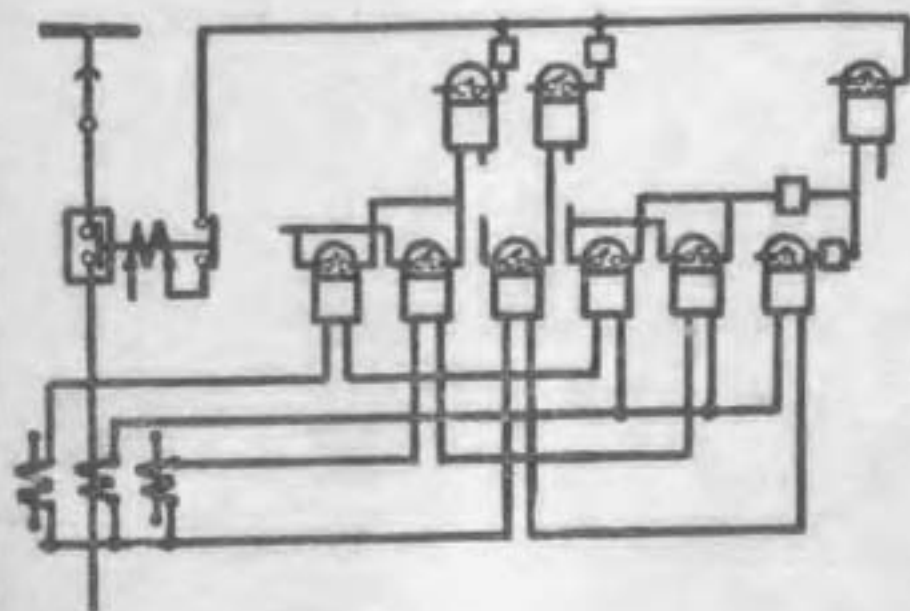


電力系統繼電保護 常用公式及參數彙編

上海電力設計院編



水利電力出版社

電力系統繼電保護 常用公式及參數匯編

上海電力設計院編

水利電力出版社

內 容 提 要

本手册介绍电力系统继电保护方面所常用的各种計算和整定公式。并列出各种架空綫、变压器、发电机的有关参数。

本手册可作为电力系统各設計单位和从事继电保护工作的工程技术人员的工作书。

电力系统继电保护常用公式及参数汇编

上海电力設計院

*

2785 D670

水利电力出版社出版 (北京西郊紫竹院路二里内)

北京市书利出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168 $\frac{1}{4}$ 开本 * 1 $\frac{5}{8}$ 印張 * 38千字 * 定价(第10类)0.34元

1960年5月北京第1版

1960年5月北京第1次印刷(0001—20,400册)

目 录

第一章 公式汇編	3
一、短路計算	3
二、Y- Δ 变换	9
三、架空綫路电抗及电納的計算(不适用 于鋼綫)	11
四、电流、电压的相間保护装置 整定公式	20
五、距离保护装置整定公式	37
六、高頻保护装置整定公式(按GCH-1型 高頻保护考虑)	41
七、平行綫路橫連差动保护装置的計算	46
八、綫路纵連差动保护装置的計算	50
九、大电流接地系統零序保护装置整定 公式	52
十、小电流接地系統零序保护装置計算	54
十一、負序电压計算	60

十二、大电流接地系統零序功率計算.....	61
十三、振蕩計算.....	61
十四、遮斷器三相触点非同期合閘的零序 电流計算.....	62
十五、由三个电流互感器組成的零序电流 濾过器不平衡电流計算.....	64
十六、非全相运行方式时，零序及負序 分量.....	65
十七、双側电源自动重合閘的計算方法.....	66
十八、110千伏及以上的母綫全差动保护的 整定計算.....	74
第二章 参数汇編.....	75
一、架空綫路的感抗及阻抗.....	75
二、架空綫路的电納(不計地綫之影响).....	76
三、变压器的阻抗.....	80
四、发电机的阻抗.....	99
附 录.....	102

第一章 公式汇编

一、短路计算

1. 三相短路

$$I_{k3} = \frac{E}{X_{1\Sigma}}$$

式中 E ——相电势;

