

# 外加電流式陰極防蝕系統發生過度保護之對策

邱明義 廖財昌

台灣電力公司 電力綜合研究所

## 1. 前言

金屬原本是以化合物之形態存在於自然界中，經冶煉之後才成為金屬之形態，而被人類所廣泛應用。由於它很容易與周圍之物質發生化學反應而又恢復到原來之化合物形態，我們不得不想盡辦法去阻止它的還歸，這些阻止它還歸的辦法我們統稱之為防蝕。

防蝕方法之一的陰極防蝕可分為外加電流式及犧牲陽極式。雖然二者均強迫使欲保護之金屬結構物（以下簡稱結構物）成為陰極而阻止其腐蝕，但其作法却大有相異之處。前者之外加電流式陰極防蝕法其從外部所施加之直流電流（習慣上稱其為防蝕電流）由輔助陽極經由電解質流向結構物而達到防蝕之目的。但此電流若太大時，會有什麼不良之後果發生呢？又如何來解決這問題？筆者針對此點，作一較深入之研討。

## 2. 外加電流式陰極防蝕之電控電路系統

外加電流式陰極防蝕之規劃，必須詳細調查結構物本身之形狀、面積、材質等以及結構物周圍之水溫、流速、電解質之電阻率、漲退潮等諸項目以作為電控電路設計上之依據。依電控電路之功能可分為如下述之手動調整及自動控制二種方式。

2-1 手動調整方式之電路：此種電路如圖-1所示，由一個設有無載分接頭（No Load Tap Changer）之降壓變壓器及整流器、可變電阻器等所構成，防蝕電流之大小全靠人工去調整可變電阻器亦或改變變壓器之無載分接頭而達到目的。將可變電阻調大時防蝕電流會變小，反之則變大。變化變壓器之無載分接頭可調整變壓器之輸出電壓，輸出電壓之變高或變低，防蝕電流也跟着變大或變小。改變變壓器之無載分接頭時，特別要注意的是必須先切離電源方能進行，否則會有觸電之危險。

採用這種手動調整方式之電控電路必須經常觀察結構物之電位，而依電位

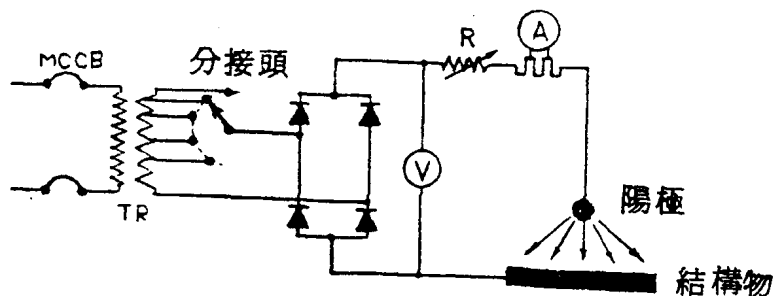


圖-1. 手動調整方式之電路

之高低適當去調整防蝕電流之大小。如果太過久沒去調整防蝕電流，將無法使結構物維持在正常之防蝕電位。

2-2 自動控制方式之電路：此種電路之特徵是能夠依據結構物電位之

高低，隨時隨地自動調整防蝕電流之大小，是屬一種閉路控制電路亦即一般所謂的回饋控制電路（Feed Back Control Circuit）。以本研究所實際裝設於各發電廠之電路為例說明之，

