

电流相位比較式 高週波保护装置讲义

辽宁省电業局沈陽中心試驗所編

96
9

水利电力出版社

448296
3439



电流相位比較式
高週波保护装置讲义
辽宁省电業局沈陽中心試驗所編

*

841D307

水利电力出版社出版 (北京西郊科学路二里溝)

北京市書刊出版業營業證登記出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店發行

*

850 × 1168 1/16 开本 * 2 1/6 印張 * 63 千字

1958年6月北京第1版

1958年6月北京第1次印刷(0001—4,300册)

統一書号: 15143·716 定价(第10类)0.44元

44
3

目 录

前 言

第 一 节	系統短路时, 被保护綫路兩側电流相位的关系	3
第 二 节	高週波保护装置的動作原理	4
第 三 节	电流相位比較回路的工作原理	5
第 四 节	外部短路时保护装置的動作情况	6
第 五 节	內部短路时保护装置的動作情况	7
第 六 节	A_1, A_2 起動繼电器的作用	8
第 七 节	相位特性曲綫	9
第 八 节	极性繼电器的整定及閉鎖角	12
第 九 节	負序滤波器的原理	17
第 十 节	操作滤波器	20
第 十一 节	操作回路	25
第 十二 节	电流相位比較回路	28
第 十三 节	$\Delta\Phi 3-2$ 型保护装置的交流回路	30
第 十四 节	直流回路	36
第 十五 节	不对称短路时, 无相繼動作区的最大被保护綫路长度	45
第 十六 节	訊号繼电器等的的作用	47
第 十七 节	$\Delta\Phi 3-2$ 型保护装置的优缺点	49
第 十八 节	$\Delta\Phi M-1$ 型高週波保护装置的构造及工作原理	52
第 十九 节	部件檢驗方法	61
第 二十 节	利用負荷电流檢驗	74
第二十一节	整組動作試驗	75
第二十二节	試驗儀器及設備	78

前 言

电流相位比較式高週波保护装置目前被公認為能滿足复杂长綫路繼电保护要求的保护方式。在苏联，对于高週波保护装置，經過使用后的不断改进，無論在結綫原理上及元件构造上都是全世界最先进的。而且由多年的运行經驗証明，这种保护装置动作准确可靠，缺点极少，故已在主要电力系统及新建綫路中大量采用。

本書为苏联专家瓦文 (В. Н. Вавин) 同志在前沈阳电业管理局中心試驗所(現辽宁省电业局沈阳中心試驗所)举办的“高週波保护装置訓練班”中所作的高週波保护装置有关繼电器部份的演講記錄，內容詳細闡述电流相位比較式高週波保护装置的動作原理及优缺点，並指出其重要性，最后並論及ДФЗ-2型高週波保护装置繼电器部份的檢驗及調整方法，对繼电保护工作人員具有很大的参考价值，並可作为一般电力系统工作人員的参考。

本記錄稿虽經审慎校对但未經专家审阅，內容如有錯誤由記錄者負責。

第一节 系統短路时，被保护綫路兩側 电流相位的关係

高週波保护裝置应裝設在綫路兩側。与綫路連接时，其极性如图 1 符号所示，如在被保护綫路外部短路时，其短路电流 I 方向及对应的向量图如图 1a 及 b, I_M 方向与 I 相同, I_N 方向則与 I_M 相反, 故两者差角为 $\varphi = 180^\circ$ 。

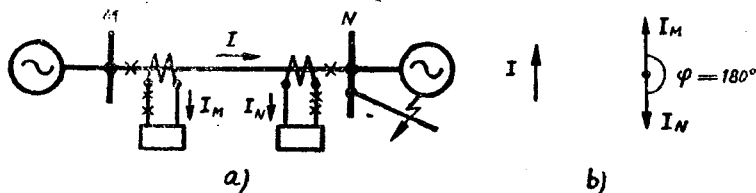


图 1

綫路通过負荷电流时，其兩側电流方向关系与外部短路时相同。如在被保护綫路內部短路时， I_M 与 I_N 同相，故其电流相差角 $\varphi = 0^\circ$ ，如图 2 所示。

