

HCB-1

序濾波器電壓計算程式



詹宏祺 羅隆和

一·前言

副線電驛 HCB-1 應用於短距離輸電線路上之保護，如我們所知有其方便及可靠之處，只需要輸入電流訊號，即可達到百分之百保護。但在實際應用時，常遭遇到一個問題，尤其是在輸電線路兩端施行 HCB-1 負載校驗時，序濾波器輸出電壓值到底應該是多少呢？又輸入電流不平衡時，其各相序電流值又有何變化呢？序濾波器輸出電壓值隨輸入電流大小而改變，而負載電流又隨時隨地不停的在改變，利用手算當然可以求出我們所要之相序電流及序濾波器輸出電壓值，但可能因負載變化而不適用。今日筆記型電腦已相當普遍，何不開發一簡單程式，利用筆記型電腦之方便性，隨時隨地可以提供我們所需要的相序電流及序濾波器輸出電壓值，如此在應用 HCB-1 時可達事半功倍之效。

二·主程式

HCB-1 之序濾波器電壓公式為： $V_f = C_1 I_{a1} + C_2 I_{a2} + C_0 I_{a0}$

在使用上其標置值大都採用： $R_1 = C$ ， $R_0 = G$ ，因此本程式乃針對此標置來設計，其序濾波器電壓為：

$V_f = -0.2 * I_{a1} + 0.46 * I_{a2} + 2.5 * I_{a0}$ ，各位讀者若有不同之標置，可利用說明書上所附之公式值自行更改。

BASIC 主程式：

10 PI=3.14159

15 GOSUB 9950: PRINT " HCB-1 電流相序分析及濾波器
電壓計算": PRINT

20 PRINT "請輸入 各相電流及角度"

30 LOCATE 5,1: INPUT "Ia ";IA: LOCATE 5,20: INPUT "角度";AA

35 LOCATE 6,1: INPUT "Ib ";IB: LOCATE 6,20: INPUT "角度";AB

40 LOCATE 7,1: INPUT "Ic ";IC: LOCATE 7,20: INPUT "角度";AC

50 IF IA=0 AND IB=0 AND IC=0 THEN END

60 IAR = IA*COS(PI*AA/180): IAX

= IA*SIN(PI*AA/180):IBR

= IB*COS(PI*AB/180):IBX=IB*SIN(PI*AB/180):ICR

= IC*COS(PI*AC/180): ICX = IC*SIN(PI*AC/180)

