

採 DRA 演算法解決既設工廠保護協調曲線相交問題

聖約翰科技大學電機工程系 鄭超元
 聖約翰科技大學電機工程系 王錦銘
 聖約翰科技大學電機工程系 吳峯日

摘要

本文提出以 DRA (Digital Recorded Algorithm)演算法對傳統過電流保護裝置動作特性曲線進行擬合。採奇異值分解法為基礎，在模態座標下的狀態空間對曲線進行擬合，完成以方程式表示其動作特性。本研究以不同廠牌不同反時型電磁式過電流電驛及電力熔絲等四種過流保護裝置，各選取一條動作特性曲線，進行擬合，得到對應之動作特性曲線方程式。這些方程式在每動作特性曲線數百動作時間取樣點的測試中，最大絕對值誤差均可維持在毫秒等級內。最後，列舉一個實際的應用例子，將已擬合完成特定需求的動作特性曲線，做為新型過電流電驛設定依據，以此新型過電流電驛解決工廠電力系統保護協調問題。

一、前言

電力熔絲主要由一種遇高溫會融化之金屬熔絲組成，故當故障電流熱效應夠大時，即開始融化熔絲而斷裂，達到遮斷故障電流之目的，因此，無法以單一方程式精確表達其特性曲線。

電磁式過電流電驛其動作原理係藉由外加電流於電磁鐵的感應線圈，於感應轉盤上產生不同相位差的旋渦電流，在感應轉盤上形成感應旋轉力矩使移動接點閉合，經由調整移動接點與固定接點間閉合路徑長短達到上、下游的保護協調功能。

由於是機械裝置，故亦會產生慣性及磨擦效應，所以，亦無法如同數位過電流電驛 [1]般以單一方程式精確表達特性曲線。

通常廠商會在電力熔絲使用說明書中提供一個額定電壓相同、不同額定電流的動作特性曲線家族。在過電流電驛方面，廠商亦會在使用說明書中提供一個不同延時標置值 (TDS/TMS) {(Time Dial Settings)/(Time Multiplier Settings)} 的動作特性曲線家族，如圖 1。上述兩者都為片段非線性連續平滑下降曲線。

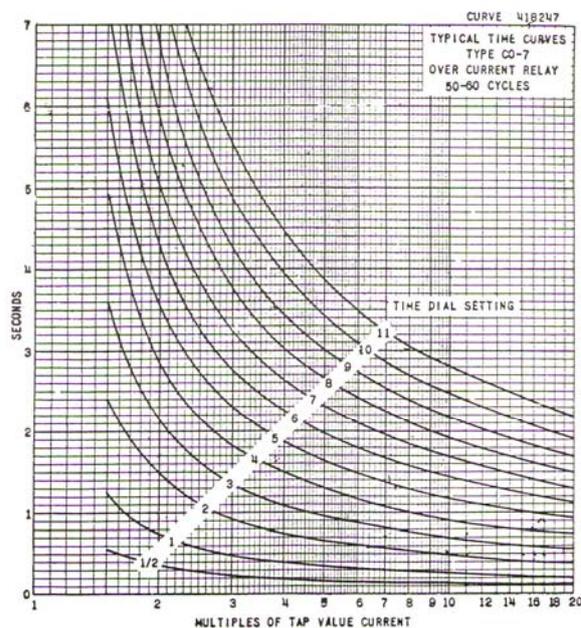


圖 1 典型過電流電驛--- CO-7

為了前述裝置於電力系統保護協調之方便性，擬合過電流保護裝置特性曲線成了稍早研究學者感興趣之議題之一 [2]。在擬合電力熔絲特性曲線方面，由於設置位置和電壓等級因素，相關文獻相對較

少，其中[3]採用通用型兩參數對數方程式表示電力熔絲特性曲線，故不足以表達其精確性。

另外，在數位過電流電驛誕生後，為了與電磁式過電流電驛能取得良好之保護協調性，找到更佳之電磁式過電流電驛特性曲線表示法[4-8]，就顯得它之重要性。

在過電流電驛特性曲線擬合文獻中，[8,9,10]顯示絕對值誤差，[10,11]顯示平均絕對值誤差，僅[11]顯示更能表示精確性之最大百分比絕對值誤差，然而，皆未見顯示精確性更高之最大絕對值誤差。另外，過電流電驛在始動電流倍數(M: Multiples of tap value current)值較小部份(例如 M 在 1.3~3.0 間)，動作時間呈非線性急遽變化，係較難擬合之區段，僅在[11]出現擬合結果。

