

介紹

1. 使用範圍

廠內變電站是用戶內的電力轉換站，用以提高或降低電壓，並分配負載，抑制故障電流與異常突波，提高供電品質和供電可靠度。為避免受電端產生電壓降問題，變電站要儘可能靠近用電多的地方，但應避免接近地下斷層，以防地震災害。變電站設計規劃時，應考慮設備之選用、安全距離、絕緣協調與周遭環境的影響。此外，對既設設備使用時應注意事項，應訂定事故處理及災害應變措施。

2. 名詞解釋

- (1) **變電站**：為電力轉換站，介於電源與負載之間的電力設施，其任務為電壓轉換，負載分配。
- (2) **啟斷容量**：斷路器之啟斷容量是以仟伏安或百萬伏安為單位。啟斷容量等於 $\sqrt{3}$ (斷路器所連接之匯流排電壓) \times (斷路器所能啟斷之電流)。
- (3) **絕緣協調**：變電站內各種電力設備之絕緣程度，依其重要性而做不同等級之安排，價值愈高者其絕緣等級愈高且耐壓強度愈高。
- (4) **磁場強度**：導體電流所形成的磁場之強度，以 A/m 為單位。
- (5) **磁力線密度**：導體內電流產生的磁力線，其影響以磁力線密度評估，單位為高斯(Gauss)。

3. 架構、設施

一個變電站通常是由數回線路組成，均引接至匯流排，其中經過各種開關設備、比壓器、比流器、電容器、電抗器及中性點接地設備....等。按照變電站設計準則，在系統安全原則下，將有限空間做有效利用，以供日後擴充設備之用。

- (1) **安全距離**：安全距離計有相間，對地，隔離及區間距離等四種[1]。電力設備必須有足夠之絕緣等級及相互協調。其所受之電壓強度包括正常電源頻率之電壓與雷擊及開關突波所引起之暫態異常電

壓，前者一般以不超過 5%為原則，後者乃決定屋外型變電站機器之基本絕緣水準(Basic Impulse Level, BIL)。設計變電站時，各種導體須保持適當的相互間或對地間的距離，以防止閃絡或火花發生。例如「屋內線路裝置規則」第 402 條即規定屋內外裸帶電導體間及該裸帶電導體與鄰近大地間之間隔應不得小於表一所列數值（電氣設備內部配置或設備之外部端子間隔，可酌量減少）。

(2) **變壓器之選用**：變壓器依冷卻方法可分為浸油自冷式、浸油氣冷式、浸油強迫油流冷卻式、浸油水混合冷卻式及乾式氣冷式等。若依聯接方式又可分為兩線圈、多線圈、單相、三相...等，圖 1 所示為一典型變電站的三相變壓器。變壓器可算是變電站之主角，價格高，故須注意變壓器之容許電流與溫度限制或暫態溫度時間限制下所能承受之負荷量和運轉維護有關。

表 1 導體之間隔(mm)

標稱電壓 (kV)	區別	屋 外		屋 內	
		導 體 相互間	導體與 大地間	導 體 相互間	導體與 大地間
3.3	標準	500	250	250	120
	最小	300	150	150	70
6.6	標準	500	250	250	120
	最小	300	150	150	70
11	標準	600	300	300	160
	最小	400	200	200	110
22	標準	700	400	400	250
	最小	500	300	300	215
33	標準	900	500	500	350
	最小	600	400	400	300
66	標準	1,700	1,100	1,100	700
	最小	1,300	800	800	650
161	標準	3,000	1,900		
	最小	2,100	1,500		

