

# 數位式過電流電驛 MDP 簡介

◆ 李略

## 一、前言

隨著科技不斷的突飛猛進，電子技術、產品運用於保護電驛系統，已成為一種無法抵擋的潮流。更由於電腦科技的帶動，數位理論與技術更臻成熟，使得硬體結構簡單、體積小、功能多、準確度高、負擔(Burden)低之數位式電驛，如雨後春筍般的大量湧現，至今已呈琳琅滿目、百家爭鳴。至於孰優孰劣，更是難以遽下定論，端看其所含功能是否合於使用者的需求。MDP 數位式過電流電驛即為此類型電驛之一，茲將其基本功能與特性，及如何運用與測試等簡單介紹於後。

## 二、概述

MDP 電驛是美國 GE 公司設計、製造的，是一種以微處理器為基礎之數位式過電流電驛，它不具有方向性功能，可做為設備相間及相對地故障的過電流保護，具有下列諸主要功能：

1.反時性過電流，包含四種特性曲線及四種不同設定值的定時保護，並具有可任意延時之瞬時過電流保護。

2.相電流及接地電流量測。

3.相電流及接地電流計測。

4.可記錄、顯示最近一次跳脫之動作時間及故障電流情形。

此系列電驛內含四個量測元件，包括三相每一相個別使用一個量測元件，另一元件則做為接地電流或是殘餘電流之用。每一個量測元件，包含一時間過電流及一瞬時過電流元件，相間設定皆結合在一起，故所有相間元件之設定必須相同。

此電驛的額定電流有兩種，即  $I_n=5$  安培或  $I_n=1$  安培，電驛動作電流範圍分別為： $I_n=5$  安培者為  $I_s=1.5\sim 13.125$  安培或  $I_s=0.5\sim 4.375$  安培； $I_n=1$  安培者為  $0.3\sim 2.625$  安培或  $I_s=0.1\sim 0.875$  安培；瞬時元件

則為  $1\sim 31 \times I_s$ ，也就是瞬時元件的始動值，是以時間過電流元件始動值的幾倍來設定。故瞬時元件的始動值，可以在反時性元件選用值的  $1\sim 31$  倍範圍內調整。當瞬時元件不使用時，則可將其設定值調整為反時性元件始動值之『零倍』。

MDP 系統具有兩組輸出電驛，此兩組輸出電驛的接點，可選擇做為下列兩種用途：**(a)**用來指示跳脫是由於瞬時元件或反時性元件動作，或**(b)** 用來指示跳脫是由於相間或接地元件動作。選擇的方法是按使用者的需要，參考本電驛的使用手冊，依所指示的開關位置，改變位於銘牌右下後方的設定開關。MDP 系統另具有警報輸出接點，當電源供應器故障或自我偵測發現 MDP 電驛系統故障時，可以發出警示訊號，告知相關人員採取適當的處置。

電子式或數位式電驛較令人困擾的問題是，此類電驛較易受突波、射頻(高頻)及電磁場等的干擾(RFI、EMI)。而 MDP 電驛每一輸入端與外殼之間，均串接一電容器之突波保護設施，此電容器具有防止高頻干擾的功能。但必須注意，電驛外殼之接地螺絲，必須以接地線有效的接到地網。如此，這些抑制干擾的回路才能發揮其保護功能。此一接地線應儘可能的縮短，並不可因留太長而加以捲繞，以達到最大保護作用。接地線建議使用#12AWG 之裸導體。

### 三、電驛的使用範圍及其設定

本電驛系統依不同設備保護目的而有多種型式可供選用，其標準型之設定範圍(以額定 5 安培為基準)介紹如下：

#### 1. 延時過電流元件的電流設定： (相間與接地元件需個別設定)

相間過電流元件運用範圍為  $1.5\sim 13.125$  安培，每段 0.375 安培。而接地過電流元件運用範圍則是  $0.5\sim 4.375$  安培，同樣可以分段調整，每段 0.125 安培。

#### 2. 延時過流元件的延時設定(TOC)：

本電驛系統在同一具電驛之內，具有四種不同的反時性時間-電流曲線。電驛的動作時間，取決於流進電驛的電流及所選擇的特性曲線及時間刻度設定，四種反時性曲線(參考圖 1,2,3,4)，以及四個定時延時(最大時間為 2,4,6,8 秒)，這些均可依使用者需要擇一使用。相間與接地保護的動作時間可以分開選定。

#### 3. 瞬時元件始動值：

前一節已經提及本電驛的瞬時元件始動值，是 TOC 始動值設定的  $1\sim 31$  倍，如設定為 0，將會閉鎖此瞬時元件的功能。與 TOC 同樣的，相間與接地的始動值可以分別設定。

#### 4. 瞬時元件延時：

本電驛系統的瞬時元件除了做為快速

保護之外，亦可以加以 0-1.55 秒之間的延時跳脫，要延遲多久可在上述範圍內分段調整，每段 50 毫秒。相間與接地的延遲時間也是可以分別設定。

#### 5. 電流-時間動作曲線：

本電驛系統具有反時性(Inverse)、長時反時性(Long Time Inverse)、極反時性(Very Inverse)與超反時性(Extremely Inverse)。對 5 安培額定的電驛，尚可於每組曲線內選擇一條所需要的曲線，此一特定曲線的選擇，在介於 0.5 與 10 之間，每段增加 0.05。另有四組定時延時特性，最大值分別為 2,4,6 及 8 秒。