$X_{1\Sigma}$ ——正序综合阻抗。

2. 二相短路

(1) 正序分量

$$I_{k\Sigma 1} = \frac{E}{X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma}}$$

式中 $X_{2\Sigma}$ ——负序综合阻抗。

(2) 负序分量

$$I_{k\Sigma 2} = I_{k\Sigma 1}$$

(3) 总短路电流

$$I_{k2} = I_{k\Sigma 1} + I_{k\Sigma 2} = \sqrt{3} I_{k\Sigma 1}$$

3. 二相接地短路

(1) 正序分量

$$I_{\kappa\Sigma 1} = \frac{E}{X_{\Sigma 1} + X_d};$$

式中 $X_d = \frac{X_{\Sigma 2} X_{\Sigma 0}}{X_{\Sigma 2} + X_{\Sigma 0}};$

$X_{\Sigma 0}$ ——零序綜合阻抗。

(2) 負序分量

$$I_{\kappa\Sigma 2} = I_{\kappa\Sigma 1} \cdot \frac{X_{\Sigma 0}}{X_{\Sigma 2} + X_{\Sigma 0}}.$$

(3) 零序分量

$$I_{\kappa\Sigma 0} = I_{\kappa\Sigma 1} \cdot \frac{X_{\Sigma 2}}{X_{\Sigma 2} + X_{\Sigma 0}}.$$

4. 单相接地短路

(1) 正序分量

$$I_{\kappa\Sigma 1} = \frac{E}{x_{\Sigma 1} + x_d},$$

式中 $x_d = x_{\Sigma 2} + x_{\Sigma 0}.$

(2) 負序及零序分量

$$I_{\kappa\Sigma 2} = I_{\kappa\Sigma 1} = I_{\kappa\Sigma 0}.$$

5. 基本单位关系换算

(1) 基准值

$$x_0 = \frac{U_0}{\sqrt{3} I_0}, \quad S_0 = \sqrt{3} I_0 U_0;$$

式中 x_0 ——基准电抗;

U_0 ——基准电压;

I_0 ——基准电流;

S_0 ——基准容量。

(2) 标么值

$$1) \quad I_{*0} = \frac{I}{I_0}$$

以基准值表示的电压、容量、电抗、标么值之通式为:

$$(\quad)_{*0} = \left(\frac{\quad}{\quad} \right)_0.$$

阻抗百分值 $x\%$ 和阻抗标么值的关系为:

$$x\% = 100x_*.$$

2) 输电线

$$x_{*0} = x \frac{\sqrt{3} I_0}{U_{cp}} = x \frac{S_0}{U_{cp}^2},$$

式中 U_{cp} ——計算用的平均綫电压，以千伏表示，一般取用下列級別：
 0.23; 0.4; 0.525;
 3.15; 6.3; 10.5; 15.75;
 37; 115; 162; 230.

I_0 ——基准电流 千安;

S_0 ——基准容量 兆伏安;

x ——輸电綫阻抗 欧姆。

3) 发电机或变压器

$$x_{*0} = x_{*H} \frac{S_0}{S_H},$$

式中 S_0 ——基准容量 兆伏安;

S_H ——发电机或变压器的額定容量 兆伏安;

(三卷变压器 S_H 应取最大綫卷的額定容量)

x_{*H} ——发电机額定容量下的阻抗标么值。

如計算变压器漏抗时，可以认为漏抗与綫圈匝数平方成正比

比; 則, 變壓器之 $x_{*H} \approx \frac{U_k\%}{100}$,
 $U_k\%$ 為變壓器短路電壓。

4) 電抗器

$$x_{*o} = \frac{x_{*H}\%}{100} \cdot \frac{I_o}{I_{HP}} \cdot \frac{U_{HP}}{U_{cp}},$$

式中 $x_{*H}\%$ —— 電抗器額定電流下的阻抗
 標么值百分數;

I_{HP} —— 電抗器額定電流 千安;

U_{HP} —— 電抗器額定電壓 千伏;

U_{cp} —— 同上式 千伏;

I_o —— 同上式 千安。

(3) 阻抗歐姆值

1) 一般形式

$$x = x_{*o} \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} I_o} \text{ 歐姆} = x_{*o} \frac{U_{cp}^2}{S_o} \text{ 歐姆},$$