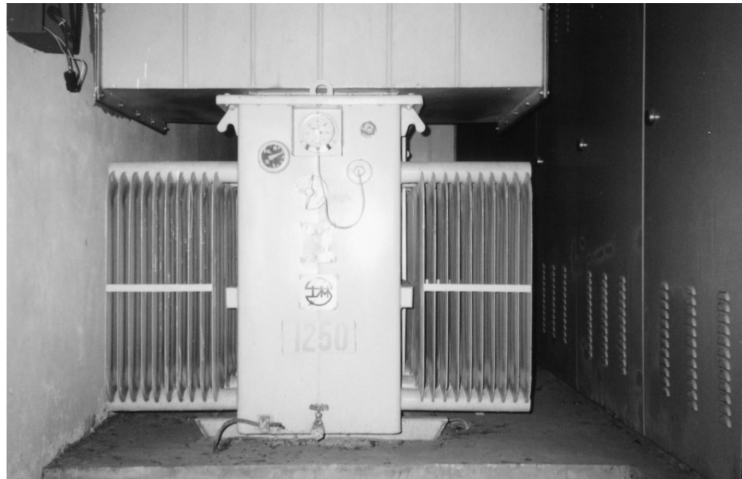


圖 1 典型變電站的三相變壓器

表 2 變壓器冷卻方式與溫度關係

冷卻方式	額定容量(kVA)之增減(%)	
	溫度每增 1°C	溫度每減 1°C
自冷式 (OA)	-1.5	+1.0
風扇冷卻式 (OA/FA,OA/FA/FA)	-1.0	+0.75
強迫油冷式 (OA/FA/FOA)	-1.0	+0.75

例如依據美國標準 ANSI-C57-92，變壓器載流容量由變壓器溫昇及周圍溫度決定，短時過載及不損及材料壽命之載流容量亦然。該標準之基本條件，為周圍冷卻溫度假定為最高 40°C (或平均 30°C)時，變壓器銅繞組溫昇不得超過 55°C，平均氣溫高於或低於 30°C 時，變壓器額定載流將有所增減，如表 2 所示。唯應注意此表用於屋外變電所，若為屋內型時，則應安裝通風設備以控制其週圍溫度。

(3) 斷路器之選用：斷路器為開關電力線路的一重要設備，除平常持

續通過負載電流外，系統故障時，要能安全迅速啓斷，故須具足夠之啓斷容量(Interrupting Capacity)。早期之斷路器之主流爲油斷路器。於 1955 年代，275kV 以下爲配合高電壓、大容量關係，因而引進氣衝斷路器，近年來則以六氟化硫斷路器及真空斷路器爲主流。

(4) **絕緣協調**：各種電力設備之絕緣程度，依其重要性而做安排，絕緣等級愈高，耐壓強度亦愈高，反之則愈低。有時安裝避雷器，在系統發生異常高壓突波或雷擊時，可洩放高頻電流，以保護其他設備。

(5) **設備使用時應注意事項**：

A. **變壓器**：從 1954 年之現場組合到工廠組合運輸式，變壓器之可靠度已大幅提昇，其後仍繼續由現場之經驗提高實用性能。到目前爲止，變壓器內部事故幾乎沒有，而且除負載時分接頭切換器外不必內部點檢，已成爲高可靠度而不需維護之機器。如何提高變壓器的可靠性，以下分三點敘述：

(A) 防止漏油爲襯墊之改良，從高軟木襯墊至附橡膠之軟木墊密件，目前已採用 BR 墊密片。

(B) 防止絕緣油劣化對策方面，於 1951 年採用封氮方式後，1961 年採用現行之橡膠空氣袋方式，由此絕緣油與外氣完全隔離之關係，可省略內部吊檢工作。

(C) 負載分接頭切換器(LTC)之改良工作，在 1955 年代前半爲止，採用限流電抗式，於 1955 年後引進限流電阻式，限流電阻式的切換速度快速、接點消耗小之關係，具節省維修、體積小型化及可裝入變壓器本體內之優點。

B. **斷路器**：斷路器不如變壓器之靜態機器，電氣事故比機械故障多，而故障大部份集中於操作機構或輔助電路

危害

1. 變電站內設備正常運轉不會對附近地區產生任何危害，倘若設備發生故障與操作不當時，將造成下列影響：

(1) **空氣品質**：近年來爲了減少用地及提高設備之安全性，引進六氟

化硫絕緣斷路器，而六氟化硫是無毒性氣體，經常密封在金屬高壓容器中，空氣品質不會受影響。如果設備發生內部故障，引起高溫的弧光放電亦時會分解有毒之氣體及金屬化合物，但會再結合回復成六氟化硫[1]。除非發生重大事故，否則六氟化硫很少外洩。