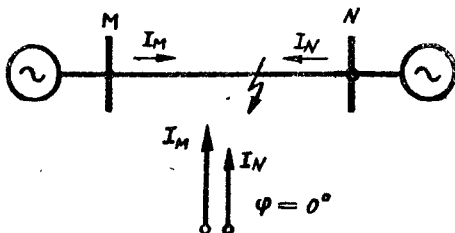


图 2

如短路前兩側电动势为 E_M, E_N ，其間

差角为 δ ，系統正常运行时， δ 角一般均小于 60° ，今設短路前 $\delta = 70^\circ$ ，且短路点靠近 N 側，如图 3 所示，則 I_M 迟后于 E_M 的角度由发电机，變压器，及綫路的总阻抗决定。但因綫路阻抗較大，故可只按綫路阻抗角計算。綫路阻抗角一般約为 60° ，故可設 $\varphi_k = 60^\circ$ 。

I_N 所通过的綫路极短，故 I_N 与 E_N 間的角度，主要乃由发电机及變压器的阻抗决定，故 $\varphi'_k = 90^\circ$

由图 3，可知 I_N 与 I_M 間的总角度 φ 为：

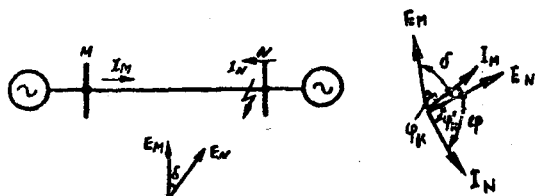


图 3

$$\varphi = 90^\circ + 70^\circ - 60^\circ = 100^\circ.$$

故可得表 1.

表 1

短路类别	外部短路	内部短路
φ	180°	$0^\circ \sim 100^\circ$

由表1可知线路内部短路和外部短路时, φ 角将不同, 故可利用此特性制成本保护方式。

第二节 高週波保护装置的动作原理

高週波保护装置必須利用耦合电容器与线路耦合, 耦合电容器並有将高压电源隔离的作用, 在线路两端有共振阻波器, 对所用的高週电流呈现之阻抗极大。

线路两侧收发机的工作週率相同, 故线路上仅有一发訊机发出訊号时, 两侧收訊机均收到該訊号, 如两侧的发訊机均发訊号时, 則收訊机将同时收到該两訊号。

发訊机由振盪、放大及操作三部份組成, 方向比較式高週波保护装置无操作部份。电流相位比較式高週波保护装置則借操作部份利用电流相位来控制发訊机。

电流(50 $\sim$)經過操作濾过器而到发訊机的操作部份。操作濾过器的作用是将三相电流变为单相电流, 故在各种不同短路故障种类下, 均可用单相电压正确操作发訊机, 否則須用三个发訊机各反应于每一相电流。操作互感器 T_M 的作用是升高操作濾过器的输出电压, 因操作濾过器输出的电压較小。

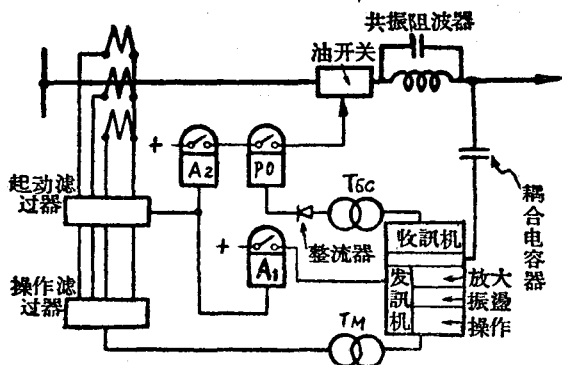


图 4

P.O. 为极性继电器，用以比较线路两侧电流间的角度。

起动部份使用两台电流继电器 A_1 , A_2 ，其一用以起动发讯机，另一则用以准备跳闸，此两继电器均接于起动滤过器出口。

第三节 电流相位比较回路的工作原理

电流相位比较回路原理图如图 5。

如被保护线路上无高週讯号，则输出管栅极与阴极上电位差接近零值，此时其屏极回路将有屏流通过，此屏流大小乃由互感器 T_{6c} 的阻抗， MA 表的内阻，及输出管的电阻决定，因其值恒定，故名恒流 $I_{\text{нок}}$ 。