以上所述的設定值，均經由電驛面板上之撥動開關調整。

#### 四、電驛的量測功能(MEASUREMENT)

在 MDP 電驛的微處理器內有一時計，此時計在 50Hz 系統，每毫秒產生一個岔斷(Interrupt)；在 60Hz 系統，則每 0.833 毫秒產生一個岔斷，即每一週波有 20 個岔斷。

微處理器在每一岔斷執行相及接地電流之量測，並將這些量測結果，每一相及接地電流分別組成一個群組，總共分爲 10 個群組，再取這些群組最大值的平均數，這一平均數轉換至“TOC 始動值的倍數”，即爲電驛據以工作之值。

##### 1. 反時性元件：

每相及接地所量測得到的“TOC 始動

值的倍數”之數值，分別與所設定的始動值比較，此一設定之數值爲 TOC 始動值的一倍。如果所測得數值超過此固定的設定值，則電驛面板上始動之發光二極體(LED)會亮起。使得反時性過電流量測元件動作所必須的最小電流值，應不小於設定值(Is)，亦不會超過設定值 10%，即不高於設定值之 110%。

$$1.0I_s < I_{min} < 1.1I_s$$

以實際動作值而言，復歸值(Drop Out)與始動值之比例不應小於 95%。

MDP 系統結合了四種反時性曲線及四種定時延時特性(參考圖 1~4)，在同一組曲線內之動作時間選擇，是經由時間開關設定。MDP 系統之特性曲線與下列公式極爲一致。

##### 51(反時性)

從 1.1 到 4 倍的 TOC 始動值時：

$$T = \left[ \frac{0.0059}{p^{0.001} - 1} + 0.419 \right] * Dial + 0.018$$

從 4 到 31 倍的 TOC 始動值時：

$$T = \left[ \frac{0.0069}{p^{0.001} - 1} - 0.252 \right] * Dial + 0.018$$

##### BS142(反時性)

$$T = \left[ \frac{0.14}{p^{0.02} - 1} \right] * Dial + 0.02$$

##### 53(極反時性)

從 1.1 到 4 倍的 TOC 始動值時：

$$T = \left[ \frac{52.954}{p^{2.11} - 1} + 0.923 \right] * Dial + 0.018$$

從 4 到 31 倍的 TOC 始動值時：

$$T = \left[ \frac{28.447}{p^{1.702} - 1} + 1.007 \right] * Dial + 0.018$$

### 77(超反時性)

從 1.1 到 20 倍的 TOC 始動值時：

$$T = \left[ \frac{58.132}{p^{2.135} - 1} + 0.166 \right] * Dial + 0.020$$

### 66(長反時性)

從 1.1 到 3 倍的 TOC 始動值時：

$$T = \left[ \frac{0.0006}{p^{0.00001} - 1} + 5.644 \right] * Dial$$

從 3 到 5 倍的 TOC 始動值時：

$$T = \left[ \frac{0.746}{p^{0.01} - 1} - 5.360 \right] * Dial$$

從 5 到 20 倍的 TOC 始動值時：

$$T = \left[ \frac{0.00085}{p^{0.00001} - 1} - 12.530 \right] * Dial$$

從 20 到 31 倍的 TOC 始動值時：

$$T = \left[ \frac{250 - 45p}{10} \right] * Dial$$

註：T=時間--秒

P=TOC 始動值的倍數

Dial=時間設定值/10

## 2.瞬時元件

所測得“TOC 始動值倍數”之數值，每相及接地分別與使用者所設定的值比較，當

超過此一使用者設定值時，則電驛面板上標示著“始動”(Pickup)的發光二極體(LED)會亮起，同時啓動使用者設定時計。當此一時計達到預設值時，電驛動作且電驛面板上跳脫指示燈(Trip LED)亮起。

對於相間及接地元件之跳脫準位，使用者可以分別調整設定值。同樣的，相間及接地元件之時計亦可分別設定，其範圍是在 0.0 到 1.55 秒之間，每一調整間隔為 50 毫秒。

如果不擬使用瞬時元件，可將動作值倍數設定為零(0)即可。

## 3.標置更改

電驛設定值，可由面板上之雙向開關來更改，但要注意的是，每當設定值一經更改之後，電驛就必須重置(Initialized)。重置的方法是持續按下復歸桿 3 秒鐘，直到“備妥”(Ready)LED 熄滅，這樣所更改的設定才會有效。

每當面板上之雙向設定開關更動，“備妥”之指示燈即開始閃爍，每秒閃爍兩次。如果設定又改回到原設定值，或是電驛經過重置，“備妥”之指示燈將停止閃爍，且會一直亮著；如果電驛之設定值已改變而電驛未復歸，則此指示燈將會持續閃爍 3 分鐘，過後即接受此新設定值並自動重置。