式中 U_{cp} —— 計算短路電流那一級的計算
 用平均綫電壓 千伏;

x_{*o}, I_o, S_o —— 同一, 5. (2) ②。

不同電壓級下阻抗的換算關係

$$x_1 = x_2 \frac{U_1^2}{U_2^2},$$

式中 x_1 ——换算至 U_1 的阻抗欧姆数;

x_2 ——换算至 U_2 的阻抗欧姆数。

2) 发电机或变压器

$$x = x_{*H} \frac{U_{cp}^2}{S_H} \text{ 欧姆,}$$

式中 U_{cp} ——同上式 千伏;

S_H ——同一、5.(2) ③兆伏安;

x_{*H} ——同一、5.(2) ③。

3) 电抗器

$$x = \frac{x_{*H} \%}{100} \frac{U_{np}}{\sqrt{3} I_{np}} \text{ 欧姆,}$$

式中 $x_{*H} \%$ 、 U_{np} (千伏)、 I_{np} (千安)均同一、5.(2) ④。

或 $X = \omega L_H \times 10^{-3}$ 欧姆,

式中 ω —— $2\pi f = 314.2$ ($f = 50$ 赫芝时);

L_H ——电抗器额定电感 毫亨。

二、Y- Δ 变换

1. Y形及 Δ 形结线的原理图

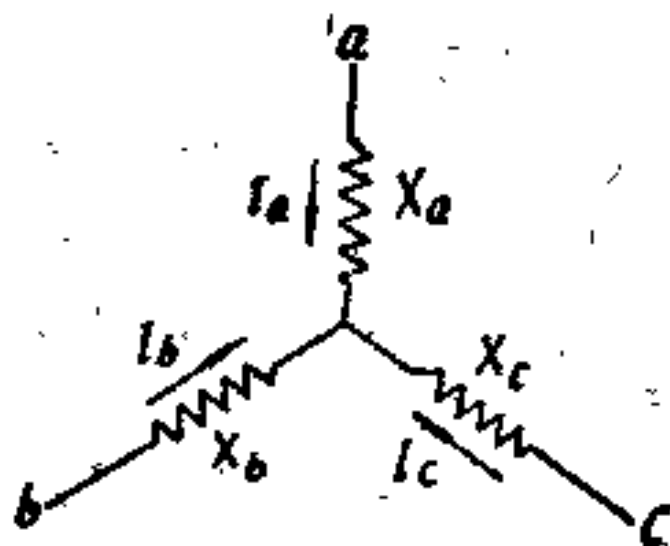


图 1

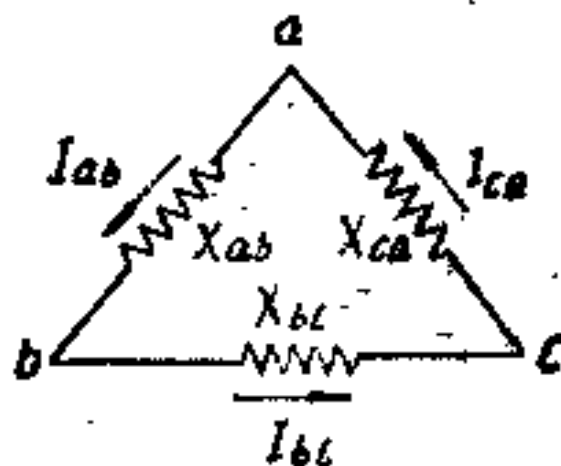


图 2

2. Y- Δ 的阻抗及电流变换

(1) 阻抗变换

$$x_{ab} = x_a + x_b + \frac{x_a x_b}{x_c};$$

$$x_{bc} = x_b + x_c + \frac{x_b x_c}{x_a};$$

$$x_{ca} = x_c + x_a + \frac{x_c x_a}{x_b}.$$

(2) 电流变换

$$I_a = I_{ab} - I_{ca};$$

$$I_b = I_{bc} - I_{ab};$$

$$I_c = I_{ca} - I_{bc}.$$

3. Δ -Y 的阻抗及电流变换

(1) 阻抗变换

$$x_a = \frac{x_{ab} x_{ca}}{x_{ab} + x_{bc} + x_{ca}};$$

$$x_b = \frac{x_{bc} x_{ab}}{x_{ab} + x_{bc} + x_{ca}};$$

$$x_c = \frac{x_{ca} x_{bc}}{x_{ab} + x_{bc} + x_{ca}}.$$

(2) 电流变换

$$I_{ab} = \frac{I_c x_c - I_b x_b}{x_{ab}};$$

$$I_{bc} = \frac{I_b x_b - I_c x_c}{x_{bc}};$$

$$I_{ca} = \frac{I_c x_c - I_a x_a}{x_{ca}}.$$