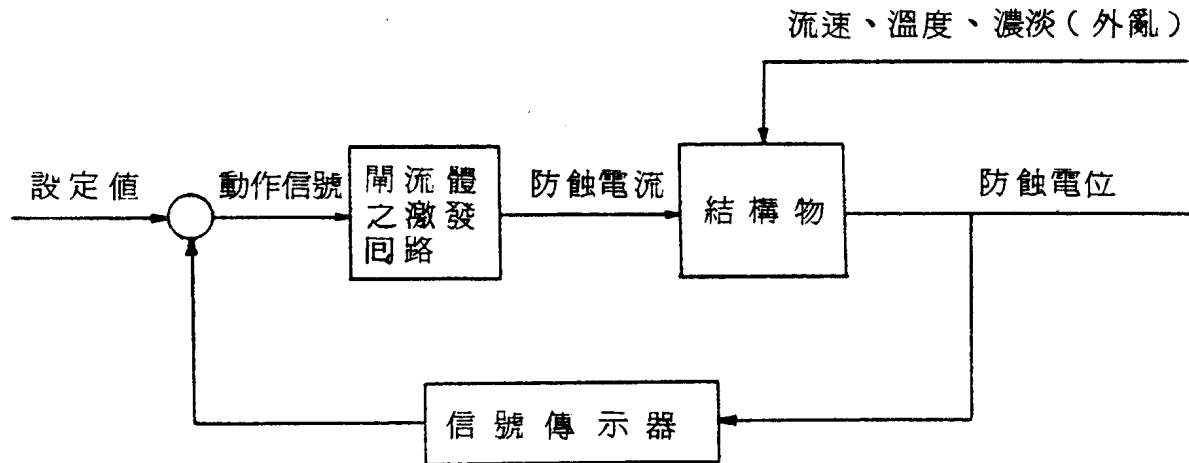


圖-2. 自動控制方式之控制電路

其構成如圖-2.所示。

結構物之電位經由本研究所開發的信號傳示器傳送到直流電源裝置內與設定信號相互比較，以比較後之偏差值（Deviation）來決定閘流體之觸發相位，藉以控制直流電源之輸出電壓，因而能夠有效地調整防蝕電流之大小。此自動控制的陰極防蝕系統，即便結構物由於外亂（Disturbance）譬如流速、溫度等之變化或甚至於結構物本身之轉動等而造成電位之變化時，也能很快地自動調大防蝕電流而令結構物恢復到正常之防蝕電位。

### 3. 過度保護之不良後果及偵測方法

外加電流式電路中，假如防蝕電流長時期過於大時，會導致結構物本身之極化電位降得太低而發生所謂的「過

度保護」。輕微之過度保護並無明顯之害處，但嚴重的過度保護至少有下列之不良後果。

- 浪費電源
- 輔助陽極之消耗增大
- 結構物產生氫脆現象

由於過度保護的關係，大量之氫原子聚集在結構物之附近，雖然絕大部份之氫原子結合成氫氣而冒出水面，却有少部份之氫原子滲入結構物之空隙內才結合成氫氣，或與結構物本身之碳原子結合而成甲烷等類之氣體。這些氣體對結構物產生了某程度之壓力而使其漸漸脆化。此種現象謂之氫脆（Hydrogen Embrittlement）。

結構物一旦發生了氫脆，其機械強度難免受到影響，因此在最初規劃的時候，最好不要忽視這種矯枉過正的不良後果。

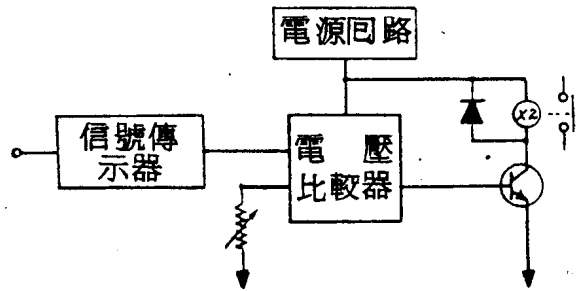


圖-3. 過度保護之偵測方法

偵測過度保護現象是否發生，雖然有數種方法可行，但其中以電的方式最為簡單而且確實。在電路上只要用上一個電壓比較器 (Voltage Comparator) 就能達到目的。電壓比較器可由電晶體電路或由運算放大器構成，其電壓輸入端子，一端為基準電壓，另一端則為信號電壓。二者之電壓在比較器內相互比較，當信號電壓達到了基準電壓時比較器之輸出端子才會有電壓輸出。