注意：始動電流設定更改與其他設定值之更改不同，始動電流設定更改立即有效，甚至當顯示設定已更改之“備妥”指示燈尚在閃

爍時即已有效，這是要特別注意的地方。按下復歸桿預置電驛，將使電驛備妥之指示燈再度亮起。

#### 五、電驛設定(SETTINGS)：

本電驛系統在使用前需要設定的有：

##### 1.延時過電流始動值(Pickup TOC)

過電流始動值是設定開關置於右邊位置所對應之值的總和再加上基本始動值。例如：相間 TOC 開關之第二、第三、第五均置於右方，對於 5 安培額定之電驛，其基本始動值為 1.5，則其始動值設定為：

$1.5+0.75+1.5+6=9.75$  安培，依此方式，使用者可以很輕易的更改電流設定值。

##### 2.瞬時過電流始動值(PICKUP IOC)

如前所述，瞬時過電流元件的始動值是 IOC 始動值的倍數，故其始動值為設定開關置於右邊位置之值的和乘以 TOC 的始動值。例如：IOC 始動值設定開關之第二、第三置於右邊，則 IOC 始動值為  $2+4=6$  倍 TOC 始動值設定。以上述之例，TOC 始動值為 9.75 安培，則 IOC 始動值設定為  $9.75 \times 6=58.5$  安培。

##### 3.時間設定(TIME DIAL)

時間設定值為其設定開關置於右邊位置所對應數值的和再加上基值 0.5，時間設定之基值，5 安培額定之電驛為 0.5。

##### 4.曲線選擇

可由三個曲線選擇開關選用八種曲線，其設定方式如下表：

曲線別 \ 開關別	第一 (上)	第二 (中)	第三 (下)
反時性	右	右	右
極反時性	右	右	左
長時反時性	右	左	左
超反時性	右	左	右
2 秒定時	左	右	右
4 秒定時	左	右	左
6 秒定時	左	左	右
8 秒定時	左	左	左

特定時間曲線的延時，對於 1 安培額定之電驛為選擇定時乘以時間設定；對於 5 安培額定之電驛為選擇定時乘以時間設定之十分之一。舉例說明如下：為獲得 3 秒的動作時間，時間設定必須為：第一、第三及第四之設定開關置於右邊，第二及第五之設定開關，則置於左邊的位置(時間設定  $TD=0.05+0.05+0.2+0.2=0.5$  --- 1 安培額定；或  $TD=0.5+0.5+2+2=5$  --- 5 安培額定)；而且必須以曲線選擇開關置於左、左、右，選擇 6 秒之曲線。則對於 1 安培額定之電驛，延時為  $6(\text{曲線}) \times 0.5(\text{時間設定})=3$  秒；對於 5 安培額定之電驛，因時間設定(5)須乘以十分之一，故其結果乃為 0.5。

##### 5.瞬時過電流延時(IOC Delay)

瞬時過電流元件，可以延時 0.05 至 1.55 秒，所延遲之時間為設定開關置於右邊之數值的總和。例如：當 IOC Delay 之開關只有第二及第四置於右邊時，則延時為： $0.1+0.4=0.5$  秒。

#### 六、輸出接點配置

MDP 電驛有兩組輸出接點可供組合運用，使用者經由輸出選擇開關之設定，可以區分電驛動作跳脫是肇因於相間與接地或延時與瞬時。

在銘牌右下方之 A 位置，IOC 相間與接地跳脫輸出在第 11、12 與第 14、15；而 TOC 相間與接地跳脫輸出在第 11、13 與第 14、16。

在銘牌右下方之 B 位置，IOC 或 TOC 接地跳脫輸出在第 11、13 與第 14、16；而 IOC 或 TOC 相間跳脫輸出在第 11、12 與第 14、15。其組合如下表所示：

輸出選擇

接 點	A	B
K2a 11-13	TOC	IOC 或 TOC 接地
K1b 14-15	IOC	IOC 或 TOC 相間
K2b 14-16	TOC	IOC 或 TOC 接地
K1a 11-12	IOC	IOC 或 TOC 相間

#### 七、顯示與復歸

MDP 電驛提供一數字或文字之視窗，可以不需要開啓電驛外蓋，直接推動復歸桿來瀏覽相關資料。當電驛一加上電源，視窗上會出現一數值，指示目前電驛的狀態。爲了與其他之訊息有所區別，此數值同時亮著兩個小數點，其定義如下：

顯示數值	代表意義
.0.0	設備正常使用中
.0.1	內部設定與外部設定不一致
.8.0	嚴重故障

連續推復歸桿兩秒以內，可以依序得到下列資料，其順序爲：

- F0 設備實際狀態
- F1 A 相電流，始動值之倍數
- F2 B 相電流，始動值之倍數
- F3 C 相電流，始動值之倍數
- F4 接地電流，始動值之倍數
- F5 上次跳脫時 A 相電流之倍數
- F6 上次跳脫時 B 相電流之倍數
- F7 上次跳脫時 C 相電流之倍數
- F8 上次跳脫時接地電流之倍數
- F9 上次跳脫之動作時間