三、架空线路电抗及电纳的计算 (不适用于钢绞)

1. 正序电抗计算

$$x = 0.1445 \lg \frac{D_{cp}}{r_s} + 0.0157 \text{ 欧/公里},$$

$$\text{或 } x = 0.1445 \lg \frac{D_{cp}}{r_s} \text{ 欧/公里},$$

$$\text{式中 } D_{cp} = \sqrt[3]{D_{AB} \cdot D_{BC} \cdot D_{CA}}$$

——线路的几何均距;

D_{AB}, D_{BC}, D_{CA} ——线间距离 毫米;

r_s ——导线的计算半径 毫米;

r_s ——导线的等值半径(毫米);

非磁性材料的实心导线

$$r_s = 0.779r, \text{ 铜绞线 } r_s =$$

$$(0.724 \sim 0.771)r, \text{ 钢心}$$

$$\text{铝线 } r_s = 0.95r.$$

如具有分裂导线的线路仍可用上面之公式计算，但导线半径 r 用分裂导线束等值半径 r' 来代替，且式中之常数项 0.0157 应被 n 来除。

$$r' = \sqrt[n]{r \times a_{cp}^{n-1}}$$

式中 r ——导线的实际半径 毫米；

a_{cp} ——线路一相中导线的几何均距毫米；

n ——每相中导线的根数。

2. 电纳(架空地线的影响略去不计)

$$b = \frac{7.58}{\lg \frac{D_{cp}}{r}} 10^{-6} / \text{欧} \cdot \text{公里}.$$

对于分裂导线 r 用 r' 代之即可。

式中符号与三、1. 同。

3. 零序电抗

(1) 无架空地线的单回路

$$x_0 = 0.435 \lg \frac{D_s}{\sqrt[3]{r_s D_{cp}^2}} \text{欧/公里}.$$

式中 $\sqrt[3]{r_s D_{cp}^2}$ ——三相导线的几何平均半

徑 毫米;

r_s ——与三、1.同;

D_s ——通地电流的等值深度,
通常取1,000米。

(2) 无架空地线的双回线路

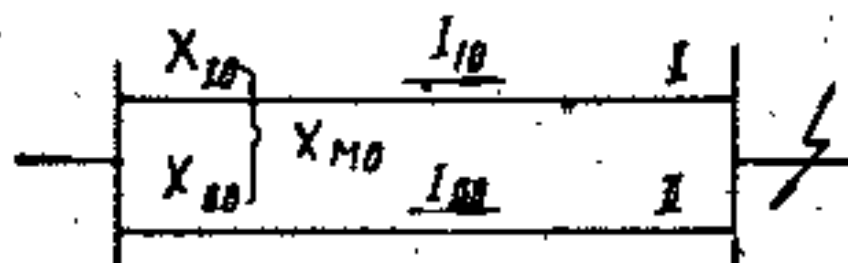


图 3

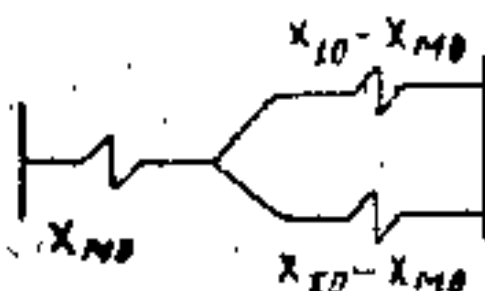


图 4

$$x_{M0} = 0.435 \lg \frac{D_s}{D_{I-II}} \text{ 欧/公里,}$$

式中 D_{I-II} ——回路 I 和回路 II 间的几何
均距 毫米。

$$D_{i-I} = \sqrt[3]{D_{AA'} \cdot D_{AB'} \cdot D_{AC'} \cdot D_{BA'} \cdot D_{BB'} \cdot D_{BC'} \cdot D_{CA'} \cdot D_{CB'} \cdot D_{CC'}};$$