圖-3表示過度保護之偵測方法，當信號電壓，如上述達到基準電壓時，利用比較器之輸出電壓，去推動一個電

晶體而使繼電器動作，再利用這個繼電器接點的接通而作種種有效的控制。

上述之氫脆現象，初聽起來似乎是一個相當嚴重的問題，其實結構物本身必須經過相當久的一段時間且流了很過度的防蝕電流才會發生機械強度上的影響，儘管如此，為防萬一起見仍是有注意的必要。不論是手動調整方式抑或自動控制方式均能加裝過度保護偵測電路而加以監視或甚至於更進一步作有效的控制。

在實際電路上的設計，同時可偵測到過度保護 (Over Protection, OP) 及不足保護 (Under Protec-

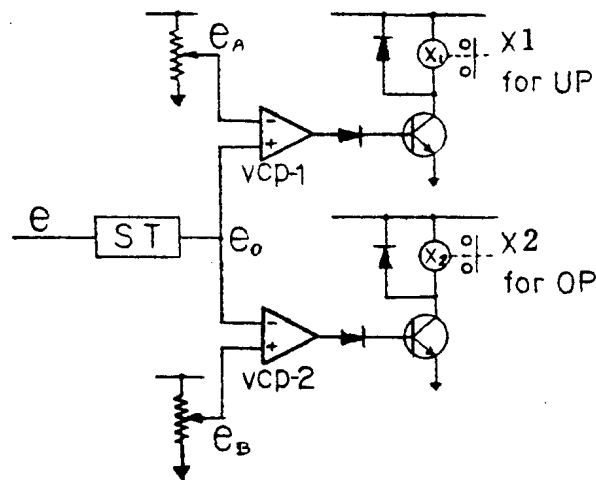


圖-4. 過度保護與不足保護之偵測電路

tion, UP) 根據圖-4, 當結構物尚未極化到防蝕電位時,  $e_o$  維持比  $e_A$  高, VCP-1 電壓比較器之輸出為正, X1 繼電器因而保持在動作的情況。結構物之極化程度漸增本身之電位跟着下降, 下降到  $e_o < e_A$  時, VCP-1 之輸出變為負, X1 繼電器就停止動作。假如又繼續極化下去, 也就是說  $e_o$  越來越低, 當低到  $e_o < e_B$  時表示結構物已呈過度保護之現象, 此時 VCP-2 電壓比較器之輸出變為正而令 X2 接點接通。以上之動作程序可由圖-5 充分了解。

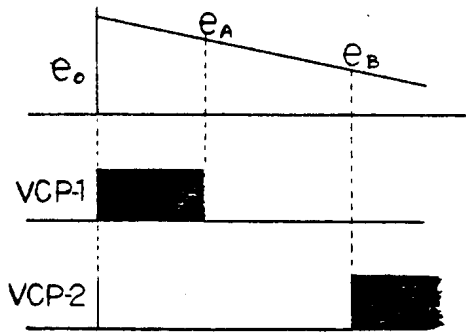


圖-5.  $e_o$  值與 VCP 之動作程序

#### 4. 主電路與偵測電路之配合

直流電源裝置除了包含主電路（由無熔線開關、電磁開關、變壓器、整流系統等所組成）以及控制電路之外，另可加設上述之過度保護及不足保護之偵測電路，而使整個系統更趨於完整。

偵測電路可直接作在印刷電路板上，不足保護的 X1 接點只要控制一個 M1 繼電器再控制指示燈即可，此指示燈稱之為 UPL 指示燈（Under Protection Lamp, UPL），當結構物開始被通電極化後，其電位慢慢下降到某程度時 UPL 指示燈才會熄掉，倘若因由防蝕電流太小一直無法使結構物極化到某程度之電位，UPL 指示燈永遠呈點亮之狀態。至於過度保護之 X2 接點也跟 X1 接點一樣，先控制一個 M2 繼電器後，再由 M2 接點來控制過度保護指示燈（Over Protection Lamp, OPL）使當發生過度保護時點燈之外，同時也可用來切斷防蝕電流亦或降低防蝕電流之控制用。X1, X2, M1, M2 諸繼電器與主回路電磁開關 MS 相互間之控制如圖-6 之說明。

