

保護電驛問題專欄

李河樟編

☎ 1、匯流排比壓器為 V 接線(open Δ)方式，可否做為方向性接地過電流電驛 67N 的電壓源（極化要素），如果不可以，有何補救方法？

☞ 1、簡單的回答是不可行，其理由說明如下：

方向性接地過電流電驛 67N 的極化要素，一般可以有兩種選擇，一為零序電流 $3I_0$ ，另外一種為零序電壓 $3V_0$ 。基於運用上的各種因素，在保護電驛使用實例上，大部分皆以零序電壓為極化要素，亦即以 $3V_0$ 為電驛方向性元件的參考電壓。如圖一所示電壓迴路的接線方式，零序極化電壓等於

$$V_{pq} = V_{ag} + V_{bg} + V_{cg}$$

$$\text{而 } V_{ag} = V_{a1} + V_{a2} + V_{ao}$$

$$V_{bg} = V_{b1} + V_{b2} + V_{bo}$$

$$V_{cg} = V_{c1} + V_{c2} + V_{co}$$

所以零序極化電壓

$$\begin{aligned} V_{pq} &= (V_{a1} + V_{a2} + V_{ao}) + \\ &\quad (V_{b1} + V_{b2} + V_{bo}) + \\ &\quad (V_{c1} + V_{c2} + V_{co}) \\ &= (V_{a1} + V_{b1} + V_{c1}) + \\ &\quad (V_{a2} + V_{b2} + V_{c2}) + \\ &\quad (V_{ao} + V_{bo} + V_{co}) \end{aligned}$$

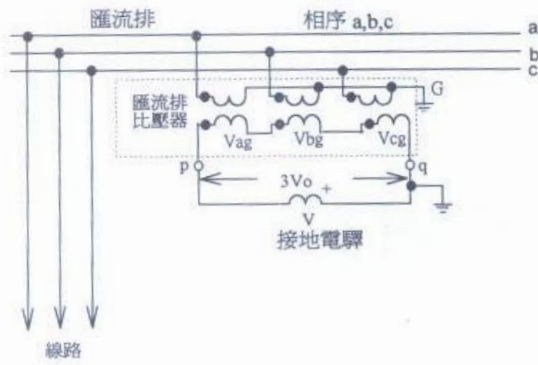
$$\text{因 } V_{a1} + V_{b1} + V_{c1} = 0$$

$$V_{a2} + V_{b2} + V_{c2} = 0$$

$$\text{所以 } V_{pq} = V_{ao} + V_{bo} + V_{co}$$

$$\text{因 } V_{ao} = V_{bo} = V_{co} = V_0$$

所以 $V_{pq} = 3V_0$ ，這是一般正常的使用方式，很清楚的可以看出，當發生單相接地事故時，方向性接地過電流電驛 67N 可以可靠的獲得零序極化電壓源。



圖一. 方向性接地過流電驛電壓源接線方式

如果匯流排比壓器是使用 V 接線方式 (如圖二所示), 則方向性接地過流電驛 67N 極化電壓源為:

$$V_{pq} = V_{ab} - V_{bc}$$

$$\text{而 } V_{ab} = V_{ag} - V_{bg} = (V_{a1} - V_{b1}) + (V_{a2} - V_{b2}) + (V_{a0} - V_{b0})$$

$$V_{bc} = V_{bg} - V_{cg} = (V_{b1} - V_{c1}) + (V_{b2} - V_{c2}) + (V_{b0} - V_{c0})$$

$$V_{pq} = V_{ab} + V_{bc} = (V_{a1} - V_{c1}) + (V_{a2} - V_{c2}) + (V_{a0} - V_{c0})$$