F5 到 F9 爲顯示上次跳脫資料，只要維持輔助電源不中斷，則可以繼續保存著。

因為只顯示兩位數字，故能夠直接顯示的最大動作時間僅為 99 秒。當時間超過 99 秒，MDP 系統又從零(0)開始，以亮兩個小數點表示最初的 100 秒，故當時間超過 199 秒時，則仍舊顯示 99 但兩個小數點亮著。

當復歸桿按著的時間少於兩秒，視窗會出現下一功能。例如：若視窗出現 A 相電流時，當按下復歸桿之後，視窗出現的下一功能為 F2 指示(B 相電流，始動值之倍數)，若立即(時間少於兩秒)將復歸桿放開，則視窗出現此一功能之數值，亦即 B 相電流之始動值倍數。

如果復歸桿按著的時間大於三秒，則“使用中”之指示燈會熄滅，而且電驛會自動重置，視窗即顯示此電驛之功能狀態。

電驛僅在輸入電流小於始動值時才可以重置，如果電驛已經始動，或電驛已經動作跳脫而故障仍存在時，則當復歸桿釋放之後，視窗顯示出實際的功能，而此時電驛不會重置。

#### 八、例行自我測試與錯誤偵測(Self Test And Error Routines)

當 MDP 系統偵測到電驛內部任一組件有重大故障時，會立即顯示“嚴重錯誤”訊息，同時閉鎖電驛跳脫輸出。在此情況下，電驛之程式進入一執行環路，直到其工作電源關掉後才能退出。出現的現象為“備妥”

指示燈不亮，視窗“80”顯示出目前電驛的狀態，每秒閃爍一次。

當 MDP 系統一接上電源後，第一件事即進行既存程式記憶體(EPROM)完整的測試。如果偵測到任何故障，立即提供“嚴重故障”的訊息。MDP 系統一經開始正常使用，仍會持續檢查部份的 EPROM。假設任何此種檢查發現錯誤時，電驛立即進入“嚴重故障”狀態。

#### 九、主要構造

##### 1.硬體

電驛之元件均置於一組裝式活動骨架上，可以很輕易的從電驛箱殼內移出，此活動骨架由上、下之門鎖固定於電驛箱殼。箱殼與活動骨架之間所有電氣回路之連接，全部經由可抽出式連接插頭連接，這樣可以在箱殼上進行電驛測，如圖 6 所示。電驛外蓋在箱殼的前面，蓋子內部有兩支互鎖連桿，其作用在於防止連接插頭尚未插入前即覆上面蓋。

電驛箱殼適合以半突出式安裝於盤面上，其配備可適用於厚度在兩吋以內之任合盤面。

##### 2.內部接線圖

MDP 系統之內部接線，包括工作直流電源供應，各相電流輸入、整流、濾波，以及突波保護等主要接線圖，如圖 5 所示。

### 3.顯示(DISPLAYS)

MDP 系統在面板上有七個發光二極體(LED)，用來指出下列各種狀況：

指示燈名稱	顏色	表示意義
使用中	綠色	電驛在正常運作中
始動	琥珀色	保護元件之一已經始動
A 相跳脫	紅色	已經發生 A 相跳脫
B 相跳脫	紅色	已經發生 B 相跳脫
C 相跳脫	紅色	已經發生 C 相跳脫
接地跳脫	紅色	已經發生接地跳脫
TOC 跳脫	紅色	已經發生 TOC 元件跳脫
IOC 跳脫	紅色	已經發生 IOC 元件跳脫

### 十、試驗

當電驛交貨之後，為避免使用之後的爭論，應立即進行驗收試驗，以確認此一電驛系統無任何外觀上的損壞，以及廠家出廠前的校驗結果並未因運送過程而有所變異，這是所有各種設備採購上極端重要的步驟；另外，為確認此電驛能正常發揮其應有功能，在加入系統前於現場亦需執行安裝試驗，以驗證所設定的值是否正確。這些試驗包括：

#### (一)反時性元件：

##### 1.始動值試驗：

將電驛之 TOC 設定於所要的值，並將

瞬時過電流元件設定倍數值置於零(0)，以閉鎖瞬時元件。依使用手冊試驗接線圖(或參考電驛外部接線圖，如圖 6 及圖 7)，將電流輸入電驛適當接線端子，直到面板上的始動 LED 指示燈亮，此電流應為設定值的 100~110%，隨後跳脫電驛的接點應閉合。在跳脫電驛的接點閉合之後，降低輸入的電流，校驗是否在電驛 TOC 始動值設定的 95~105%之間，電驛會復歸且始動 LED 指示燈熄滅。

#### 2.動作時間測試：

將電驛反時性元件設定於最小動作時間，並將時間刻度設定為 5.0，然後依次輸入待測電驛 TOC 始動值設定的 2, 5 及 10 倍的電流，其動作時間，依所選用不同的反時特性，應分別如表 1, 2, 3, 4 所示：

