

保護電驛問題專欄

李河樟編

☎ 1、請問什麼是差電流電驛？其動作原理為何？

☞ 1、差電流電驛一般的定義為：比較流入被保護設備與流出被保護設備的電流之相量（大小、相位與時間），做為判斷是否應動作的一種電驛。當被保護設備在正常運轉狀態時，此兩電流之差電流為零；當故障發生於被保護設備之外時，情況亦同；但當故障發生於被保護設備內部時，則兩電流之差電流不再為零，以此判別故障是否發生於保護範圍內，而決定是否動作之電驛謂之差電流電驛。

☎ 2、請問差電流電驛可做為哪些設備的保護？

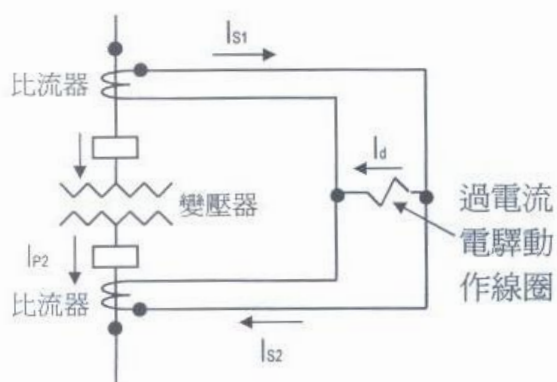
☞ 2、差電流電驛一般可做為輸電線路、匯流排、變壓器、發電機、馬達…等等各種電力設備的主保護電驛，但對

於那些故障時所產生的故障電流並不很顯著時，差電流電驛有其力有未逮之處。例如對於設備採行高阻抗接地（或不接地）方式，則再設備發生接地故障時因其故障電流極小，差電流電驛無法偵測到此種事故，必須藉助於其他的保護方式，如零序過電壓電驛(59V₀)等。

☎ 3、一般使用於變壓器的差電流電驛有哪些類型？

☞ 3、差電流電驛運用於變壓器保護有以下三種基本類型：

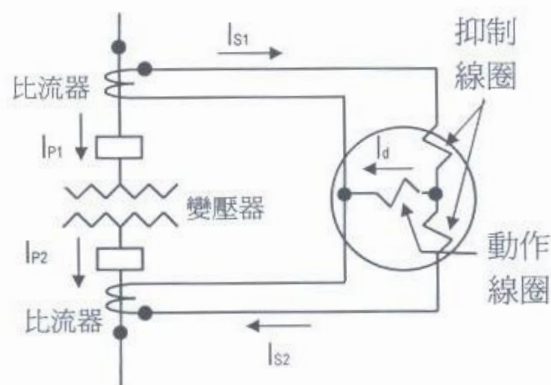
(1) 過電流電驛類型：變壓器差電流保護之最簡單方式為利用過電流電驛原理，其方法是將變壓器高、低壓側之比流器的二次側電流並接後，再接入一套過電流電驛，做為差動保護電驛用，接線方式如下圖所示。



圖一、過電流電驛類型差動電驛原理簡圖

(2) 比率差電流電驛類型：上述方法雖然最為簡單，但在實際運用上常因變壓器高、低壓側之電壓不同，繞組接線方式亦未必相同，更由於變壓器一、二次側電壓及比流器比值等之未能完全匹配，故一般很少採行。再者，大部份的變壓器其內部尚有負載分接頭切換器，可隨負載變化而自動調整電壓，但比流器比值到目前為止，還沒有可以自動調整的。因而，當變壓器經有載分接頭切換後，將因兩側電流無法正確匹配，可能造成差動電驛誤動作。又由於變壓器一、二次側電壓、電流不同，其比流器的型式、比值、等級、特性選用亦可能不同。在此情況下，雖可藉比流器比值的正確選定，使得正常情況下之差電流趨近於零，但外部故障時所產生的大電流，將因變壓器兩側比流器特性差異、飽和程度不一等因素，導致差電流達到差動電驛之始動值，而引起誤動作。由