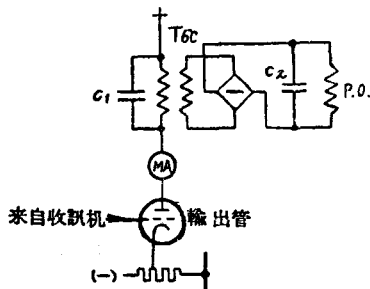


图 5

互感器一次侧虽有恒流，但因其值不变故不能使其二次侧产生电动势、故极性继电器

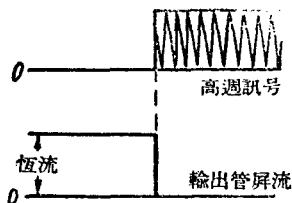


图 6

P.O. 中电流为零。

如綫路上有一发訊机发出連續（即未操作的）的高週訊号，則輸出管柵极上出現負电压，使屏流降为零值。如图 6 所示。此时极性繼电器 P.O. 中电流亦为零。

发訊机未受 $50 \sim$ 电流操作时，发出的是連續不断的高週訊号，受操作后，則发出非連續的高週訊号，当操作电流经过負半週时，发訊机停止輸出訊号。如图 7, 6 所示。

收訊机收到訊号时，輸出管的柵压为負，故屏流为零，无訊号时，柵压为零，屏流乃为恒流，如图 7, 6。

C_1 的作用是使屏流的变化較緩如图 7, r。

C_2 的作用是滤波，使原来的脈动电流变为較平滑的直流如图 7, e。

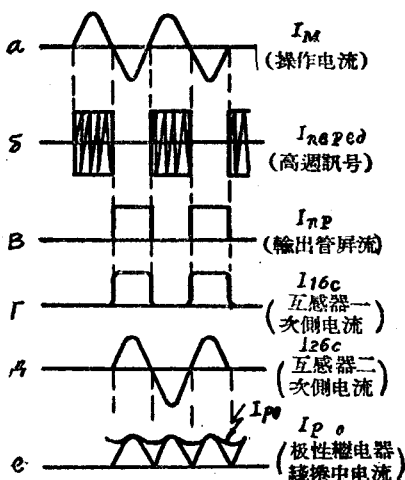


图 7

第四节 外部短路时保护装置的动作情况

根据外部短路时綫路两侧电流相位相差 180° 之关系，及上节所述的电流相位比較回路的工作原理，可得此时保护装置各部份电流值如图 9，故知极性繼电器 P.O. 綫卷中无电流，其接点开放，保护装置不动作。