表一：反時性特性

始動值倍數	動作時間(秒)
2	4.28--4.73
5	1.93--2.13
10	1.32--1.45

表二：極反時性特性

始動值倍數	動作時間(秒)
2	8.03--8.87
5	1.43--1.58
10	0.77--0.85



表三：長時反時性特性

始動值倍數	動作時間(秒)
2	44.8--49.5
5	19.3--21.3
10	11.7--12.9

表四：超反時性特性

始動值倍數	動作時間(秒)
2	8.24--9.11
5	1.02--1.13
10	0.30--0.33

對於定時性特性，任何輸入電流值，其動作時間應為上表最大時間的一半。

### 3.時間刻度校驗：

將電驛反時性元件 TOC 設定於最小始動值，輸入電驛始動值的 5 倍電流，電驛動作時間應在表五及表六的範圍之內。

表五：反時性

時間 刻度	動作時間(秒)			
	ANSI 反時性	極 反時性	長時 反時性	超 反時性
10	3.84--4.24	2.84--3.14	38.6--42.7	2.02--2.23
7	2.69--2.98	2.00--2.20	27.0--29.9	1.42--1.57
3	1.16--1.29	0.86--0.96	11.6--12.9	0.62--0.69
1	~0.41	~0.31	3.86--4.27	~0.24

表六：定時性

時間 刻度	動作時間(秒)			
	最大時 間為 2 秒	最大時 間為 4 秒	最大時 間為 6 秒	最大時 間為 8 秒
10	1.95--2.05	3.95--4.05	5.45--5.05	7.95--8.05
7	1.35--1.45	2.75--2.85	4.15--4.25	5.55--5.65
3	0.57--0.63	1.14--1.26	1.71--1.89	2.35--2.45
1	~0.2	~0.4	0.57--0.67	0.76--0.86

### (二)瞬時元件：

#### 1.始動值試驗：

將電驛面板上的輸出選擇開關置於 B 位置，使輸出電驛僅與相間或接地有關；將電驛之 TOC 設定於最低值，並將瞬時過電流元件設定倍數值置於 1，且瞬時過電流延時設定為 0 秒。依使用手冊試驗接線圖，將電流輸入電驛適當接線端子，直到面板上的始動 LED 指示燈亮起，此電流應為設定值的 95~105%。在跳脫電驛的接點閉合之後，降低輸入的電流，校驗電驛是否在其 TOC 始動值設定的 95% 或更高，電驛會復歸且始動 LED 指示燈熄滅。

#### 2.動作時間測試：

輸入 TOC 始動值設定的 5 倍電流到電驛，校驗其動做時間是否小於 0.025 秒；設定瞬時元件的延遲時間，並校驗其動做時間不可小於設定時間，也不能高於設定時間 10 毫秒。

以上所述之試驗方法，分別適用於相間及接地元件。

### 十一、結語

從保護電驛的演進史來看，70年代的固態、靜態電驛目前已有式微的跡象；取而代之的是1980以後，大量運用數位技術與微處理器的數位式保護電驛。但這對保護電驛快速動作的要求仍嫌不夠，爲了滿足速度的需求，乃運用多重微處理器來並聯處理電驛所需之運算，因所有電驛動作原理均以軟體執行，在設計上就更爲靈活。又因其記憶體空間較大，因此可以儲存事故時的一些電流、電壓等資料，以利事故後之分析；也可以附加計測、故障示波圖形等功能。

由於此類型電驛是使用微處理器，故其維修技術要求較高，一般數位式電驛，通常不建議使用者自行檢修。此外在測試時，亦須特別注意人體的靜電荷，不可用手直接碰觸電路板上導體部份，如果非接觸不可時，接觸之前手腕應先帶上防止靜電之腕帶。否則，此無意中所遺留在電子零件上的電荷，就像在電驛裡埋下一顆不定時的炸彈，何時會造成電驛故障或誤動作，是無法預期的。

數位式電驛共同遭遇的難題是突波、RFI與EMI，而這些東西在電力系統上是無可避免的。因此，既然改變不了環境，只好設法克服這些問題，否則只有被淘汰一途。

所幸的是，目前大部分的數位式電驛，可以說對於射頻(高頻)及電磁場的干擾，均經周詳考慮並做特殊處理，一般背景值的RFI與EMI都不會有影響；但也有紀錄顯示，在一定距離以內，某種程度的RFI(如無線對講機發射時)曾經造成電驛誤動作，這是使用上要特別注意的。

以上的結語，基本上是對於所有數位電驛的一般概述，也是運用數位電驛的基本概念，並非針對MDP電驛系統。MDP已經或得美國UL認證，並符合RFI ANSI C37.90.2之試驗規定，在運用上應可獲得相當保證。