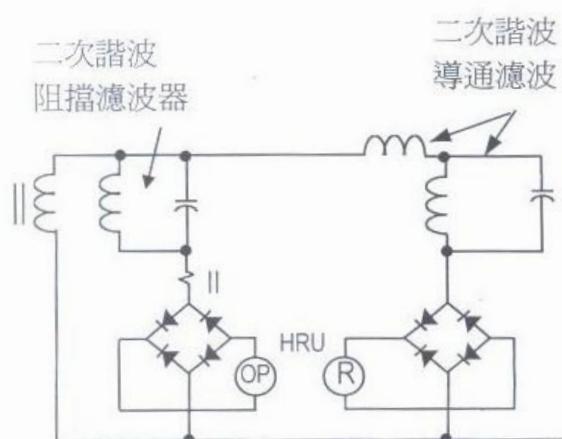
於這些差電流產生的原因，皆與實際流經變壓器之一、二次側線圈電流成正比（即流經變壓器之電流越大，則差電流越大），如利用這些電流對電驛之動作產生一些制衡作用，則電驛之安全度將可大為提高。但並不可以因為安全的理由，而過度犧牲電驛的靈敏度。對於此問題，非常簡單、有效對策為使用比率差電流電驛如圖二所示。



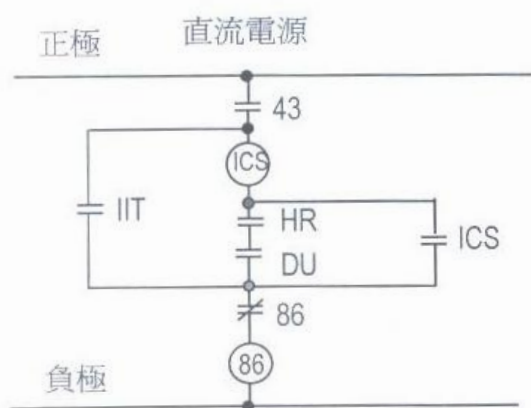
圖二、比率差電流電驛原理簡圖

(3) 諧波抑制比率差電流電驛類型：當變壓器初次加壓或鄰紀系統進電壓發生驟變時，激磁湧入電流流入變壓器示意種正常現象，但對於差電流電驛而言，其所顯現之情形則如同內部故障(電流只流進變壓器而無流出，變壓器二次側比流器無電流)，如電驛無法作適當之區別，將造成電驛誤動作導致無謂的困擾。故變壓器之差動電驛如為快速保護者，為防止加壓時突入磁化電流引起電驛誤動作，最好使用具有諧波抑制功能的電

驛。此乃因突入磁化電流內含有可觀之諧波成分（二次諧波約15%或更高，但近年來由於變壓器鐵心材質的改善，二次諧波已可降至約7%以下），利用此一特質來區分故障電流與磁化電流以防止電驛誤動作，是快速差電流電驛不可或缺的功能，諧波抑制方式如圖三示意圖所示。



圖三 a、差電流電驛諧波抑制方式圖



圖三 b、差電流電驛諧波抑制方式跳脫迴路圖

☎ 4、請問發電機保護所使用的差電流電驛(87G)是否需要諧波抑制功能？

☞ 4、發電機的差電流電驛保護的範圍是發電機本身，而發電機在併入系統之前，其端電壓是逐漸的建立到額定電壓，沒有激磁突入電流的問題，因此所使用的差電流電驛並不需要有諧波抑制功能。

☎ 5、連接於發電機的變壓器其保護所使用的差電流電驛是否需要諧波抑制功能？

☞ 5、通常發電機用的主變壓器（一般為升壓變壓器）其低壓側直接連接於發電機輸出端，此變壓器所使用的差電流電驛是否需具有諧波抑制功能，完全看發電機是在何處並聯而定。如果發電機是在低壓側並聯，則在發電機併入系統之前，變壓器是由系統加壓而有產生激磁突入電流的問題，所以所使用的差電流電驛需具有諧波抑制功能。

如果發電機是在高壓側並聯，則因變壓器是由發電機逐步遞升加壓到與系統電壓一致之後才併入系統，因而沒有加壓所產生激磁突入電流的問題，所使用的差電流電驛並不需要有諧波抑制功能；但對於較大電力系統上的大容量變壓器，因需考慮鄰近系統電壓突然變化（發生故障或故障清除）的暫態現象所引起的激磁突入電流，所以大部分的發