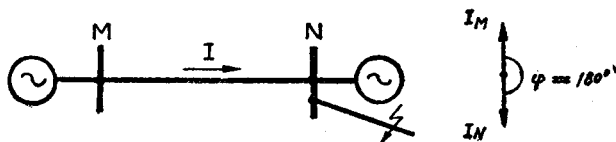


图 8

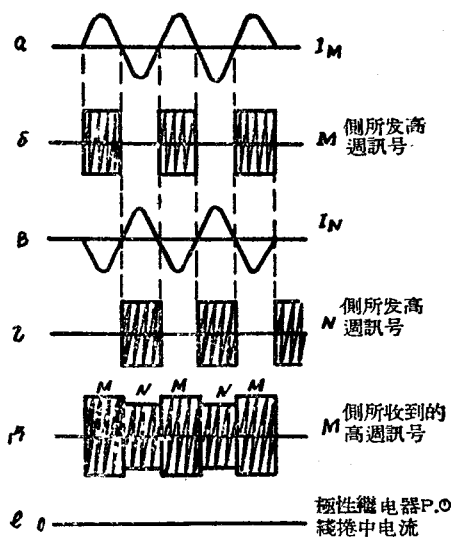


图 9

第五节 内部短路时保护装置的动作情况

被保护线路内部短路时，两侧电流相差角设为 0° ，则保护装置各部份电流值如图 10，故知极性继电器 $P.O.$ 中有电流，保护装置将动作。

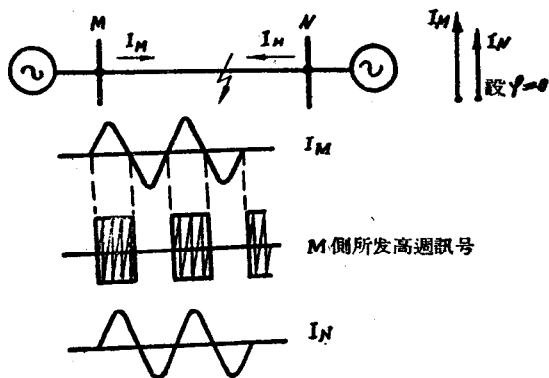
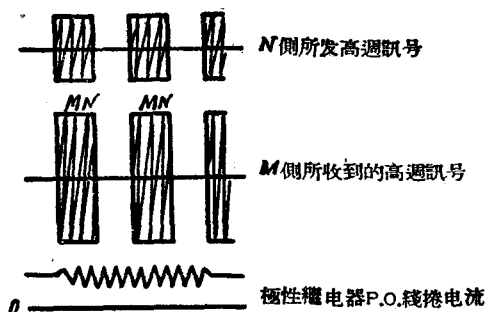


图 10



續圖 10

第六节 A_1, A_2 起動繼電器的作用

A_1, A_2 繼電器乍看時，似不必要，但如無此起動繼電器時，高週波發訊機必須長時間連續運行，其內部真空管等部件因而易於損壞，可能引致保護裝置之誤動作，故必須使用 A_1, A_2 兩繼電器作為起動元件。

不用 A_2 繼電器時，保護裝置動作將不可靠，原因如下：

(一) 發訊機長期運行，可能發生故障，此時如任一發訊機故障，則綫路兩側收訊機均僅收到一個被操作的高週訊號，保護裝置乃誤動作。

(二) 收發機內真空管的可靠性較低。

故圖 4 中極性繼電器 P.O. 接點必須與 A_2 繼電器接點串聯。

僅用 A_2 而不用 A_1 時，則可能發生下述缺點：

設圖 11 中綫路 M, N 兩側保護裝置僅有一起動繼電器，並設其整定值為 $I_{jcm} = 100$ 安。但因儀表誤差等種種關係，兩側起動繼電器整定後，其動作電流實際上不絕對相同，此誤差可能至 $\pm 5\%$ ，今設 M 側實際動作電流為 95 安， N 側實際動作電流為

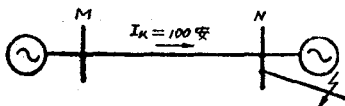


圖 11

105 安，則如此時發生外部短路，而短路電流又恰巧是 100 安，

M 侧保护装置起动, N 侧则不能起动, 故线路上仅有 M 侧发讯机发出讯号, 线路两侧收讯机所接收者乃断续的高週讯号, 按前述原理, 线路乃自 M 侧被断开。为了避免上述误动作, 必须采用两起动继电器, 其一起动高週波发讯机。另一则准备跳闸, 起动发讯机所用的继电器 A_1 应较准备跳闸用的继电器 A_2 为灵敏, 即:

$$I_{ycm \cdot A_2} = K_n I_{ycm \cdot A_1} \quad (1)$$

式中 K_n ——可靠系数, 其值规定为 $1.6 \sim 2$ 。

保护装置由三部份组成, 如下:

- (一) 起动部份——包括起动滤过器, 起动继电器 A_1, A_2 ;
- (二) 操作部份——包括操作滤过器, 操作互感器 T_M ;
- (三) 电流相位比较部份——包括互感器 T'_c 及极性继电器 P.O.