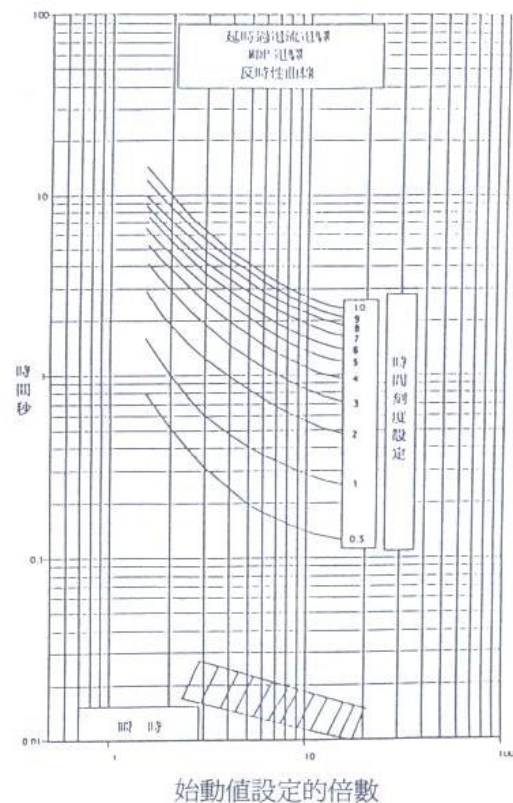


圖1. MDP 電驛系統反時性曲線

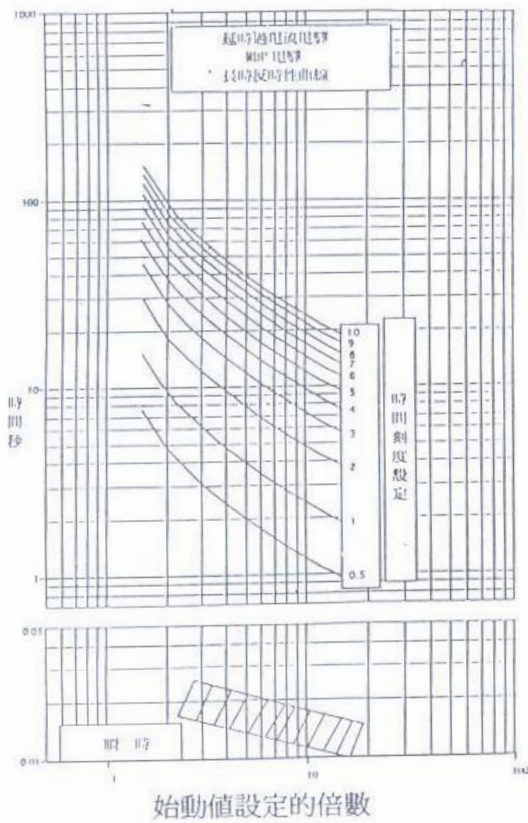


圖 2. MDP 電驛系統長時反時性曲線

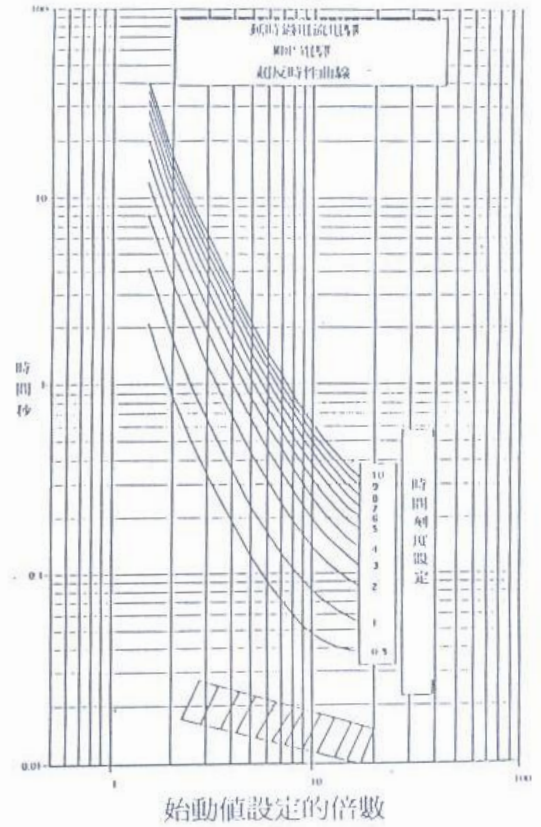