70 PRINT

80 LOCATE 5,40: PRINT USING "Ia=#####.##### +j#####.#####";IAR,IAX

85 LOCATE 6,40: PRINT USING "Ib=#####.##### +j#####.#####";IBR,IBX

90 LOCATE 7,40: PRINT USING "Ic=#####.##### +j#####.#####";ICR,ICX

95 LOCATE 3,1: PRINT "各相電流及角度: "

100 ANGB=AB+120: IF ANGB>360 THEN ANGB=ANGB-360

105 IABR=IB*COS(PI*ANGB/180): IABX=IB*SIN(PI*ANGB/180)

110 ANGC=AC+240: IF ANGC>360 THEN ANGC=ANGC-360

115 IACR=IC*COS(PI*ANGC/180): IACX=IC*SIN(PI*ANGC/180)

120 IA1R=(IAR+IABR+IACR)/3: IA1X=(IAX+IABX+IACX)/3:

IF ABS(IA1X)<.0001 THEN A1=0: GOTO 127

125 A1=ATN(IA1X/IA1R): IF IA1R<0 THEN A1=A1+PI

127 AD1=A1*180/PI: IA1=SQR(IA1R*IA1R+IA1X*IA1X)

130 ANGB=AB+240: IF ANGB>360 THEN ANGB=ANGB-360

135 IABR=IB*COS(PI*ANGB/180): IABX=IB*SIN(PI*ANGB/180)

```

140 ANGC=AC+120: IF ANGC>360 THEN ANGC=ANGC-360
145 IACR=IC*COS(PI*ANGC/180): IACX=IC*SIN(PI*ANGC/180)
150 IA2R=(IAR+IABR+IACR)/3: IA2X=(IAX+IABX+IACX)/3
    : IF ABS(IA2X)<.0001 THEN A2=0: GOTO 157
155 A2=ATN(IA2X/IA2R): IF IA2R<0 THEN A2=A2+PI
157 AD2=A2*180/PI: IA2=SQR(IA2R*IA2R+IA2X*IA2X)
160 IA0R=(IAR+IBR+ICR)/3: IA0X=(IAX+IBX+ICX)/3
    : IF ABS(IA0X)<.0001 THEN A0=0: GOTO 167
165 A0=ATN(IA0X/IA0R): IF IA0R<0 THEN A0=A0+PI
167 AD0=A0*180/PI: IA0=SQR(IA0R*IA0R+IA0X*IA0X)
190 LOCATE 10,1: PRINT "各序電流:"
200 PRINT: PRINT USING "          Ia1=####.####  角度=####.#
    (####.#### +j####.####)";IA1,AD1,IA1R,IA1X
210 PRINT USING "          Ia2=####.####  角度=####.# (####.####
    +j####.####)";IA2,AD2,IA2R,IA2X
220 PRINT USING "          Ia0=####.####  角度=####.# (####.####
    +j####.####)";IA0,AD0,IA0R,IA0X
250 VFR=-.2*IA1R+.46*IA2R+2.5*IA0R: VFX
    =-.2*IA1X+.46*IA2X+2.5*IA0X: IF ABS(VFX)<.0001 THEN AV=0:
    GOTO 257
255 AV=ATN(VFX/VFR): IF VFR<0 THEN AV=AV+PI
257 ADV=AV*180/PI: VF=SQR(VFR*VFR+VFX*VFX)
260 PRINT: PRINT "濾波器電壓:"
270 PRINT: PRINT USING "          V f=####.####  角度=####.#
    (####.#### +j ####.####)";VF,ADV,VFR,VFX
300 LOCATE 22,1: PRINT "按 [P] 印表      按 [Enter] 繼續      按
    [Esc] 退出";:GOSUB 9900: IF ASC(A$)=13 THEN 15
305 IF A$="P" OR A$="p" THEN GOSUB 400: GOTO 320

```

```

310 IF ASC(A$)<>27 THEN 300 ELSE 350
320 LOCATE 22,1: PRINT "                按 [Enter] 繼續    按
      [Esc] 退出";:GOSUB 9900: IF ASC(A$)=13 THEN 15
325 IF ASC(A$)<>27 THEN 320
350 END
400 LPRINT "                HCB-1 電流相序分析及濾波器電壓計算":
      LPRINT
405 LPRINT "各相電流及角度:": LPRINT
410 LPRINT USING "          Ia #####.#### 角度 #####.#          Ia
      =#####.##### +j#####.#####";IA,AA,IAR,IAX
415 LPRINT USING "          Ib #####.#### 角度 #####.#          Ib
      =#####.##### +j#####.#####";IB,AB,IBR,IBX
420 LPRINT USING "          Ic #####.#### 角度 #####.#          Ic
      =#####.##### +j#####.#####";IC,AC,ICR,ICX
430 LPRINT: LPRINT "各序電流:"
435 LPRINT: LPRINT USING "          Ia1=#####.#### 角度=#####.#
      (#####.##### +j#####.#####);IA1,AD1,IA1R,IA1X
440 LPRINT USING "          Ia2=#####.#### 角度=#####.# (#####.####
      +j#####.#####);IA2,AD2,IA2R,IA2X
445 LPRINT USING "          Ia0=#####.#### 角度=#####.# (#####.####
      +j#####.#####);IA0,AD0,IA0R,IA0X
450 LPRINT: LPRINT "濾波器電壓:"
455 LPRINT: LPRINT USING "          V f=#####.#### 角度=#####.#
      (#####.##### +j #####.#####);VF,ADV,VFR,VFX
470 LPRINT: LPRINT: LPRINT: LPRINT
480 RETURN
9900 A$=INKEY$: IF A$="" THEN 9900 ELSE RETURN

```

三·範例

- 1·三相負載電流平衡時(即所謂之A B C N狀況);假設進入 HCB-1 電驛之電流值為 1 安培,依電腦指示輸入電流值及相角值後,緊接著出現畫面如下:

H C B - 1 電流相序分析及濾波器電壓計算

各相電流及角度:

I a	1.0000	角度	0.0	I a=	1.0000 +j	0.0000
I b	1.0000	角度	-120.0	I b=	-0.5000 +j	-0.8660
I c	1.0000	角度	120.0	I c=	-0.5000 +j	0.8660

各序電流:

I a1=	1.0000	角度=	0.0 (	1.0000 +j	-0.0000)
I a2=	0.0000	角度=	0.0 (	-0.0000 +j	0.0000)
I a0=	0.0000	角度=	0.0 (	0.0000 +j	0.0000)

濾波器電壓:

V f=	0.2000	角度=	0.0 (-0.2000 +j	0.0000)
------	--------	-----	-------	------------	---------

- 2·只有A相電流輸入(即所謂之A N狀況);假設進入 HCB-1電驛之電流值為 1 安培,依電腦指示輸入電流值及相角值後,出現如下之畫面:

H C B - 1 電流相序分析及濾波器電壓計算

各相電流及角度：

I a	1.0000	角度	0.0	I a=	1.0000 +j	0.0000
I b	0.0000	角度	0.0	I b=	0.0000 +j	0.0000
I c	0.0000	角度	0.0	I c=	0.0000 +j	0.0000

各序電流：

I a1=	0.3333	角度=	0.0 (	0.3333 +j	0.0000)
I a2=	0.3333	角度=	0.0 (	0.3333 +j	0.0000)
I a0=	0.3333	角度=	0.0 (	0.3333 +j	0.0000)

濾波器電壓：

V f=	0.9200	角度=	0.0 (0.9200 +j	0.0000)
------	--------	-----	-------	-----------	---------

3 · 只有 B 相電流輸入（即所謂之 B N 狀況）；假設進入 HCB-1 電驛之電流值為 1 安培，依電腦指示輸入電流值及相角值後，緊接著出現之畫面如下：

H C B - 1 電流相序分析及濾波器電壓計算

各相電流及角度：

I a	0.0000	角度	0.0	I a=	0.0000 +j	0.0000
I b	1.0000	角度	0.0	I b=	1.0000 +j	0.0000
I c	0.0000	角度	0.0	I c=	0.0000 +j	0.0000

各序電流：

$$\begin{aligned}
 I_{a1} &= 0.3333 \quad \text{角度} = 120.0 \quad (-0.1667 + j \quad 0.2887) \\
 I_{a2} &= 0.3333 \quad \text{角度} = 240.0 \quad (-0.1667 + j \quad -0.2887) \\
 I_{a0} &= 0.3333 \quad \text{角度} = 0.0 \quad (0.3333 + j \quad 0.0000)
 \end{aligned}$$

濾波器電壓：

$$V_f = 0.8126 \quad \text{角度} = -13.6 \quad (0.7900 + j \quad -0.1905)$$

4. 只有 C 相電流輸入（即所謂之 C N 狀況）；假設進入 HCB-1 電驛之電流值為 1 安培，依電腦指示輸入電流值及相角值後，接著出現如下畫面：

H C B - 1 電流相序分析及濾波器電壓計算

各相電流及角度：

$$\begin{array}{llll}
 I_a & 0.0000 & \text{角度} & 0.0 & I_a = & 0.0000 + j & 0.0000 \\
 I_b & 0.0000 & \text{角度} & 0.0 & I_b = & 0.0000 + j & 0.0000 \\
 I_c & 1.0000 & \text{角度} & 0.0 & I_c = & 1.0000 + j & 0.0000
 \end{array}$$

各序電流：

$$\begin{aligned}
 I_{a1} &= 0.3333 \quad \text{角度} = 240.0 \quad (-0.1667 + j \quad -0.2887) \\
 I_{a2} &= 0.3333 \quad \text{角度} = 120.0 \quad (-0.1667 + j \quad 0.2887) \\
 I_{a0} &= 0.3333 \quad \text{角度} = 0.0 \quad (0.3333 + j \quad 0.0000)
 \end{aligned}$$

濾波器電壓：

$$V_f = 0.8127 \quad \text{角度} = 13.6 \quad (0.7900 + j \quad 0.1905)$$

5. 只有 A B 相電流輸入 (即所謂之 A B N 狀況) ; 假設進入 HCB-1 電驛之電流值為 1 安培, 依電腦指示輸入電流值及相角值後, 緊接著出現之畫面如下:

H C B - 1 電流相序分析及濾波器電壓計算

各相電流及角度:

I a	1.0000	角度	0.0	I a=	1.0000 +j	0.0000
I b	1.0000	角度	-120.0	I b=	-0.5000 +j	-0.8660
I c	0.0000	角度	0.0	I c=	0.0000 +j	0.0000

各序電流:

I a1=	0.6667	角度=	0.0 (	0.6667 +j	0.0000)
I a2=	0.3333	角度=	60.0 (	0.1667 +j	0.2887)
I a0=	0.3333	角度=	-60.0 (	0.1667 +j	-0.2887)

濾波器電壓:

V f=	0.6902	角度=	-58.6 (0.3600 +j	-0.5889)
------	--------	-----	---------	-----------	----------

6. 只有 B C 相電流輸入 (即所謂之 B C N 狀況) ; 假設進入 HCB-1 電驛之電流值為 1 安培, 依電腦指示輸入電流值及相角值後, 接著出現之畫面如下:

H C B - 1 電流相序分析及濾波器電壓計算

各相電流及角度:

I a	0.0000	角度	0.0	I a=	0.0000 +j	0.0000
I b	1.0000	角度	-120.0	I b=	-0.5000 +j	-0.8660
I c	1.0000	角度	120.0	I c=	-0.5000 +j	0.8660

各序電流：

I a1=	0.6667	角度=	0.0 (	0.6667 +j	-0.0000)
I a2=	0.3333	角度=	240.0 (	-0.3333 +j	0.0000)
I a0=	0.3333	角度=	0.0 (	-0.3333 +j	0.0000)

濾波器電壓：

V f=	1.1200	角度=	0.0 (-1.1200 +j	0.0000)
------	--------	-----	-------	------------	---------

7. 只有 C A 相電流輸入 (即所謂之 C A N 狀況) ; 假設進入 HCB-1 電驛之電流值為 1 安培, 依電腦指示輸入電流值及相角值後, 緊接著出現畫面如下:

H C B - 1 電流相序分析及濾波器電壓計算

各相電流及角度：

I a	1.0000	角度	0.0	I a=	1.0000 +j	0.0000
I b	0.0000	角度	0.0	I b=	0.0000 +j	0.0000
I c	1.0000	角度	120.0	I c=	-0.5000 +j	0.8660

各序電流：

I a1=	0.6667	角度=	0.0 (	0.6667 +j	-0.0000)
I a2=	0.3333	角度=	-60.0 (	0.1667 +j	-0.2887)
I a0=	0.3333	角度=	60.0 (	0.1667 +j	0.2887)

濾波器電壓：

$$V_f = 0.6902 \quad \text{角度} = 58.6 \quad (0.3600 + j \quad 0.5889)$$

8. 模擬 A B 相故障 (即電流由 A 相進, B 相出); 假設進入 HCB-1 電驛之電流值為 1 安培, 依電腦指示輸入電流值及相角值後, 接著出現如下之畫面:

H C B - 1 電流相序分析及濾波器電壓計算

各相電流及角度：

I a	1.0000	角度	0.0	I a =	1.0000 + j	0.0000
I b	1.0000	角度	180.0	I b =	-1.0000 + j	0.0000
I c	0.0000	角度	0.0	I c =	0.0000 + j	0.0000

各序電流：

I a1 =	0.5773	角度 =	-30.0	(	0.5000 + j	-0.2887)
I a2 =	0.5774	角度 =	30.0	(	0.5000 + j	0.2887)
I a0 =	0.0000	角度 =	0.0	(	0.0000 + j	0.0000)

濾波器電壓：

$$V_f = 0.2307 \quad \text{角度} = 55.7 \quad (0.1300 + j \quad 0.1905)$$

9. 模擬 B C 相故障 (即電流由 B 相進, C 相出); 假設進入 HCB-1 電驛之電流值為 1 安培, 依電腦指示輸入電流值及相角值後, 接著出現畫面如下:

H C B - 1 電流相序分析及濾波器電壓計算

各相電流及角度：

I a	0.0000	角度	0.0	I a=	0.0000 +j	0.0000
I b	1.0000	角度	0.0	I b=	1.0000 +j	0.0000
I c	1.0000	角度	180.0	I c=	-1.0000 +j	0.0000

