 480 / 20,000$   
 $= 11.52 \Omega$

4. 按照 6% 的計算，其所搭配的電抗器  $X_L$  值應為： $11.52 * 6\% = 0.6912 \Omega$

5. 依據公式  $X_L = \omega * L (mH)$ ，得知其  $L = 0.6912 / (2 * 3.141592654 * 60)$   
 $= 1.833 mH$

6. 以實際運用為例，380V 的系統電壓，採用 480V/20KVAR 電容器搭配 6% 的電抗組，實際的計算如下：



依據公式  $X_C = \frac{1}{\omega * C (\mu F)}$ ，

$$C = 1,000,000 / (2 * 3.141592654 * 60 * 11.52)$$

$$= 230.25 \mu F$$

7. 電抗器之單相端電壓為  $V_L = (404.25 - 380) / \sqrt{3} = 14V$

8. 依據公式  $X_L = \frac{V_L^2}{Q_L}$  可以得知電抗器之虛功  $Q_L = (14 * 14 / 0.6912) * 3$  相 = 0.85KVAR

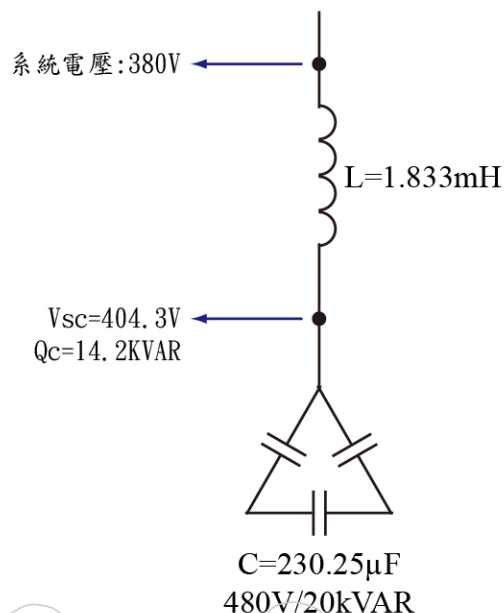
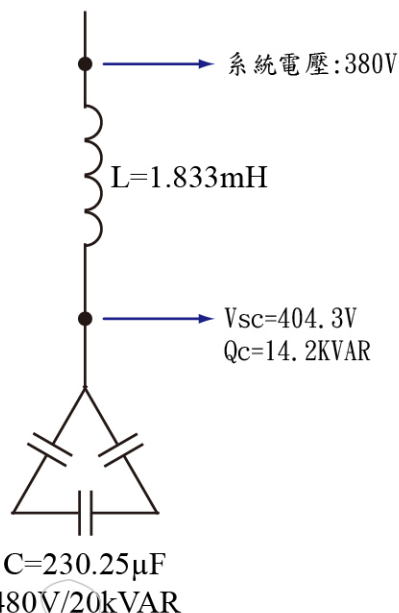
9. 驗算虛功之比例： $Q_L : Q_C = 0.85 / 14.168 \approx 6\% \rightarrow$  正確

10. 以阻抗的匹配作為基準，才能隨著電壓及頻率的變動下，仍保持原來的阻抗比例。

11. 整個線路的總虛功  $Q_{LC}$  為： $Q_C - Q_L = 14.185 - 0.85 = 13.335$  KVAR

線路電流  $I_{LC} = Q_{LC} / \sqrt{3V} = 13,335 / (\sqrt{3} * 380) \approx 20.3A$

12. 電抗器之耐電流比較：



實際需求	RITA電抗器 使用規格
額定電壓:380V	額定電壓:480V
$Q_{LC}=13.3$	$Q_{LC}=21.2$
$Q_C=14.2$	$Q_C=22.6$
$Q_L=0.85$	$Q_L=1.4$
$I_{LC}=20.3A$	$I_{LC}=25.5A$
$L=1.833mH$	$L=1.833mH$

SR一樣放大容量使用  
因考慮了各階諧波電流量  
設計裕度足足大了26%  
可避免過載造成燒毀



實際需求	他牌電抗器 使用規格
額定電壓:380V	額定電壓:380V
$Q_{LC}=13.3$	$Q_{LC}=13.3$
$Q_C=14.2$	$Q_C=14.2$
$Q_L=0.85$	$Q_L=0.85$
$I_{LC}=20.3A$	$I_{LC}=20.3A$
$L=1.833mH$	$L=1.833mH$