第七节 相位特性曲线

以 I_M 与 I_N 两电流向量相位相差 180° 开始, 然后使 I_N 按

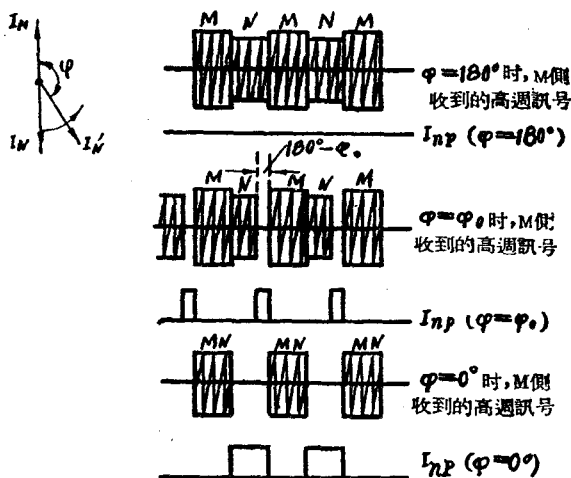


图 12

反时針方向旋轉 360° ，求极性繼电器 P.O. 中电流 $I_{p.o.}$ 与角度 φ 的关系，即 $I_{p.o.} = f(\varphi)$ 曲綫。

輸出管屏流 $I_{n.p.}$ 于 φ 角变化时，其幅度相同，但有效数值則变化如图 12。故极性繼电器 P.O. 中电流亦隨而变化，理論上可求得 $I_{p.o.} = f(\varphi)$ 曲綫如图 13。

图13中曲綫繪制时，是假定极性繼电器 P.O. 回路电流严格地正比于一次綜合高週訊号間隙寬度 $(180 - \varphi)$ 。实际上，由于不同的 φ 角使 $I_{n.p.}$ 中所包含的諸波数量也不同。这样在經互感器 $T_{o.c.}$ 及滤波电容 $2C_3$ 、 $2C_4$ （見76图）之后。电流 $I_{p.o.}$ 的平均值与 φ 就成为如图14的关系。

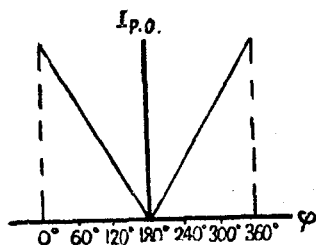


图 13

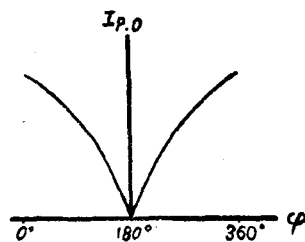


图 14

另外，图13中曲綫繪制时，假定高週訊号的寬度为 180° ，但实际上操作电压为零时，发訊机仍发訊号，必須加入一負电压，发訊机始能停止如图15，故高週訊号的寬度將較 180° 为大，而中空部份則不足 180° 。

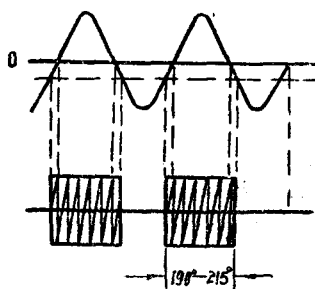


图 15

如高週訊号的寬度大于 180° ，則当 $\varphi = 180^\circ$ 时，M 侧所收到的高週訊号如图16所示，图中 α 角称为重叠角。一般約为 $10 \sim 35^\circ$ 。