本研究提出以 Markov 參數[12]為思考邏輯，應用 DRA(Digital Recorded Algorithm)演算法[13]在模態座標下 [14]的狀態空間擬合上述兩種過電流保護裝置四種相異反時性動作特性曲線。為了表達擬合的精確性，本文採用最大絕對值誤差、最大百分比絕對值誤差、平均絕對值誤差及平均百分比絕對值誤差等四個數據作為評估面相，且對於熔絲及電驛動作特性曲呈非線性急遽變化區段，亦有完整的擬合。

對於誤差值的要求，在[4]為 3 周波，在[9]為更小的 2 周波，本文的要求更嚴謹，僅允許最大絕對值誤差比 1 周波小的毫秒(ms, milliseconds)級數。

電力系統故障時，發生極大的故障電流。當故障電流發生後，使用各類型過電流保護裝置將故障部分切離系統，使系統其他部分繼續正常供電。實務上，過電流保護裝置最常遭遇到的保護協調問題之一是協調曲線發生相交的情形[15]。若上、

下游過電流保護裝置協調曲線發生相交，在故障發生時，於某一故障電流範圍內，會導致後備保護裝置先於主保護裝置動作，造成停電範圍非預期的擴大，故在設計上是不被允許的。

最後，對有特定需求的過電流保護裝置動作特性曲線進行擬合，做為新型過電流電驛方程式設定，然後，以此新型電驛解決既設工廠工業配電保護協調曲線相交問題。

本文內容安排:第 2 部分為 DRA 演算法擬合過電流保護裝置特性曲線之數學推導;第 3 部分為列舉實例驗證;第 4 部分列舉實例說明以本演算法解決工廠工業配電保護協調問題;第 5 部分為結論。本研究是以 MATLAB 撰寫相關程式並繪製特性曲線圖與協調曲線圖。

二、DRA 演算法推導動作特性曲線方程式

採用 DRA 演算法擬合完成以簡易方程式替代過電流保護裝置動作特性曲線的執行步驟如下 [12-14, 16- 19]:

步驟(一):將過電流保護裝置動作特性曲線置於 $x-t$ 平面上。找出此曲線左側起始點座標數據對 (x_1, t_1) ，設定取樣間距為 Δx ，估測曲線左側起始點向左一個 Δx 的動作時間 t_0 ，取得數據對 (x_0, t_0) 。接續在數據對 (x_1, t_1) 右側以相同 Δx ，取得曲線序列數據對 (x_2, t_2) 、 (x_3, t_3) 、 \dots 、 (x_{l_s-1}, t_{l_s-1}) 等共 l_s 組。

其中， x_0 如方程式(1)

$$x_0 = x_1 - \Delta x \quad (1)$$

步驟(二):以 t_k , $k=1,2,3, \dots$ 建構漢可矩陣(Hankel Matrix) $H(0)$ 及 $H(1)$ ，如方程式(2)及(3)所示。

$$H(0) = \begin{bmatrix} t_1 & t_2 & \cdots & t_h \\ t_2 & t_3 & \cdots & t_{h+1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_h & t_{h+1} & \cdots & t_{2h-1} \end{bmatrix}_{h \times h} \quad (2)$$

$$H(1) = \begin{bmatrix} t_2 & t_3 & \cdots & t_{h+1} \\ t_3 & t_4 & \cdots & t_{h+2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{h+1} & t_{h+2} & \cdots & t_{2h} \end{bmatrix}_{h \times h} \quad (3)$$