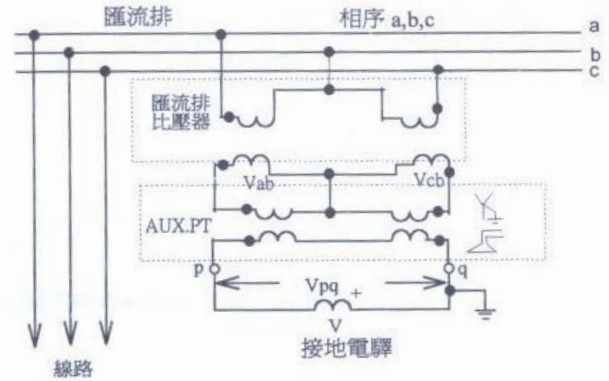
因 $V_{a0} = V_{b0} = V_{c0} = V_0$, 所以

$$V_{pq} = (V_{a1} - V_{c1}) + (V_{a2} - V_{c2})$$

上述式子裡並未包含零序成分的電壓, 因此當發生單相接地事故時, 方向性接地過流電驛 67N 不能獲得可靠的極化要素, 因而 67N 電驛不會正確動作。

萬一在非使用方向性接地過流電驛不可的情況下, 而匯流排比壓器又是 V 接線方式時, 其解決方式是使用零序電流極化方式。此一零序電流源必須極

為可靠, 一般常接用主變壓器中性點接地線上的比流器, 其缺點是在進行接線試驗時, 模擬接地故障較為不易。



圖二. 方向性接地過流電驛電壓源 V 接線方式

2、請問發電機設備一般需要哪些保護?

2、發電機的保護方式, 隨著機組的構造、容量的大小以及電壓等級不同而有不同程度的保護。對於水力發電機組、氣渦輪發電機組或是汽力機組各有不同的保護需求。以大型汽力機組而言, 可分為(1)發電機定子過熱的保護, (2)發電機磁場過熱保護, (3)發電機定子故障保護, (4)發電機磁場迴路故障的保護, (5)發電機異常運轉狀態的保護。而此五種主要保護亦隨機組容量大小而有程度上的區別, 一般小型機組可能就不需要這五方面的保護皆具備, 但對於大型的發電機如核能機組, 則不但五種保

護皆為必要之外，甚至某些重要的保護更需為雙重保護方式。

☎ 3、對於發電機定子過熱的成因與保護方式又如何？

☞ 3、發電機定子過熱的原因可分為三種：(1)發電機過載，(2)冷卻系統故障，(3)鐵芯局部過熱。

(1)所謂發電機過載是指其出力超過其額定輸出能力，額定出力則為發電機在一定的頻率、電壓及功率因數下，發電機端點可能的最大輸出 KVA 值。一般發電機在電壓變動值不超過±5%以上時均可以維持額定出力，但在某些緊急或異常情況下，也可以容許短時間的超載，這完全決定於電樞繞組的耐熱能力，ANSI C50.13-1977有如下之規範：

時間(秒)	10	30	60	120
電樞電流(%)	226	154	130	116

電樞電流=100%時為發電機滿載出力。

根據上表，對於發電機定子的過熱保護，可以使用瞬時 / 超反時性過電流電驛(50/51)來保護，瞬時過電流保護的始動值設定，約為額定值的 115%，超反時性過電流電驛始動值的設定，為 226% 滿載電流時，電驛動作時間為 7 秒。

另外，對於線圈過熱的保護，一般都使用電阻溫度檢測器 RTD(Resistance

Temperature Detector)埋入定子線圈內。顧名思義，RTD 是利用溫度電阻器的阻抗隨溫度而變化的特性，以判定線圈的溫度是否過高，一般 RTD 在 25°C 時為 10Ω。

(2)發電機定子鐵芯極線圈的冷卻劑有：水、空氣、油、氫氣等；冷卻方式有：直接冷卻（導體冷卻）與間接冷卻兩種。如果發電機的冷卻系統故障，將導致定子鐵芯層間絕緣急速惡化，或定子線圈導體及絕緣劣化。

對於冷卻系統的故障保護，通常發電機製造廠均會提供所有必要的保護裝置。如 RTD、熱耦合器、流量及壓力感測器等，分別監測線圈溫度、冷凝器溫度及冷卻劑流量、壓力，以作為警報或自動降載或是跳機之保護。

(3)發電機鐵芯局部過熱的起因是：鐵芯磁場產生的大量渦電流（Eddy Current），造成定子疊鐵在外層鐵芯與外殼之間產生電力上的短路，嚴重的話可使鐵芯鋼片熔損。