圖 4A. MDP 電驛系統超反時性曲線

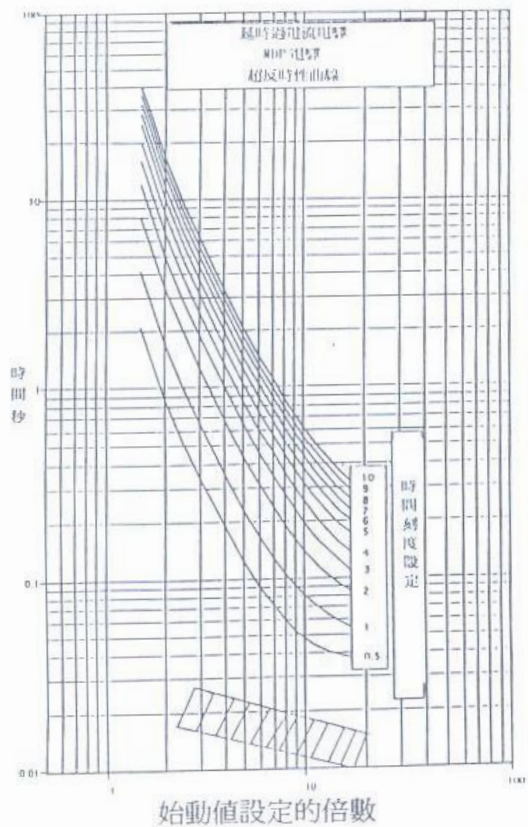


圖 3. MDP 電驛系統極反時性曲線

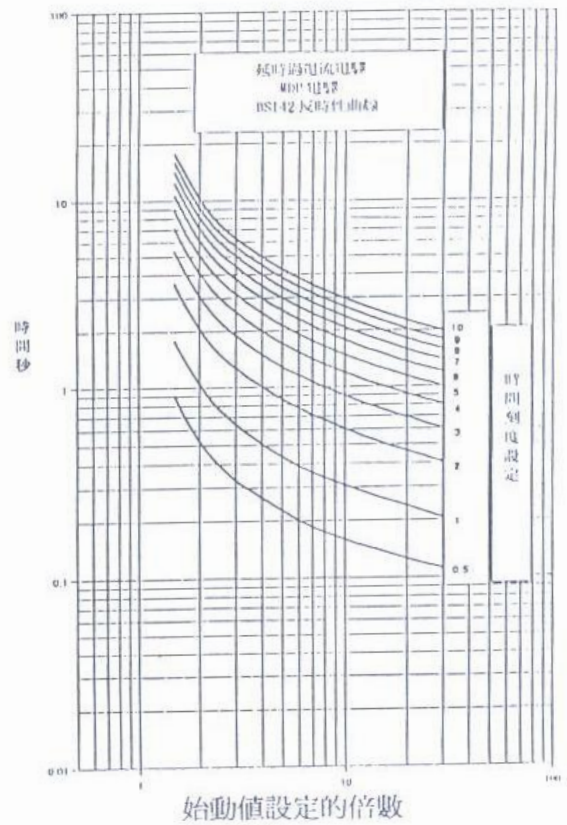


圖 4B. MDP 電驛系統 BS142 反時性曲線