其中 h ，如方程式(4)。

$$h = \text{fix} \left(\frac{l_s - 1}{2} \right) \quad (4)$$

fix : 無條件捨去小數

步驟(三): 以奇異值分解法將漢可矩陣 $H(0)$ 分解成矩陣 R 、 Σ 及 S ，如方程式(5)所示。

$$H(0) = R \Sigma S^T \quad (5)$$

步驟(四): 在方程式(5)中選擇適當模態座標維度 n ，求取矩陣 R_n 、 Σ_n 及 S_n ，如方程式(6)所示。

$$R \Sigma S^T = \begin{bmatrix} R_n & R_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Sigma_n & \underline{0} \\ \underline{0} & \Sigma_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_n^T \\ S_0^T \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中，

n : 亦為擬合波形成份數量，範圍是 1 至矩陣 Σ 維度間的整數值

步驟(五): 在 $x-t$ 平面狀態空間方程式(7)中，計算系統矩陣 A 、 B 及 C 之估測值矩陣 \hat{A} 、 \hat{B} 及 \hat{C} ，如方程式(8)、(9)及(10)所示。

$$\begin{aligned} x(k+1) &= Ax(k) + Bu(k) \quad k=0,1,2, \dots \\ t(k) &= Cx(k) + Du(k) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\hat{A} = (\Sigma_n)^{\frac{1}{2}} R_n^T H(1) S_n (\Sigma_n)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$\hat{B} = (\Sigma_n)^{\frac{1}{2}} S_n^T E_1 \quad (9)$$

$$\hat{C} = E_1^T R_n (\Sigma_n)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

其中， E_1^T 如方程式(11)所示。

$$E_1^T = [1 \quad 0 \quad \cdots \quad 0] \quad (11)$$

另外，系統矩陣 D ，如方程式(12)所示。

$$D = t_0 \quad (12)$$

步驟(六): 將狀態空間方程式(7)轉換至模態座標系統，如方程式(13)，求矩陣 Λ 、 B_m 及 C_m ，如方程式(15)、(16)及(17)所示。

$$x_m(k+1) = \Lambda x_m(k) + B_m u(k), k=0,1,2, \dots \quad (13)$$

$$t(k) = C_m x_m(k) + Du(k)$$

其中， $x_m(k)$ 如方程式(14)所示。

$$x_m(k) = \Psi^{-1} x(k) \quad (14)$$

$$\Lambda = \Psi^{-1} \hat{A} \Psi = \begin{bmatrix} \lambda_1 & & \underline{0} \\ & \lambda_2 & \\ & & \ddots \\ \underline{0} & & & \lambda_n \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$B_m = \Psi^{-1} \hat{B} \quad (16)$$

$$C_m = \hat{C} \Psi \quad (17)$$

其中，

λ_i : \hat{A} 矩陣的特徵值, $i=1,2, \dots, n$

Ψ : \hat{A} 矩陣的特徵向量矩陣

步驟(七): 由模態座標下的狀態空間方程式(13)解得脈波響應序列，即系統 Markov 參數，如方程式(18)所示。

$$\begin{aligned} t(k) &= x_0, & k=0 \\ &= CA^{k-1}B = C_m \Lambda^{k-1} B_m, & k=1,2,3, \dots \end{aligned} \quad (18)$$

$$= \sum_{i=1}^n c_i \lambda_i^{k-1} b_i$$

步驟(八):轉換回 $x-t$ 平面連續域系統, 即擬合成為動作特性曲線方程式, 如方程式(19)所示。

$$t(x) = \sum_{i=1}^{n_1} C_i e^{-\alpha_i(x-x_0)} + 2 \sum_{i=1}^{n_2} K_i A_{ii}^{-f_i(x-x_0)} \cos(2\pi f_i(x-x_0) + \varphi_i) + \sum_{i=(n_2+1)}^{n_3} K_i A_{ii}^{-f_i(x-x_0)} \cos(2\pi f_i(x-x_0) + \varphi_i) \quad (19)$$

其中,

x : 過電流保護裝置動作特性曲線的始動電流倍數或故障電流值

x_0 : 過電流保護裝置動作特性曲線左側起始點的左側一個 Δx 的 x

t : 以 x 為變數的過電流保護裝置動作時間

n_1 : 平滑波形成份 (the smooth component) 數量

n_2 : 成雙振盪波形成份 (the oscillation component) 數量, 故該項係數為 2。因被擬合者為片段非線性連續平滑下降曲線, 所以大都產生多組成雙振盪波形成份, 如此, 可大大減低數學參數參總量