- (2) **振動**：變壓器是變電站連續性振動之主要來源。而斷路器等電力設備在開關操作時會產生瞬時之振動，由於振動量小，且屬於間歇性或偶發性，對外界影響極輕微。
- (3) **噪音**：變電站內主要噪音來源是變壓器及其附屬冷氣設備及抽風機。
- (4) **電場、磁場**：人類曝露於 60Hz 之電場、磁場是否影響健康，目前尚無定論，雖然如此，人們對電場、磁場危害健康之問題非常關切。目前國內對電磁場的管制尚無一套標準，台電公司則參照國際標準採用值訂定電場強度為 3kV/m 以下，磁力線密度為 1,000 毫高斯以下，做為設計之依據及營運之參考數值。

2. 對於上述危害之防範對策列舉如下

- (1) **空氣品質控制**：各種電器設備做定期維修與保養。變電站內施工時最主要的空氣污染是逸散性灰塵，必須有良好的管理。
- (2) **振動**：在變壓器之基礎四周與變電站大樓主結構之間，設置防震伸縮縫，而在細縫上下端及中間，可分別填塞如矽質膠及木石纖維板等之緩衝器材。
- (3) **噪音**：變壓器應設置專用變壓器室，牆壁裝貼吸音板，外面還有建物加以屏蔽，如此可大幅減低噪音傳播至外面。
- (4) **電場**：
 - A. 輸電線之引線方式，採用地下電纜並將銅帶遮蔽層予以接地。
 - B. 與牆壁等境界線之間保持距離，離愈遠電場強度愈低。
 - C. 裝設靜電遮蔽金屬環。
- (5) **磁場**：
 - A. 保持距離愈遠磁力線密度越低。
 - B. 以絞合等使磁力線抵消。

使用

變電站一般位於負載中心，若與鄰近變電站之饋線連絡路徑較短，轉供操作快速，提高供電可靠度。站內的運轉安全措施與操作注意事項如下：

1. **設備安全**：應裝設動作靈敏、迅速而可靠之保護電驛，故障發生時可迅速跳脫開關設備，自動啓斷電源。
2. **消防設施**：變電站依建築技術規則及消防法規等相關規定設計興建，具備防火、防止油流及滅火等設施。
3. **定期保養**：
 - (1) 設備定期檢查及維護，促使故障發生率降到最低程度。
 - (2) 訂定事故處理及災害應變措施。
 - (3) 設有監視系統，加強防護功能。

相關法令、標準

1. 行政院環保署公佈之「**噪音管制標準**」

變電站是屬於第二類管制區，噪音管制時間如下：

- (1) 早上（5~7時）：55分貝。
- (2) 日間（7~20時）：60分貝。
- (3) 晚上（20~23時）：55分貝。
- (3) 夜間（23~5時）：50分貝。

2. **勞工安全衛生設施規則**

第三百條：雇主對於發生噪音之工作場所，應依左列規定辦理：

一、勞工工作場所因機械設備所發生之聲音超過九十分貝時，雇主應採取工程控制、減少勞工噪音暴露時間，使勞工噪音暴露工作日八小時日時量平均不超過（一）表列之規定值或相當之劑量值，且任何時間不得暴露於峰值超過一百四十分貝之衝擊性噪音或一百十五分貝之連續性噪音；對於勞工八小時日時量平均音壓級超過八十五分貝或暴露劑量超過百分之五十時，雇主應使勞工戴用有效之耳塞、耳罩等防音防護具。

（一）勞工暴露之噪音音壓級及其工作日容許暴露時間如左列對照表：

工作日容許暴露時間（小時）	A 權噪音音壓級 dBA
八	九十
六	九十二
四	九十五
三	九十七
二	一百
一	一百零五
二分之一	一百一十
四分之一	一百一十五

四、噪音超過九十分貝之工作場所，應標示並公告噪音危害之預防事項，使勞工周知。』

第二百六十六條：雇主對於發電室、變電室或受電室等場所應有適當之照明設備，以便監視及確保操作之正確安全。

第二百六十七條：雇主對裝有特別高壓用器具及電線之配電盤前面，應設置供操作者使用之絕緣台。

第二百六十八條：雇主對於六百伏特以下之電氣設備前方，至少應有八十公分以上之水平工作空間。但於低壓帶電體前方，可能有檢修、調整、維護之活線作業時，不得低於左表規定：