圖-6 中之 49 接點是電磁開關之熱動電驛，主回路有過載等故障時，將會動作而切斷電磁開關操作線圈之電源，防蝕電流因而消失，結構物之電位又會慢慢回升，造成 UPL 之點燈。

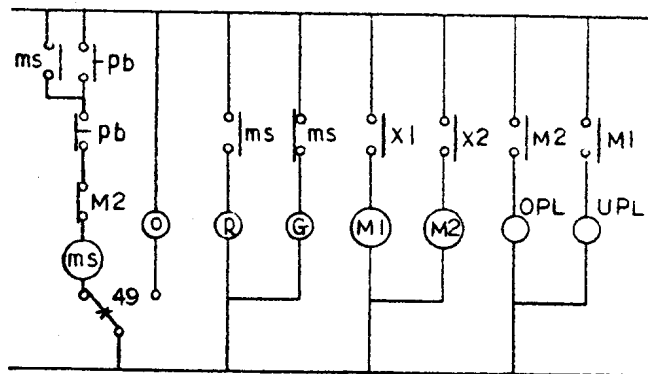


圖-6. 主電路與偵測電路之動作

## 5. 結語

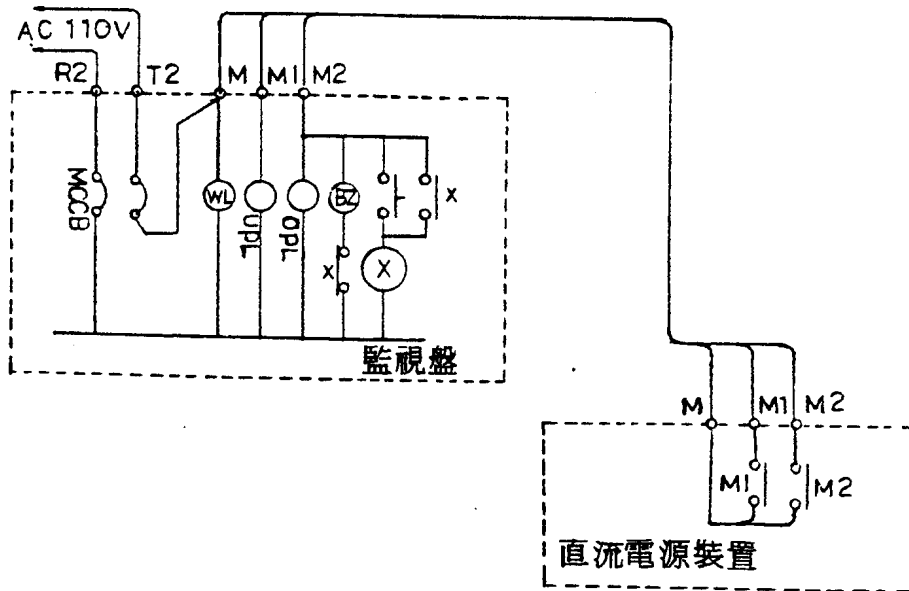
外加電流式陰極防蝕系統是以化學工程師為主，電機工程師為輔的一種團隊工作，電機工程師所設計出來的電路必須能充分合乎化學工程師的要求方能圓滿達到目的，譬如過度保護之偵測電路，雖然由電機工程師來設計，但是到達什麼程度才算過度保護，才需由電路發出信號，則必須由化學工程師來研判才行。

自動控制方式的防蝕系統很少發生過度保護的現象，然而手動調整方式者，由於調整的不適或因疏忽定期測量結構物之電位，較容易發生過度保護。當發生過度保護時，最好先由電機工程師檢查全系統之電路是否有異常，假如有異常當然立刻修護，假如沒異常的話，要與化學工程師共同研討原因及對策，其對策不外是暫時切斷防蝕電流或降低防蝕電流，至於何者較為適當，則必須視整個防蝕系統的情況而定。在規劃之初就能決定是採取暫時切斷防蝕電流或