各序電流：

I a1=	0.5774	角度=	90.0 (	0.0000 +j	0.5774)
I a2=	0.5774	角度=	270.0 (	-0.0000 +j	-0.5774)
I a0=	0.0000	角度=	0.0 (	0.0000 +j	0.0000)

濾波器電壓：

$$V_f = 0.3810 \quad \text{角度} = 270.0 \quad (\quad -0.0000 +j \quad -0.3810)$$

10. 模擬 C A 相故障 (即電流由 C 相進, A 相出); 假設進入 HCB-1 電驛之電流值為 1 安培, 依電腦指示輸入電流值及相角值後, 緊接著出現畫面如下:

H C B - 1 電流相序分析及濾波器電壓計算

各相電流及角度：

I a	1.0000	角度	0.0	I a=	1.0000 +j	0.0000
I b	0.0000	角度	0.0	I b=	0.0000 +j	0.0000
I c	1.0000	角度	180.0	I c=	-1.0000 +j	0.0000

各序電流：

I a1=	0.5774	角度=	30.0 (	0.5000 +j	0.2887)
I a2=	0.5773	角度=	-30.0 (	0.5000 +j	-0.2887)
I a0=	0.0000	角度=	0.0 (	0.0000 +j	0.0000)

濾波器電壓：

$$V_f = 0.2306 \quad \text{角度} = -55.7 (0.1300 + j -0.1905)$$

1 1 · 逆相電流輸入（即所謂之 A C B N 狀況）；假設進入 HCB-1 電驛之電流值為 1 安培，依電腦指示輸入電流值及相角值後，接著出現如下之畫面：

H C B - 1 電流相序分析及濾波器電壓計算

各相電流及角度：

$$I_a \quad 1.0000 \quad \text{角度} \quad 0.0 \quad I_a = 1.0000 + j \quad 0.0000$$

$$I_b \quad 1.0000 \quad \text{角度} \quad 120.0 \quad I_b = -0.5000 + j \quad 0.8660$$

$$I_c \quad 1.0000 \quad \text{角度} \quad -120.0 \quad I_c = -0.5000 + j \quad -0.8660$$

各序電流：

$$I_{a1} = 0.0000 \quad \text{角度} = 0.0 (-0.0000 + j \quad 0.0000)$$

$$I_{a2} = 1.0000 \quad \text{角度} = 0.0 (1.0000 + j \quad -0.0000)$$

$$I_{a0} = 0.0000 \quad \text{角度} = 0.0 (0.0000 + j \quad 0.0000)$$

濾波器電壓：

$$V_f = 0.4600 \quad \text{角度} = 0.0 (0.4600 + j \quad -0.0000)$$

四 · 討論事項

在作 HCB-1 負載校驗，常困擾我們的是量測 R · C · L 時，其毫安培表輸出值是否有標準值可供參考？由上述範例中得知，各項進入 HCB-1 之電流值皆一樣，假設為 1 安培。今以三相電流平衡時（即 A B C N）量測 R · C · L 之毫安培值為基準，再依據上述各項序濾波器電壓計算所得之值與 A B C N 序濾波器電壓計算所得之值相比較，可得如下之結論：

1. 量測 A N 時之毫安培值應為 A B C N 時之 4.6 倍。
2. 量測 B N 時之毫安培值應為 A B C N 時之 4.06 倍。
3. 量測 C N 時之毫安培值應為 A B C N 時之 4.06 倍。
4. 量測 A B N 時之毫安培值應為 A B C N 時之 3.45 倍。
5. 量測 B C N 時之毫安培值應為 A B C N 時之 5.6 倍。
6. 量測 C A N 時之毫安培值應為 A B C N 時之 3.45 倍。
7. 量測 A C B N 時之毫安培值應為 A B C N 時之 2.3 倍。

五. 結語

本文是針對解決相序電流分析時之繁瑣計算而設計，進而再推演 HCB-1 之序濾波器電壓計算，提供使用者簡捷運用，也讓我們進一步了解 HCB-1 之原理與應用。各位讀者亦可以嘗試手算，再利用本程式加以驗證。本程式雖經多次驗證，恐乃有疏漏錯誤之處，尚請不吝來文指教。

朋友：

**歡迎您加入電驛協會
並成為會員——以便隨時
掌握最新電驛資訊。**