$(n_3 - n_2)$: 單振盪波形成份數量

f_r : 振盪波形的震盪頻率

$C_i, \alpha_i, K_i, A_{ii}$: 常數

φ_i : 振盪波形成份相位移角度, 單位為徑度

其中, n 、 n_1 、 n_2 及 n_3 的關係如(20)所示。

$$n = n_1 + 2n_2 + (n_3 - n_2) = n_1 + n_2 + n_3 \quad (20)$$

三、案例驗證

本研究選擇四種不同公司不同型態不同反時型過電流保護裝置特性曲線為研究案例, 驗證本研究所提出之擬合公式之適

應性。此四條曲線分別為 GE 公司中度反時型 (moderately inverse) IBCG51 電驛 TDS=1[20]、ABB 公司採 IEC 長時反時型 (long inverse) 數位電驛 TDS=0.05 (亦即 k 值)[21]、Westing-House 公司反時型 (inverse) CO-8 電驛 TDS=6[22] 及 SIBA 公司近似極端反時型 (similar extremely inverse) 額定 6/12kV 50A 高壓電力限流熔絲 (current-limiting fuse)[23] 等四條特性曲線為擬合對象。為兼顧於精確度與合理性, 擬合限制條件設為擬合結果與每條特性曲線所有動作時間取樣點間之最大絕對值誤差為毫秒 (ms) 級數。所擬合出方程式 (19) 的參數值在表 1。

在表 2 中顯示完整擬合結果, 最大絕對值誤差 Max_Err 為 2.33~7.51 ms, 都出現在較小之 x (1.8, 1.6, 2.5 及 136) 值處。最大百分比絕對值誤差 Max_Err% 為 0.19~2.13, 大都發生在 x (41.23, 43.2, 5.2 及 501) 值較大, 主因於 x 值越大動作操作時間越小。平均絕對值誤差 AV 為 0.20~0.55 ms 及平均百分比絕對值誤差 AV% 為 0.03~0.34。

最後, 將四種過電流裝置數百特性曲線取樣點與 DRA 演算法完成之特性曲線方程式組繪製如圖 2。由圖中可清楚顯示四條原特性曲線取樣點與 DRA 演算法擬合曲線緊緊之密合在一起, 可驗證 DRA 演算法之強健辨識特性及高準確度。

表 1 四種不同公司不同型態不同反時型過電流保護裝置特性曲線以 DRA 所擬合出方程式(19)的參數值

Protective devices	IBCG51 TDS=1	IEC TDS=0.05	CO-8 TDS=6	SIBA 50A
K_1	4.7488E-01	2.9330E+00	3.7055E+01	6.4615E+02
α_1	2.4356E+00	6.3117E+00	4.2328E+00	5.8899E+00
K_2	3.3871E-01	5.1601E+00	2.3176E+01	4.6064E+01
α_2	5.9703E-01	2.4626E+00	1.8071E+00	8.2836E-02
K_3	2.4584E-01	3.7750E+00	7.0000E+00	1.0751E+02
α_3	4.0672E-03	9.5491E-01	6.2423E-01	4.6531E-02
K_4	1.7784E-01	1.9227E+00	1.0226E+00	2.9110E+01
α_4	1.2779E-01	3.5115E-01	2.1111E-01	2.4691E-02
K_5	0	2.8698E-01	9.8116E-01	1.1279E+00
α_5	0	1.8223E-02	3.4244E-03	9.6860E-03
K_6	0	8.4040E-01	5.4251E-01	-5.5755E-01
α_6	0	1.0997E-01	7.9622E-02	1.1671E-02
C_1	0	0	3.7043E+00	1.4904E-02
f_1	0	0	1.5581E+00	8.6706E-03
A_{r1}	0	0	5.2041E+02	3.5233E+00
φ_1	0	0	1.2089E+00	1.2849E+00
C_2	0	0	6.1002E-03	2.5569E-03
f_2	0	0	2.8122E+00	1.7160E-02
A_{r2}	0	0	1.1917E+00	1.6849E+00
φ_2	0	0	-7.5985E+00	-1.1297E+00
C_3	0	0	2.1803E-02	6.5967E-04
f_3	0	0	3.3973E+00	2.3449E-02
A_{r3}	0	0	1.3685E+00	1.2611E+00
φ_3	0	0	3.3636E+00	4.8083E+00
C_4	0	0	4.9041E-01	0
f_4	0	0	4.2044E+00	0
A_{r4}	0	0	1.9500E+00	0
φ_4	0	0	-4.5837E+00	0
C_5	0	0	2.8143E+00	0
f_5	0	0	5.0000E+00	0
A_{r5}	0	0	3.5972E+00	0
φ_5	0	0	-3.1416E+00	0