13. 結論：電抗器之選用，除了要與電容器之阻抗匹配作為優先外，須再考量電抗器之耐電流值，以 RITA 電抗器 RSR4820(搭配 480V/20KVAR 電容器)為例，其額定電流為 25.59A，使用在 380V 時線路實際電流為 20.3A，其設計的裕度足足大了 26%，即使在變電站位置電壓增加 10%時，線路電流增加 121%仍可以正常運作，加上電抗器本身有 135%的過載能力，更可以確保電抗器安全無虞地運轉。

14. 如有須詳細之計算及選配可請教專業技師、專業廠商或顧問公司諮詢之。

五、參考文獻依據

1. RITA Serviec instructions for low voltage power capacitor

電容器應串聯電抗器、並且搭配電容器投切專用之電磁接觸器使用，以抑制電容器投切時之突入電流及異常電壓之破壞。電容器加裝串聯電抗器的好處尚有，對於有諧波電流的迴路可使電容電抗之共振點往前移以避開所有諧波電流。調諧電抗電容器組之調諧頻率必須低於系統的最低階諧波頻率(通常是第五諧波-300Hz)，如此在基波頻率(60Hz)不但可補償無效功率且可抑制諧波之放大，確保電容器壽命。

電容器串聯電抗器使用時，電容器之端電壓將會提昇  $1/(1-L)$  倍 [註： $L=X_L/X_C$ ]，須考慮適當提高電容器之耐電壓等級。即使沒有加裝串聯電抗器，考慮到系統電壓之波動，亦應將電容器電壓等級放大，以確保安全。

可參考下列對照表選用：

SC、MC、HRC-Fuse之搭配選用建議：

電容器額定電壓：240 ~ 280V (系統電壓220V)					
電容器容量 (kVAR)	RITA / TOYO MC規格	HRC Fuse 規格	電容器容量 (kVAR)	RITA / TOYO MC規格	HRC Fuse 規格
5	TC1-D12 / TMC-C32	25A	30	TC1-D60 / TMC-C150	125A
10	TC1-D20 / TMC-C43	40A	40	TC1-D80 / TMC-C150	160A
15	TC1-D33 / TMC-C63	63A	50	- / TMC-F185	200A
20	TC1-D40 / TMC-C95	100A(80A)	60	- / TMC-F225	250A
25	TC1-D60 / TMC-C95	100A	-	-	-

電容器額定電壓：415 ~ 480V (系統電壓380V)					
電容器容量 (kVAR)	RITA / TOYO MC規格	HRC Fuse 規格	電容器容量 (kVAR)	RITA / TOYO MC規格	HRC Fuse 規格
5	TC1-D12 / TMC-C32	16A	50	TC1-D60 / TMC-C150	125A
10	TC1-D12 / TMC-C32	25A	60	TC1-D60 / TMC-C150	160A
15	TC1-D16 / TMC-C32	35A	75	TC1-D80 / TMC-F185	200A
20	TC1-D20 / TMC-C43	50A	80	TC1-D80 / TMC-F225	250A
25	TC1-D25 / TMC-C63	63A	100	- / TMC-F225	250A
30	TC1-D33 / TMC-C95	80A	110	- / TMC-F265	300A
40	TC1-D40 / TMC-C95	100A	120	- / TMC-F265	300A

電容器額定電壓：525 ~ 600V (系統電壓440~480V)					
電容器容量 (kVAR)	RITA / TOYO MC規格	HRC Fuse 規格	電容器容量 (kVAR)	RITA / TOYO MC規格	HRC Fuse 規格
5	TC1-D12 / TMC-C32	16A	50	TC1-D40 / TMC-C95	100A
10	TC1-D12 / TMC-C32	20A	60	TC1-D60 / TMC-C150	125A
15	TC1-D12 / TMC-C32	35A	75	TC1-D60 / TMC-C150	160A
20	TC1-D16 / TMC-C32	40A	80	TC1-D60 / TMC-F185	160A
25	TC1-D20 / TMC-C43	50A	100	TC1-D80 / TMC-F225	200A
30	TC1-D25 / TMC-C43	63A	110	- / TMC-F265	200A
40	TC1-D33 / TMC-C95	80A	120	- / TMC-F265	250A

有無加裝串聯電抗器時，電容器電壓等級之放大建議：

系統電壓 (V)	220		380		440		480	
	無	6%	無	6%	無	6%	無	6%
建議選用 SC電壓 (V)	240	260 / 280	415 / 440	480	525	600	600	600