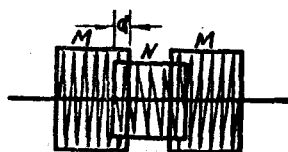


图 16

故 I_N 必須轉動 α 后，始在極性繼電器 P.O. 繞捲回路中出現電流，由此可見實際的相位特性曲線將如圖 17，曲線應相對垂直軸對稱，

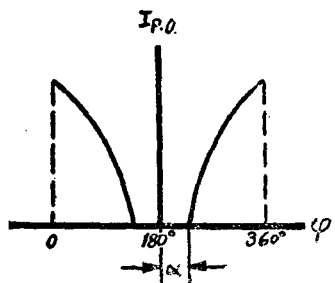


圖 17

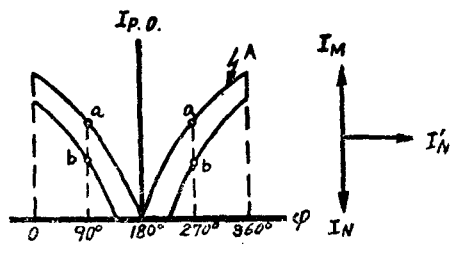


圖 18

如高週訊號的寬度為 180° ，相位特性曲線將如圖 18 中之 A 曲線則當 $\varphi = \pm 90^\circ$ 時， I_{po} 值將為曲線上 a 点对应的數值，如訊號寬度非 180° ，而有一重疊角 α 時，則當 $\varphi = 90^\circ$ 時，其實際差角為 $90^\circ - \alpha$ 如圖 19，故 I_{po} 值較小如圖 18 中 b 点，同理，可求出當 $\varphi = 0^\circ$ ，或 $\varphi = 360^\circ$ 時的實際 I_{po} 值，此 I_{po} 值較訊號寬度為 180° 時為小，原因是兩訊號重疊後其中空部份較小，如圖 20：

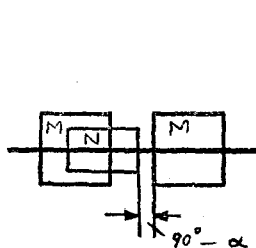


圖 19

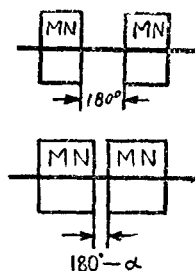


圖 20

$\varphi = 0^\circ$ 時，收訊機
收到的訊號（訊號
寬度為 180° ）

$\varphi = 0^\circ$ 時，收訊機
收到的訊號（訊號
寬度大於 180° ）

故極性繼電器中電流與恒流幅度及訊號的寬度有關，如下：

- （一）恒流幅度愈大，則繼電器中電流 I_{po} 愈大。
- （二）高週訊號的寬度愈大，則重疊角 α 愈大，繼電器中電流 I_{to} 愈小。

但訊号的寬度和恒流幅度的大小，是在收发机調整时決定，故相位特性主要是由高週波設備特性決定。

第八节 极性繼电器的整定及閉鎖角

$\angle I_M I_N = 180^\circ$ 时，即外部短路时，极性繼电器綫捲中电流为零，繼电器不动作，实际上 $\varphi \leq \angle I_M I_N \leq \varphi_{0A}$ 时，繼电器也不动作，因此时繼电器綫捲中电流 I_{po} 較繼电器动作电流 I_{cpo} 小。

φ_{0A} 称为閉鎖角， φ_{cp} 称为动作角如图22所示。

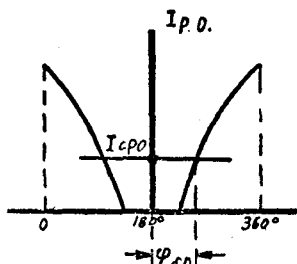


图 21

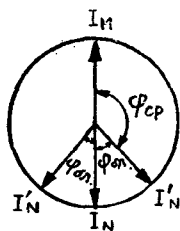


图 22

決定閉鎖角及動作角之方法如下：

A. 短 綫 路

被保護綫路外部短路时，(如图23)， $I_M I_N$ 实际上由于各种原因並非 180° 。

一般电流互感器有角度誤差，故 $\angle I_M I_N$ 在电流互感器一次側虽相差 180° ，而二次側則非 180° ，如电流互感器按10%比值誤差曲綫选取时，其最大角度誤差将不超过 7° 。