電機組主變壓器、輔助變壓器之差電流電驛都需要有諧波抑制功能。

☎ 6、發電機磁場迴路(轉子)故障保護？

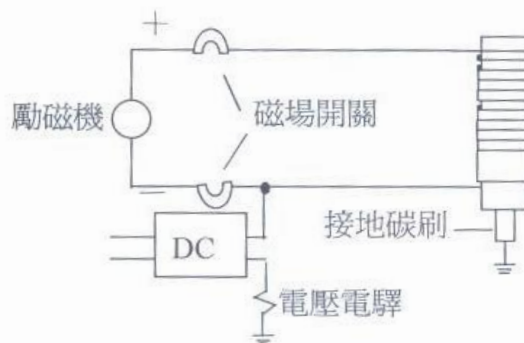
📁 6、發電機的磁場迴路為一非接地系統，發生單一的接地事故並不會立即影響發電機的運轉；然而當第二個接地故障發生時，部分磁場線圈將被短路，而導致內部產生不平衡氣隙磁通，造成轉子振動進而使設備損壞。而且不平衡電流會產生不平衡溫度，此不平衡溫度亦會造成類似振動所引起的損害。

當磁場迴路發生第一個接地之後，即建立一由定子暫態現象感應到磁場的對地參考電壓。因此，在第一個接地點之外的線圈上任何地方均增加了扭力，而使得發生第二次接地故障之機會大為提高。故如何對於第一個接地故障點快速偵測出來並妥善處置，是極為重要的保護措施。

較常使用於轉子磁場接地的保護方式有：

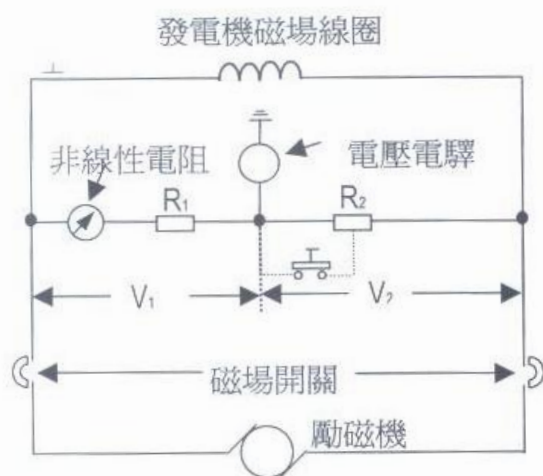
1. 將直流電壓源加於發電機磁場的負極並經由過電壓電驛線圈而接地，如圖四所示。在磁場的任何地方發生接地事故時，將使得過電壓電驛動作。但為了防止磁場迴路對地之間的瞬間不平衡電壓造成電驛不必要的動作，通常此一電驛都加以適當的延時，而此一瞬間不平衡

電壓可能是肇因於矽控型勵磁系統的快速反應。



圖四、轉子接地保護方式圖

2. 第二種接地保護方式如圖五所示，其方法就像蓄電池接地偵測方式，是利用分壓法及一具很靈敏的過電壓電驛串接於分壓器與地之間，在蓄電池接地偵測器，當接地發生在蓄電池的正極或負極引線上時，最大電壓加在電驛上。但在正極與負極的平衡點(中間點)發生接地現象時，將不會有電壓加於電驛上，除非接地偵測器的極性隨時在改變。發電機磁場接地電驛在設計上已考慮到如何來克服此一平衡點的問題，它是利用一非線性電阻器串接在分壓器的兩線性電阻器之間，非線性電阻器的電阻隨著外加電壓大小而改變，分壓器被均分為磁場繞組在額定電壓時的平衡點剛好在線圈的中點，激磁電壓改變將使得平衡點從線圈的中點移開。



勵磁機額定 電壓(V)	$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$
125	0	45,000
250	5,000	23,000
375	10,000	23,000