表 2 完整擬合結果

Protective devices	Max Err/x	Max Err%/x	AV	AV%
IBCG51 TDS=1	4.05/1.8	0.48/41.2	0.53	0.19
IEC TDS=0.05	2.33/1.6	0.19/43.3	0.20	0.07
CO-8 TDS=6	7.51/2.5	0.29/5.2	0.55	0.03
SIBA 50A	5.99/136	2.13/501	0.50	0.34

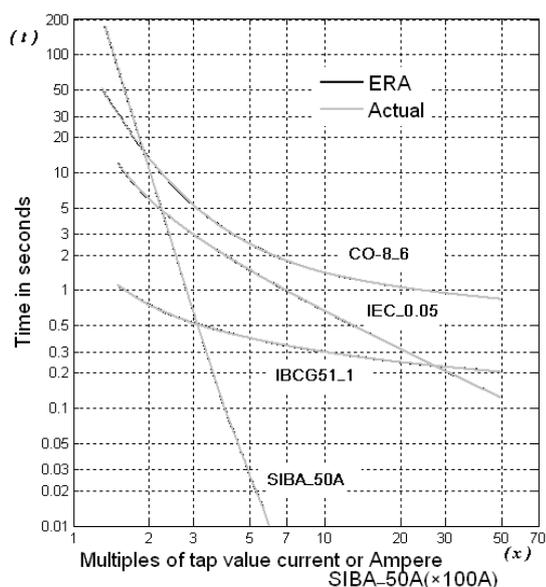


圖 2. 擬合四種過電流裝置特性曲線

四、案例---新型過電流電驛應用在解決既設工廠配電系統的保護協調曲線交叉問題

為描述本研究所採用演算法在實務上的應用，本文列舉一配電系統過電流保護協調示範案例[24]，進行說明如下：

1. 新型過電流電驛的介紹

數位電驛動作特性曲線大都是以基本式完成設定，可改善過電流電驛在保護協調上的困擾。任何片段非線性連續平滑下降曲線，皆可由 DRA 演算法擬合完成如方程式(19)，本文建議以此方程式為新型過電流電驛動作特性曲線的設定依據，完成一種具有極佳保護協調彈性的新型電驛。

2. 實例模擬

此案例為一典型工廠配電系統，圖 3 為此既設工廠的電力系統單線圖，圖中亦含匯流排編號。圖 4 為此案例各層級保護協調示意圖，圖中明顯顯示曲線 A 與 B 以及 C 的不協調處，另外曲線 D 與 E 亦出現重疊現象。在故障發生時，於某一故障電流範圍內，會導致上游過電流保護裝置先