對於氣冷式發電機鐵芯局部過熱的保護方式，目前唯一的方法是使用 RTD 或熱耦合器嵌入定子線圈，但也僅能做到局部保護而已（除非每個地方都裝置這些偵測器）；氫冷式發電機則使用鐵芯監測器，是一種鐵粒子檢測器，作為警報之用。

☎ 4、發電機磁場過熱的原因何在？其保護方式又是如何？

☞4、在額定功率因數及額定電壓下，發電機可在輸出額定的 KVA 值所需的磁場電流以下連續運轉。但當功率因數小於額定值時（0.8~0.85以上），為了維持磁場電流在此限制值以下，發電機的輸出必須降低，否則就會導致磁場電流太大而使磁場過熱。

因而在電力系統異常時，如系統發生擾動或是短路故障等，發電機的磁場電流可能會超出其限制值。此時要考慮的是，磁場線圈的短時間過熱容許能力，如超越此一限制，必須儘速調整磁場激磁，或是在一定時間之後，跳脫發電機的調壓裝置，如果在特定時間之內無法有效改善過激磁現象，則必須跳脫發電機組。此一任務通常交由反時性過電壓電驛64F 來保護，其設定標準是以磁場容許電壓（耐熱能力）與時間之關係為依據。一般發電機磁場電壓與時間的關係如下表：

時間(秒)	10	30	60	120
磁場電壓(%)	208	146	125	112

☎ 5、發電機定子會有什麼故障？如何做有效保護？

☞5、發電機定子故障有相間短路故障

及接地故障兩種，發電機發生故障時，一般皆認為是極嚴重的事故。因為這些事故可能使鐵芯、線圈、絕緣等造成重大損害，也可能使軸承極耦合器產生嚴重的機械扭力。更甚者，當發電機跳脫磁場切離後，由於機械內部殘存的磁力線，使得故障電流可能持續存在數秒鐘之久，而增加了故障損害的程度。

當故障發生在發電機或是靠近發電機時，會產生極大的短路故障電流。因此，需要快速的保護電驛來跳脫發電機組，以減低損害程度。當然如果以外加阻抗方式來抑低故障電流到數安培的範圍，則較慢速度的保護方式也是可以接受。

對於發電機定子事故的保護方式，可分為相間故障保護與接地故障保護兩類。相間故障保護，一般都以可變比例差動電驛（87）來保護，此一保護方式對內部故障較為靈敏，而對於外部故障時的大電流所造成兩端比流器的誤差，較不會引起誤動作，可達到快速與安全兼具之最佳保護。如果要求更為嚴格時，則可使用高阻抗差動電驛方式，此一方式在發電機內部故障時，流過動作線圈的電流較大，比流器跨接於電驛兩端之電壓較高；外部故障時跨接於電驛之電壓較低。此一類型的電驛，即利用此一電壓值來判斷是否為內部故障，在

發電機定子線圈的三相短路及相對相短路故障電流低至發電機額定電流的2%時尚可保護。但是要特別注意的是，此一保護方式所使用的比流器，兩端必須特性完全一致，且均必須使用滿匝比，其洩漏電抗必須極為微小。

另外，尚需相間故障後衛保護，通常使用不平衡電流電驛（負序電流電驛）及系統後衛保護電驛（51V），以提供所有發電機相間故障保護。

☎ 6、發電機定子故障時保護電驛動作模式如何？

☞ 6、發電機定子故障相間短路故障及保護電驛動作後的跳脫模式，主保護與後衛保護通常不動作同一多接點輔助電驛，且此一輔助電驛均為手動復歸型，並同時完成下列動作：（1）跳脫發電機主斷路器，（2）跳脫磁場及（或）勵磁機斷路器，（3）跳脫原動機，（4）啓動發電機內部防火保護 CO2，（5）警報，（6）廠用電源自動切換。