對地電壓 （伏特）	最小工作空間（公分）		
	工作環境		
	甲	乙	丙
0-150	90	90	90
151-600	90	105	120

第二百六十九條：雇主對於六百伏特以上之電氣設備，如配電盤、控制盤、開關、斷路器、電動機操作器、電驛及其他類似設備之前方工作空間，不得低於左表規定：

對地電壓 (伏特)	最小工作空間 (公分)		
	工作環境		
	甲	乙	丙
601-2500	90	120	150
2501-9000	120	150	180
9001-25000	150	180	270
25001-75000	180	240	300
75001 以上	240	300	360

第二百六十九條：雇主對於配電盤後面如裝設有高壓器具或電線時，應設置適當之通路。

3. 國外對於磁力線密度之限制值

- (1) 美國：10,000 毫高斯（職業人員）。
 - (2) 英國：20,000 毫高斯（職業人員），20,000 毫高斯（一般人員）。
 - (3) 德國：50,000 毫高斯（職業人員），50,000 毫高斯（一般人員）。
4. 屋內線路裝置規則第四〇三條

災害案例

1. 從事低壓電路配線作業處及電線帶電部份感電死亡

八十三年四月二十八日上午八時，某企業公司勞工甲、乙二人到台北市和平東路二段某大樓七樓從事室內工作。甲從事配線等電工作業，乙從事油漆作業。至上午九時，乙聽到附近電線短路發生的聲音，立即趕到隔壁甲工作之處所查看，發現甲倒在地板上，臉色蒼白，經會同其他同事予急救，並急電請救護車前來將其送某急診室，急救無效死亡。據當地地檢署相驗書記載：罹災者死亡原因為電擊休克致死。罹災者在大樓七樓室內從事照明設備及配線作業，因未戴用絕緣手套，於作業中不慎觸及帶電之裸露電線部分，致感電死亡。為防止類似災害再發生，有採取下列對策之必要：

- (1) 對於勞工於低壓電路從事活線作業時，應使該作業勞工戴用絕緣用防護具。
- (2) 應設置勞工安全衛生業務主管，訂定自動檢查計畫，對使用之設備及其作業實施自動檢查。

2. 因工廠不來電而到變電所察看時發生主變壓器爆炸災害

民國八十二年二月六日下午一時二十分，某煉鋼廠廠長甲被作業員告知工廠內不來電立即前往該廠變電站查看，因變壓器設施故障並發出頻率極高的聲音，數秒鐘後生劇烈爆炸引起火災，甲身上衣褲著火從佈滿濃煙之變電站衝出，經送某國立大學附醫院急救治療，延至二月十五日上午十時十分死亡。發生爆炸後變壓器 69,000 伏特側 A 相套筒炸燬、地面漏出變壓器絕緣油，台電公司所有之電器設備燒燬、外殼燒黑變形，B 相控制箱之控制線燒燬，變壓器 69,000 伏特側之 ABS 故障，400 伏特側之 XLPE 電纜燒燬。罹災者被告知廠內不來電即到變電站查看時，可能主變壓器 69,000 伏特處 A 相套筒沾塵不潔或絕緣油漏洩致油量不足而炸開，使高溫油氣迸出、引燃電路系統發生火災，罹災者被燒重傷死亡。歸咎原因為：

(1) 未由合格電氣技術人員操作特高壓電氣設施。

(2) 未訂定高壓及特別高壓設備之安全衛生工作守則，供勞工遵循。

防止類似災害不再發生，應採取下列措施：

(1) 應置專任高級電氣技術員或委託電氣技術顧問團體負責電氣設備之安全維護。

(2) 應由合格電氣技術人員對高壓以上電氣設備每三個月依規定項目實施定期檢查。

參考資料

[1] 王志寶，民國 87 年，變電所之設計，台北市電機技師公會特高壓變電所之設計實務班。

[2] 張詩錦，民國 87 年，景觀規劃與環境保護新技術之引進與展望變電所事故案例與對策，台北市電機技師公會特高壓變電所之設計實務班。

[3] 民國 86 年六月，變電所(室)規劃，中華民國電機技師公會全國聯合會雜誌，第十一卷，第三期。