減少防蝕電流的話，電路上的設計不論是手動調整方式也好，自動調整方式也好，也都不難達到此一要求。

由於結構物形狀較複雜，或是輔助陽極放置位置不適當等原因而形成結構物一部份過度保護而另一部份則不足保護，這種情形就不是上文所能涵蓋的。這種情形是屬困難度較高且較難解決之事，在最初規劃時必須特別花點心血才是最上策。

由於結構物與輔助陽極間配線工程之緣故，直流電源裝置大都很靠近現場，因此工作人員之辦公室與直流電源裝置之放置位置相隔了一段相當的距離，為了觀察結構物之極化情形，不得不從辦公室跑到老遠的直流電源裝置處，非常的不方便，若能在辦公室加裝一個監視盤即可解決此一問題。監視盤的電路如圖一7所示，此電路初看起來似乎非常單純，其實它却有很大之功能，當監視盤上的UPL指示燈動作時，表示結構物尚未達到防蝕電位，如果一直點燈不滅的話，要立即檢查一下是防蝕系統



圖一7. 監視盤之電路

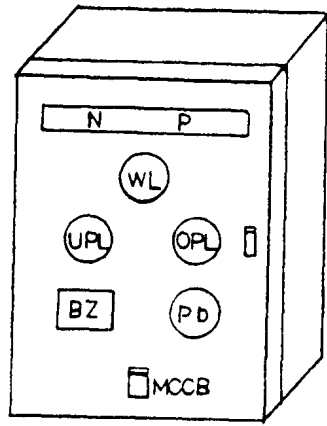


圖 - 8. 監視盤外形之例

無法產生防蝕的效能。反之，當 O P L 指示燈動作時表示結構物已有過度保護的現象，若只是靠點亮 O P L 指示燈也許不會使工作人員注意到，因此除了點亮 O P L 指示燈外另加上一個蜂鳴器，使發生聲響以引入注意，工作人員聽到聲響而了解狀況後，可按下按鈕開關以停止聲響，但 O P L 指示燈仍繼續點燈，一直到過度保護現象消失後，O P L 指示燈才會自動熄滅。當然 U P L 指示燈及 O P L 指示燈二者均不動作時，表示結構物處於所設定的防蝕電位，換句話說整個防蝕系統在正常的運作中。於監視盤上再加裝一只微伏電壓表，則可更進一步從辦公室觀測到結構物之實際電位。

外加電流式陰極防蝕之防蝕電流，我們都知道不得太小或太大，大家也許會擔心氫脆之問題，其實要長時間的過度保護才會導致這個問題。一個設計良好之防蝕系統很少會發生此種現象，尤其加設有過度保護之對策電路時更能避免此事。不必因為過度保護之問題而對外加電流式敬而遠之，也不必因為需要定期更換陽極而絕口不談犧牲陽極式。我們必須針對結構物之構造，周圍環境

以及防蝕工程之成本，施工及維護之難易度等作綜合性之評估而選擇一個最恰當之方式才是明智之舉。

## 6. 參考文獻

1. 萬其超：“電化學之原理與應用”，徐氏基金會。
2. 鮮祺振：“金屬腐蝕及其控制”，徐氏基金會。
3. 葉江榮、蔡茂雄、邱明義、廖財昌：“外加電流式自動控制電位陰極防蝕法”，第6期防蝕工程月刊。
4. 邱明義、廖財昌：“海水鋼鐵結構物外加電流式陰極防蝕控制系統”，第429期台電工程月刊。
5. 邱明義：“電化學之金屬防蝕”，第2期文化大學工科學報。
6. 葉江榮、蔡茂雄等：核三廠緊急供水系統迴轉攔污柵陰極防蝕研究”，8503號台電電研所研究報告。