於下游過電流保護裝置動作，造成停電範圍非預期的擴大，故在設計上是不被允許的，須加以妥善處理。

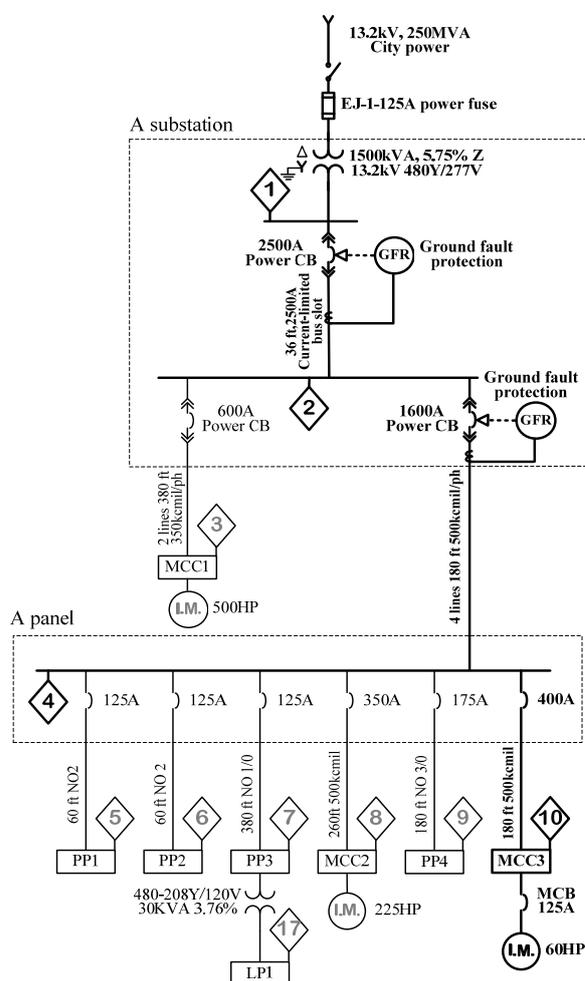


圖 3. 既設工廠單線圖

本研究建議，首先在圖 4 中繪製一條特定過電流保護動作特性曲線替代曲線 A (即 E-J-125A 電力熔絲)，此曲線須避開 ANSI 點及下游過電流保護裝置動作特性曲線，且須考慮主變壓器繞線變比 TWR 與配合新型電驛電流分接頭 I_N 值以及比流器匝比 CTR 的選擇。此曲線經繪圖軟體描點連線後取得樣點，經 DRA 演算法擬合完成如方程式(19)，其取樣規範及擬合參數值在表 3 中。新型過電流電驛即可以此參數為設定依據，完成一個專案新型

過電流電驛動作特性曲線。完成後如圖 5 中的黑色虛線(A)，順著(A)曲線由上而下的 8 個標誌點，可清楚看出，已解決此處工業用戶電力系統原有保護協調曲線(A)與(B)以及(C)的相交情形。