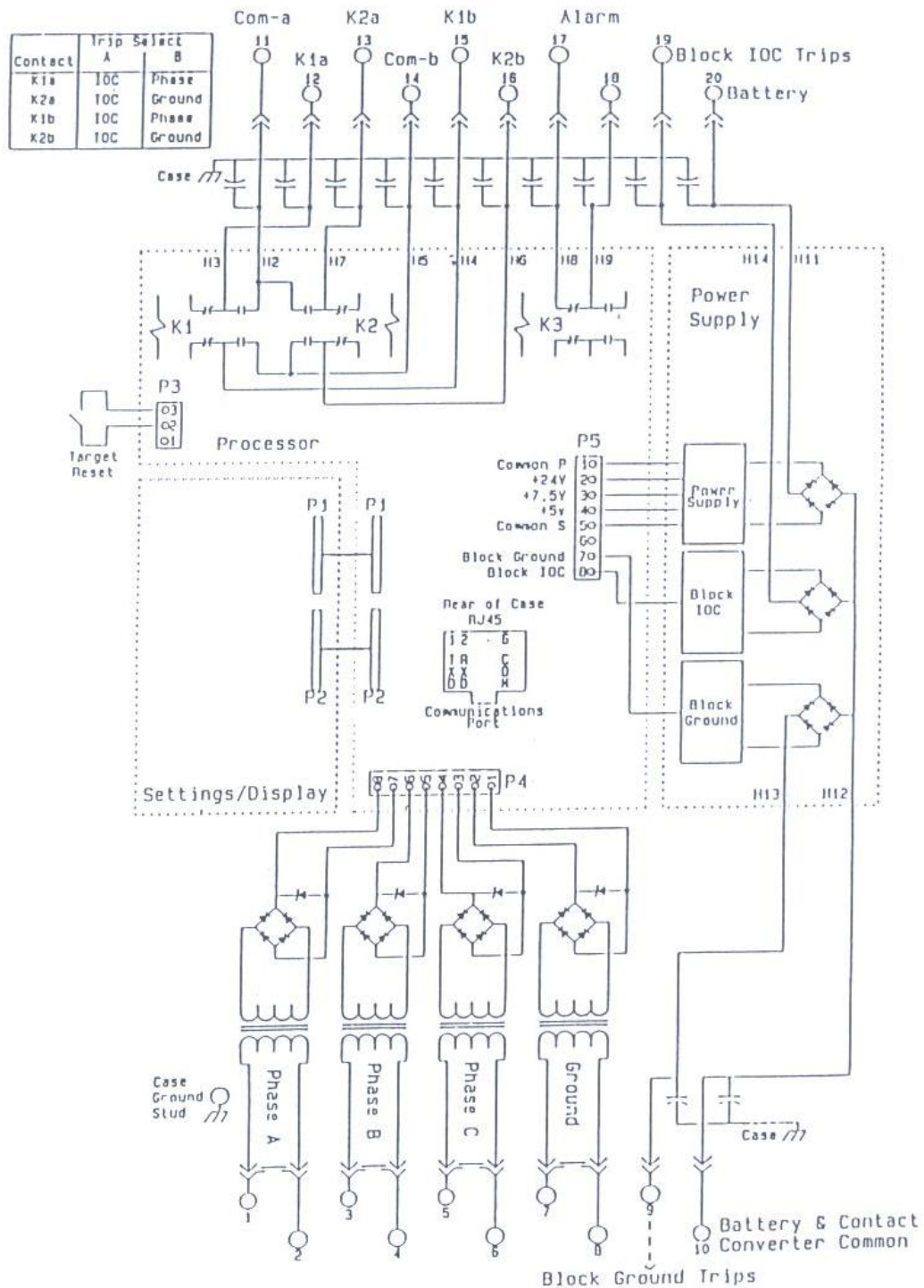


圖 5. MDP201A-A 內部接線圖

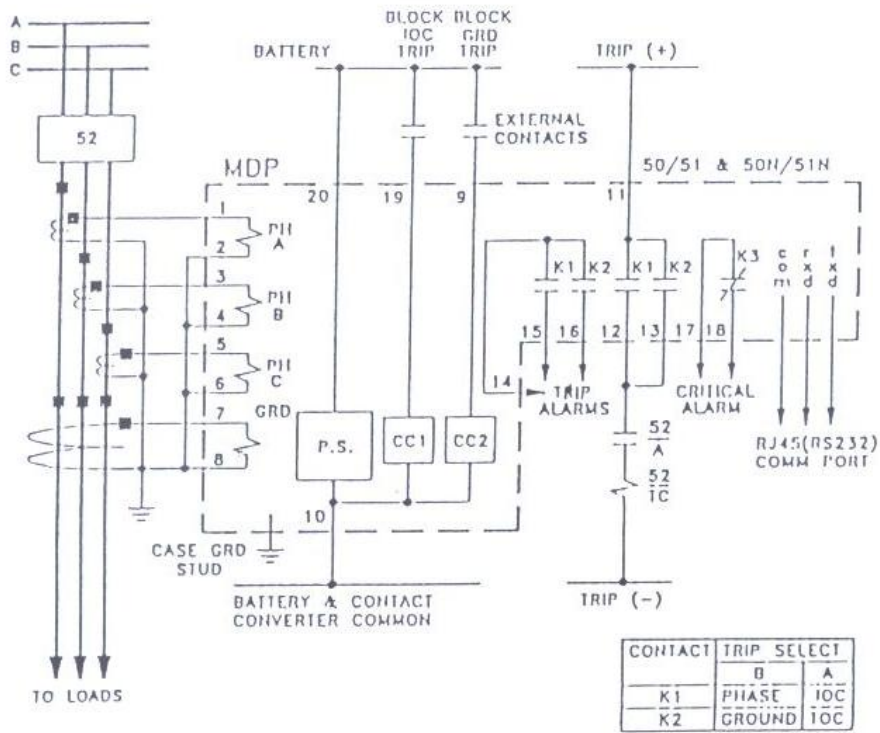


圖 6、典型的外部接線圖(接地電流)

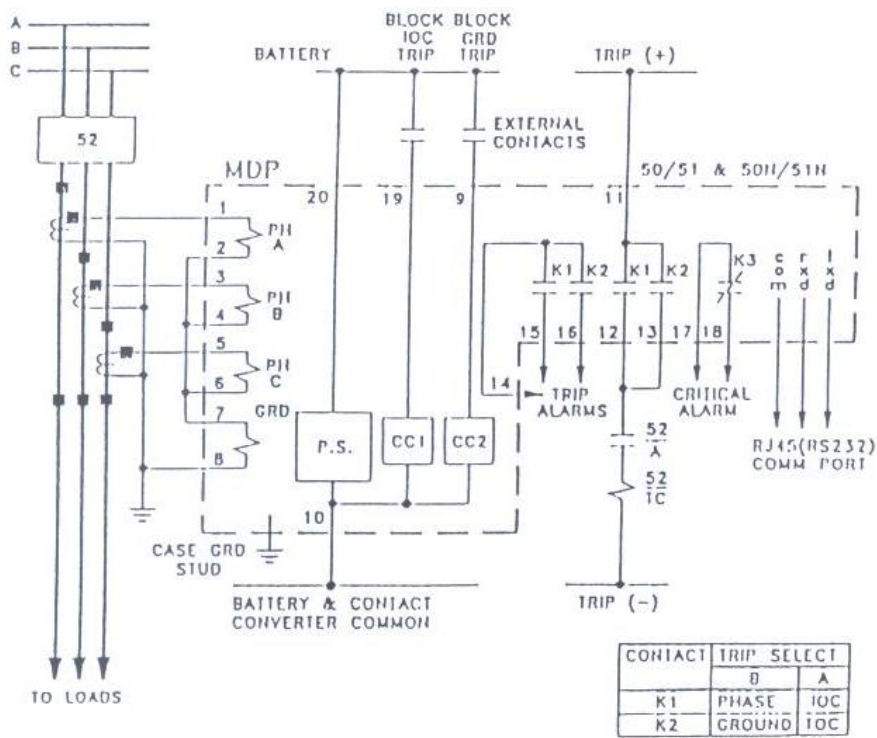


圖 7、典型的外部接線圖(殘餘電流)