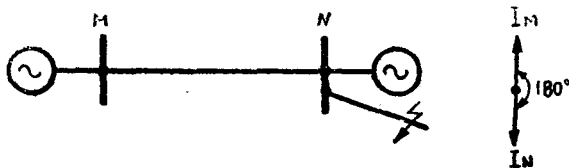


图 23

电流互感器的向量图如图 24.a, 其对应的一二次侧电流之正方向如图 24.б, 但一般繼电保护用的电流互感器的极性乃按图 25.б 标示, 故須将图 24.a 中 I_2 向量旋轉 180° 如图 25 a, 图中 δ 即为誤差角。凡 I_1 迟后于 I_2 的角度誤差均为正, 一般电感負荷的 δ 角均为正。

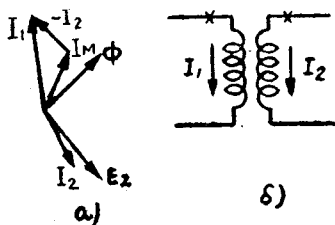


图 24

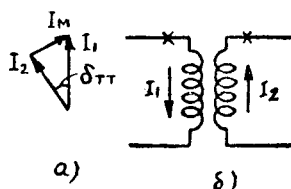


图 25

最大的 10% 誤差曲綫乃产生于 I_1 、 I_2 , 及 I_M 皆同相时, 如图 26。按 10% 誤差計算最大角度誤差不会超过 7° 如图 27。

另外, 根据試驗結果, 保护裝置本身的誤差为 15° 。

故考虑电流互感器及保护裝置本身誤差后, 最大的角度誤差为 δ

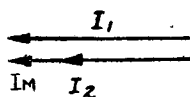


图 26

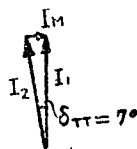


图 27

$$\delta = \delta_{TT} + \delta_{\text{装置}} = 7^\circ + 15^\circ = 22^\circ.$$

由前述, 知重叠角 $\alpha = 10^\circ \sim 35^\circ$, 故 α 值可能大于 δ 值, 此时如 $\delta < \alpha$ 时, 极性繼电器中将无电流即 $I_{po} = 0$, 如 $\delta > \alpha$ 时, 則繼电器中将有电流, 故可使最小閉鎖角 $\varphi_{\delta \cdot \text{最小}} = 45^\circ$, 此可获得較大的可靠性, 閉鎖角的数值可利用改变极性繼电器的动作电流的方法来調整。如 $\varphi_{\delta} = 45^\circ$ 时, 則动作角 $\varphi_{\text{сб}} = 180^\circ - 45^\circ = 135^\circ$ 。

内部短路时, 最不良情况下 $\varphi = I_M I_N$ 可能达 100° , 此时如 $\varphi_{\delta} = 45^\circ$ 时, 动作角为 135° , 故尚有 35° 的裕度。

以上仅考虑短綫路的情况, 在长綫路上尚須考虑电磁波传送速度。

B. 長 綫 路

光的速度 = 300 000 公里/秒。

故可求得 50 週波电流之波长为 6000 公里。

若綫路的长度为 100 公里，則传送 50 週波电流时将产生 6° 的迟滯。

如图 28 外部短路情况，設操作电流 I_N 自 N 側传送到 M 側后所迟滯的角度为 α_L ：

$$\alpha_L = \frac{L}{100} \cdot 6. \quad (2)$$

式中 L 为綫路长度。故 φ'