同樣的，曲線(D)及(E)間的保護曲線重疊問題，亦可使用此方法來排除。

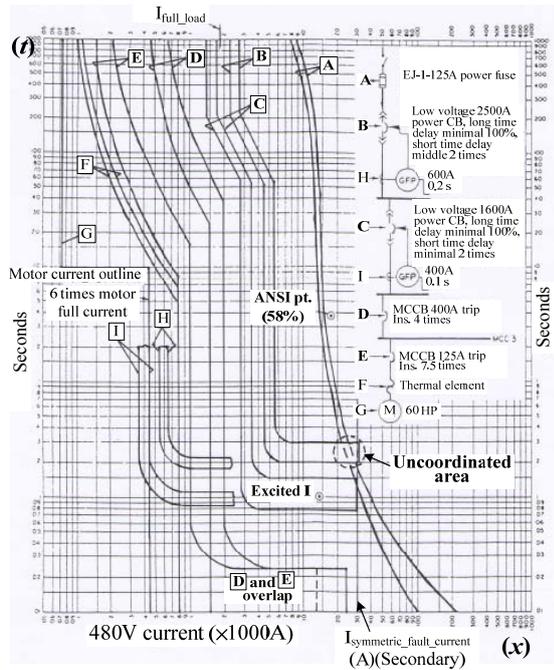


圖 4 既設工廠保護協調曲線圖---修正前

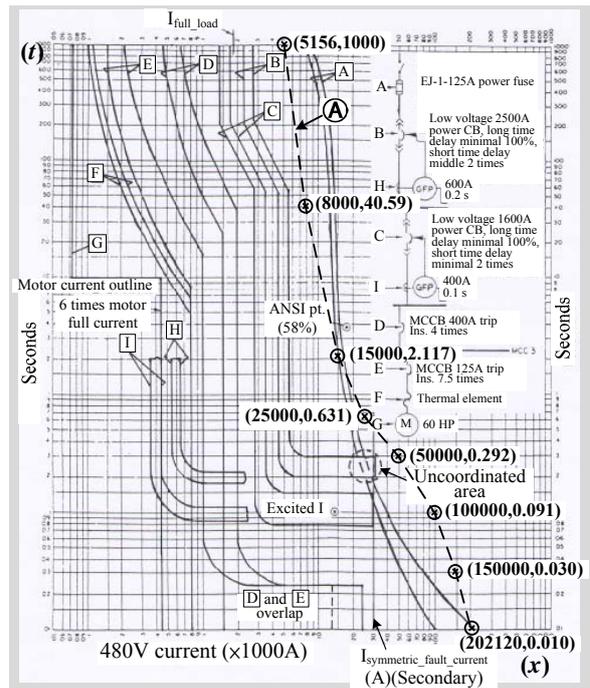


圖 5 既設工廠保護協調曲線圖---修正後

3. 結果分析

對於既設工業配電系統，過去因經費與保護設備動作特性曲線選擇的限制，出現「保護重於協調」的設計，故易造成保護動作特性曲線不協調現象。本研究提出一種新穎實用方法，在完成過電流保護裝置動作特性曲線以公式精確表示後，可藉予電力工程師在考慮整個系統條件下，即可自行繪製保護動作特性曲線來排除曲線相交，得到圓滿結果。

表 3 特定過電流保護裝置特性曲線以 DRA 所擬合出方程式(19)的參數值

I_s	589	n	12	TWR	27.5
x_0	1.4	n_1	4	CTR	50
x_1	1.5	n_2	4	I_N	2.5
Δx	0.1	n_3-n_2	0	P_s	24
C_1	1.6038E+03	K_1	3.2748E+01	K_3	1.6577E+00
α_1	4.6416E+00	f_1	2.5901E-01	f_3	2.6987E+00
C_2	3.0722E+01	A_{r1}	8.9666E+02	A_{r3}	2.4715E+00
α_2	9.7950E-01	φ_1	-2.4691E+00	φ_3	-3.8970E-02
C_3	6.3671E-01	K_2	1.1080E+01	K_4	4.1375E-01
α_3	9.2946E-02	f_2	1.4741E+00	f_4	4.0609E+00
C_4	2.3367E-01	A_{r2}	8.6433E+00	A_{r4}	1.6136E+00
α_4	6.1272E-02	φ_2	-5.6304E+00	φ_4	-7.6273E+00

五、結論

本文提出以 DRA 演算法擬合傳統過電流保護裝置動作特性曲線，列舉四條不同反時型過電流保護裝置特性曲線為例，採用四種不同絕對值誤差方式作為評估面相，皆得到良好之結果。顯示本演算法應用於不同過電流保護裝置特性曲線參數之辨識問題，具有極優越之適應性。

最後提出案例驗證，以 DRA 演算法擬合既設工廠為解決配電系統保護協調動作特性曲線交叉所需的特定保護動作特性曲線，將完成的簡易動作特性曲線方程式做為新型過電流電驛動作特性曲線設定依據，採用此新型過電流電驛在解決此案例的保護協調曲線交叉問題上，已得到滿意的解決。