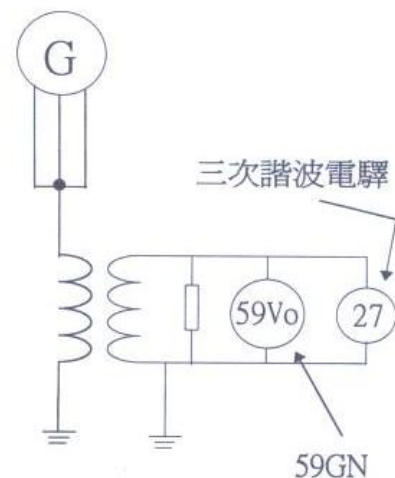
☎ 7、發電機的接地方式有幾種？對於接地故障保護有何不同考慮？

☞ 7、發電機的接地方式有（1）高阻抗接地方式，（2）低阻抗接地方式，（3）電抗接地方式，（4）曲折接地變壓器接地方式等四種較為常見，其中又

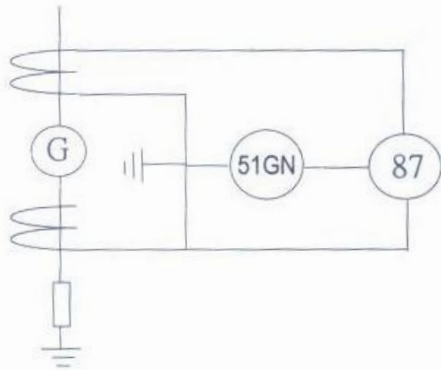
以高阻抗接地方式為目前最普遍採用者。

發電機定子故障相間短路故障及發電機定子接地故障的保護方式，與發電機的接地方式有密切關係，差動電驛可以偵測到某些定子的相對地故障，但當接地故障電流低於發電機的額定電流時，則發電機有極大的部分並無完整的保護。對於高阻抗接地方式的發電機，其接地故障電流可能僅3~25安培，87電驛對發電機接地故障完全沒有保護作用，此時必須靠過電壓電驛59GN 保護。

59GN 是以接地變壓器二次測的零序電壓為動作源，但僅對於基本波頻率有作用，三次諧波或其他諧波之電壓不起作用。本電驛最靈敏的始動值設定為 5 伏特，因而僅能保護到 95~98%，其餘 2~5%的保護，必須由另外一具三次諧波電壓檢測功能的電驛來保護（如下圖所示）。



對於低阻抗接地方式的發電機接地故障保護，一般都使用 51GN 保護（如下圖所示）。



當發電機引接於直接接地的電力系統時，通常是採行電抗接地方式，此種接地方式的系統，一般接地故障電流約為三相短路故障電流的 25~100%。因其故障電流相當大，對於大部分的定子線圈之相對地故障，差動電驛可以提供近乎完全的保護。但是如遇到高電阻接地故障，或是靠近發電機中性點的故障，差動電驛可能還是無法保護到。因此，實用上均另外增設較靈敏的接地保護，做為發電機及系統接地之後衛保護，一般使用過電流電驛引接到發電機的中性線比流器。其始動值設定必須高於平常因系統不平衡及零序諧波而流過中性點的電流，更要注意的是，此電驛動作時間必須與系統中之接地電驛協調。

使用曲折接地變壓器，通常是因發

電機未接地，接地變壓器為接地故障電流唯一的來源，因其接地故障電流大約限制在 400 安培以下，甚至有的限制在 3~25 安培之間，故通常是以零序過電壓電驛（59Vo）保護。

☎ 8、會刊第五期「光纖系統運用於保護電驛簡介」(P10~11)有關斯涅爾定律 (Snell's law) 說明一節，部份會員認為尚有疑義，請將該節重新描述？

☞ 8、『說明折射現象的簡單公式稱為斯涅爾定律(Snell's law)，圖二說明光束從折射率 η 的物質進入折射率 η' 之另一種物質的情形。當光束的入射角與物質表面成 90° 時，則以直線方式進入另一種物質，如光束1所示；如果光束的入射角與介面垂直線的角度為 ϕ 時，則其行進方向不再是直線，而是方向稍有改變，亦即產生折射現象，行進方向相對於第二種物質介面垂直線的角度為 ϕ' ，如光束2所示。因此當光束通過物質表面時，其方向會產生改變，斯涅爾定律即以公式 $\eta \sin\phi = \eta' \sin\phi'$ 來解釋此一現象。而當入射角度到達某一特定值時，會使得所有折射光束正切於物質表面，如圖二之光束3，此入射角度被稱為臨界角 ϕ_c ，假如入射角大於 ϕ_c ，則所有入射光線均會被反射回去，如圖二之光束4。』