$= I_M' I_N = 180 + \alpha_L$ 另加上保护装置本身及电流互感器造成的誤差，

$$\varphi' = 180^\circ$$

$$+ (\alpha_L + \delta_{sam} + \delta_{TT}) = 180^\circ$$

$$+ (\alpha_L + 22^\circ)。$$

故为了防止保护装置誤动作，閉鎖角 φ_{6A} 值应满足下式，即：

$$\varphi_{6A} > (\alpha_L + 22^\circ)，$$

$$\text{亦即 } \varphi_{6A} = (\alpha_L + 22^\circ) + \varphi_{san}。 \quad (3)$$

苏联高週波保护装置相位特性曲线中 a, b 綫段附近几为直綫，如图 29 所示，故可按下式整定极性继电器动作电流 $I_{cp.p0}$ 值：

$$I_{cp.p0} = K_n I_{p.o.} \quad (4)$$

式中 $K_n = 1.3$

$I_{p.o.}$ ——对应于图 29 中 b 点的继电器中电流值。

按 (4) 式整定，即可保证 $\varphi_{san} \cong 15^\circ$

$$\text{故：} \quad \varphi_{6A} = (\alpha_L + 22^\circ) + 15^\circ = \alpha_L + 37^\circ。 \quad (5)$$

将 (2) 式中 α 值代入，可得：

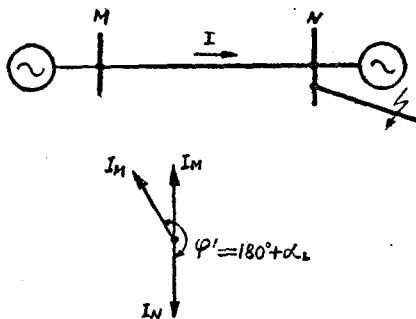


图 28

$$\varphi_{\delta A} = 37^\circ + 0.06L. \quad (6)$$

故动作角 φ_{cp} 为:

$$\varphi_{cp} = 180^\circ - \varphi_{\delta A} = 143^\circ - \alpha_L. \quad (7)$$

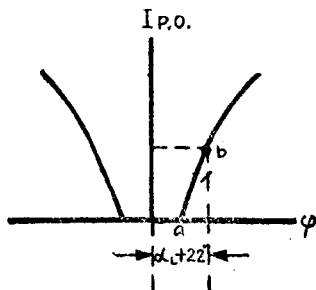


图 29

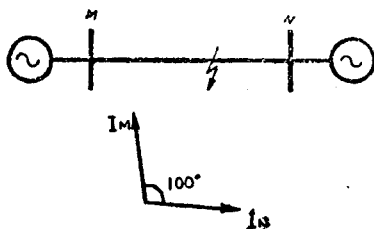


图 30

内部短路时。設短路点靠近 N 侧, 如图 29, 則 $\angle I_M I_N = 100^\circ$, 今在 M 侧比較两侧电流的相位, 則 $\varphi = 100^\circ + \alpha_L$ 如图 31, 另由于保护装置本身及电流互感器的誤差,

$$\varphi = 100^\circ + \alpha_L + 22^\circ = 122^\circ + \alpha_L.$$

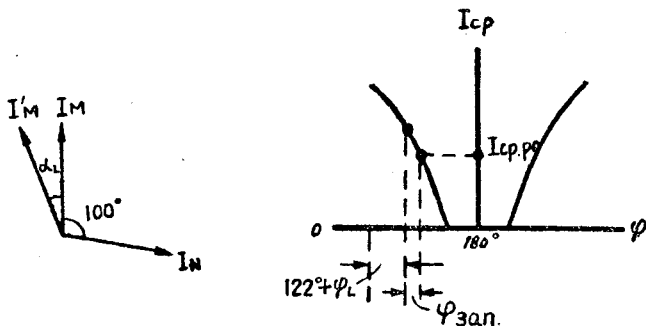


图 31

图 32

考虑裕度, 故:

$$\varphi_{cp} = 122^\circ + \alpha_L + \varphi_{3an},$$

$$\varphi_{cp} = 137^\circ + \alpha_L. \quad (8)$$

令(7)与(8)式相等, 以求最大的迟滞角 $\alpha_{L \cdot max}$ 值。