六、參考文獻

- [1]. A. Conde, E. Vazquez, Application of a proposed overcurrent relay in radial distribution networks, *Electric Power Systems Research*, Vol.81, No.2, February 2011, pp.570-579.
- [2]. M. S. Sachdev, J. Singh, R. J. Fleming, Mathematical Models Representing Time-Current Characteristics of Overcurrent Relays for Computer Applications, IEEE PES Paper No. A78-131-5 Winter meeting, January 1978.
- [3]. Surachai Chaitusaney, Akihiko Yokoyama, Prevention of Reliability Degradation from Reclose-Fuse Miscoordination Due to Distributed Generation, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol.23, No.4, October 2008, pp.2545-2554.
- [4]. IEEE Committee Report, Computer representation of overcurrent relay characteristics, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol.4, No.3, July 1989, pp.1659-1667.
- [5]. Sherman Chan, Richard Maurer, Modeling Overcurrent Relay Characteristics, *IEEE Computer Applications in Power*, Vol.5, No.1, 1992, pp.41-45.
- [6]. IEEE PSRC Committee, IEEE Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Overcurrent Relays, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol.14, No.3, July 1999, pp.868-872.
- [7]. D. J. Hill, L.W. Bruehler, C. J. Bohrer, Why wait? System-wide benefits from custom overcurrent relay characteristics, *Petroleum and Chemical Industry Conference*, pp.1-9, 2009.
- [8]. Hossein Kazemi Karegar, Hossein Askarian Abyaneh, Majid Al-Dabbagh, A flexible approach for overcurrent relay characteristics simulation, *Electric Power Systems Research*, Vol.66, No.3, September 2003, pp.233-239.
- [9]. Arturo Conde Enríquez, Ernesto Vázquez-Martínez, Héctor J. Altuve-Ferrer, Time overcurrent adaptive relay, *Electrical Power and Energy Systems*, Vol.25, No.10, December 2003, pp.841-847.
- [10]. M. Geethanjali, S. Mary Raja Slochanal, A combined adaptive network and fuzzy inference system (ANFIS) approach for overcurrent relay system, *NEUROCOMPUTING*, Vol.71, No.4-6, January 2008, pp.895-903.
- [11]. H. A. Darwish, M. A. Rahman, A. I. Taalab, H. Shaaban, Digital model of overcurrent relay characteristics, *Industry Applications Conference*, Vol.2, 1995, pp.1187-1192.
- [12]. Jen-Tsan Kuan, Mu-Kuen Chen, Parameter Evaluation for Lightning Impulse with Oscillation and Overshoot Using the Eigensystem Realization Algorithm, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol.13, No.6, December 2006, pp.1303-1316.
- [13]. J. N. Juang, *Applied System Identification*, Prentice-Hall, Inc.,

- Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1994.
- [14]. X. D. Sun, T. Clarke, M. A. Maiza, A toolbox for minimal state space model realization, IEE Proceedings - Control Theory Application, Vol.143, No.2, 1996, pp.152-158.
- [15]. Walter A. Elmore, Protective Relaying Theory and Application, 2nd ed., Marcel Dekker, Inc., New York City, NY, 2004.
- [16]. Zhanhua Ma, Sunil Ahuja, Clarence W. Rowley, Reduced-order models for control of fluids using the eigensystem realization algorithm, Theoretical and Computational Fluid Dynamics, Vol.25, No.1-4, June 2011, pp.233-247.
- [17]. Jason Sheng-Hong Tsai, Tseng-Hsu Chien, Shu-Mei Guo, Yu-Pin Chang, Leang-San Shieh, State-Space Self-Tuning Control for Stochastic Fractional-Order Chaotic Systems, IEEE Transactions on Circuit and Systems, Vol.54, No.3, March 2007, pp.632-642.
- [18]. Seddik M. Diouadi, R.C. Camphouse, J.H. Myatt, Reduced Order Models for Boundary Feedback Flow Control, Proceedings of the American Control Conference, 2008, Article No. 4587119, pp. 4005-4010.
- [19]. Bai Yan, Xiaong Xie, Qirong Jiang, Principle Hankel Component Algorithm (PHCA) for Power System Identification, Power Systems Conference and Exposition, 2009. PSCE '09. IEEE/PES, pp.1-5.
- [20]. Instructions GEK-100581, Ground Directional Overcurrent Relays General Electric Co. Ontario, Canada, May 2003.
- [21]. User's Manual and Technical Description, SPCJ4D29 Combined **Overcurrent** and Earth-Fault Relay Module ABB Co. Coral Springs, FL, Jan. 30, 1997.
- [22]. Tan-Hsu Tan, Gwo-Hsiung Tzeng, Industry Power Distribution, 4th ed., Gau Lih Book Co., Taiwan, ISBN: 978-957-58-4133-1, pp.223-229, 2011.
- [23]. Catalog, High Voltage Fuse acc. DIN Standard, SIBA Co., 2011, pp.87.
- [24]. C. H. Lo, Industry Power Distribution, 4th ed., Chuan Hwa Book CO., Taiwan, ISBN:978-957-21-6392-4, pp.5-24~5-3