圖五、碳刷式勵磁系統磁場接地檢測迴路圖

對於磁場接地的後衛保護為震動偵測設備，此為附屬於發電機之本體保護。從保護的觀點而言，一但偵測到轉子接地故障發生，立即將發電機跳脫當然最好；但從另外的角度來看，磁場單一的接地現象並無立即的危險，而發電機跳脫對電力系統的衝擊較大。因此很多電廠運轉者較偏好以警報告知運轉人員降載解聯查修，而不直接去跳脫發電機，但千萬不可置之不理，否則萬一再發生第二個接地事故時，所造成的傷害將極為嚴重。

☎ 7、發電機在運轉過程中最常遭遇到異常狀況有哪些？會造成什麼影響？

📁 7、發電機最常遇到的異常運轉狀態大致可分為下述七類：

1. 發電機失磁：發電機在正常運轉中因故突然失去激磁系統，造成發電機超速且成為感應電動機運轉，會從電力系統中吸收無效電力做為激磁之用，造成系統電壓降低，並影響到鄰近的發電機的正常運轉。

2. 發電機三相電流不平衡：電力系統很多異常情況會引起發電機三相電流不平衡，例如電力系統由於輸電線路未换位而導致三相不對稱、負載三相不平衡及系統發生非對稱故障等。這些原因造成負相序電流產生，而感應兩倍頻率之電流於發電機的轉子表面、槽楔及扣環等處，轉子表面的電流在極短時間之內產生極危險的高熱。發電機可承受不平衡電流的能力依據 ANSI C50.13-1977 標準，是與負相序電流的平方成反比。

3. 發電機失步：由於系統各種事故清除時間拖延太久，或是系統電壓太低，或是發電機欠激磁，發電機與系統之間的阻抗太高，或系統上某些線路之開關操作等，都可能導致發電機發生失步現象。發電機失步常造成其峰值電流過高、頻率異常，因而引起發電機線圈遭受到扭力、震動力及機械共震力等傷

害。為減少發電機損害程度，最好在發生失步現象的半個變動週期(Slip Cycle)之內立即跳脫停機。

4.發電機發生過激磁現象：發電機只要其端電壓在額定電壓的 $\pm 5\%$ 以內，應可於額定 KVA、頻率及功率因數下連續運轉。如果發生過激磁現象，則發電機會嚴重過熱導致絕緣崩潰。

5.發電機電動機化(Motoring)：運轉中發電機如果突然喪失原動機所提供的動能，而發電機因仍併聯於系統中，所以會轉變成為同步馬達帶動原動機，而使原動機受損，同時也會使汽輪機發生過熱現象，更會造成汽輪機轉軸及葉片受損。

6. 發電機過電壓：發電機在發生卸載事故時，如果電壓調整器及速度控制系統反應不夠快，則可能會發生過電壓現象。

7.發電機異常頻率：發電機會發生頻率異常情況(頻率過高或偏低)，通常是起因於突然的部份或全部的卸載—清除系統故障或是在系統擾動中過度卸載，使得發電機超速及頻率偏高；或是負載過重—系統異常造成主要發電機跳脫，或是系統分裂導致部分發電機嚴重過載，而在頻率偏低情況下運轉。

簡單的說，發電量小於負載量時系統頻率下降；發電量大於負載量時系統頻率上升。電力系統中為防止發電機於

低頻率情況下常時運轉，通常會有自動卸載裝置，一但系統中有大型機組跳脫造成頻率下降時，低頻自動卸載電驛動作，依據既定卸載計劃自動卸載阻止頻率繼續下降。如果卸載不足系統頻率回升較慢，則系統中所有發電機會有一段較長的時間運轉於低頻狀態，而對於汽力與氣渦輪機組造成損害。一般而言，低頻對發電機造成的傷害遠大於高頻。

☎ 8、發電機並聯於電力系統的主要條件是哪些？

📁 8、發電機要併入系統時其並聯的瞬間必須注意三個條件：

1. 發電機與系統之間的角度 θ 必須在 $\pm 10^\circ$ 以內。
2. 發電機與系統之間的電壓差應在額定電壓的 5% 以內。
3. 發電機與系統之間的頻率相差要小於 0.067Hz ，一般是發電機的頻率略高於系統頻率，以防止產生逆電力現象。