$D_{AA'}, D_{BB'}, D_{CC'}$ ——两回路同名相间距离 毫米;

$$D_{AB'}, D_{AB'}, D_{BA'}, D_{BC'}, D_{CA'},$$

$D_{CB'}$ ——两回路异名相间距离 毫米。

(3) 有架空地线的单回线

1) 当架空地线只有一根时, 架空地线的零序电抗

$$x_{\tau 0} = 0.435 \lg \frac{D}{r_{\tau}} \text{ 欧/公里,}$$

式中 r_{τ} ——架空地线的等值半径 毫米

2) 如架空地线装设了 P 根, 则以 r_{cpr} 来代替 r_{τ}

$$r_{cpr} = \sqrt[3]{r_{\tau} D_{cpr}^{P-1}},$$

式中 P ——地线的根数;

D_{cpr} ——架空地线间的几何均距 毫米,
其数值由下式求得

$$D_{cpr} = \frac{P(P-1)}{2} \sqrt{\text{所有可能的架空地线轴间距离的乘积。}}$$

3) 导綫和架空地綫間的零序互感抗

$$x_{n\tau 0} = 0.435 \lg \frac{D_p}{D_{n\tau}} \text{ 欧/公里,}$$

式中 $D_{n\tau}$ ——导綫和架空地綫間的几何均距 厘米;

如有 P 根架空地綫

$$D_{n\tau} = \sqrt[3P]{\text{所有可能的架空地綫和导綫軸間距离的乘积。}}$$

故, 綫路的零序电抗为

$$x_0^{(T)} = x_0 - \frac{x_{n\tau 0}^2}{x_{\tau 0}}.$$

(4) 有架空地綫的双回綫

計及架空地綫的影响后, 双回綫間的零序互感抗

$$x_{m0}^{(T)} = x_{m0} - \frac{x_{1\tau 0} x_{2\tau 0}}{x_{\tau 0}},$$

式中 x_{m0} 由三、3.(2)的公式求得;

$x_{\tau 0}$ 由三、3.(3)的公式求得;

$x_{1\tau 0}$ 、 $x_{2\tau 0}$ 由三、3.(3)的計算 $x_{n\tau 0}$ 公式求得。

4. 架空輸電綫对地电容

(1) 无架空地綫的单回綫

$$C_{11} = \frac{1}{a_{11} + 2a_{12}} \times \frac{1}{9 \times 10^9} \text{法/公里},$$

式中 $a_{11} = 2 \ln \frac{2h_{cp}}{r}$; $a_{12} = 2 \ln \sqrt{\frac{4h_{cp}^2}{D_{cp}^2} + 1}$;

h_{cp} ——导綫对地的几何平均高度 米;

$$h_{cp} = \sqrt[3]{h_A \cdot h_B \cdot h_C};$$

D_{cp} ——导綫間的几何平均距离 米;

$$D_{cp} = \sqrt[3]{D_{AB} \cdot D_{BC} \cdot D_{CA}};$$

h_A, h_B, h_C ——各相导綫对地高度 米;

D_{AB}, D_{BC}, D_{CA} ——导綫間距离 米。

(2) 有一根架空地綫的单回綫

$$C_{11} = \frac{1}{a_{11} + 2a_{12} - 3a_3} \times \frac{1}{9 \times 10^9} \text{法/公里}.$$

式中 $a_3 = \frac{a_{11}^2}{a_{12}}$; $a_{12} = \ln \left(\frac{4h_{cp}h_3}{D_{cp}^2} + 1 \right)$;

$$a_{11} = 2 \ln \frac{2h_3}{r_3};$$

$D_{cp} = \sqrt[3]{D_{AS} \cdot D_{BS} \cdot D_{CS}}$ ——导线和架空地线间的几何平均距离 米;

h_s ——架空地线的高度 米;

r_s ——架空地线的半径 米;

a_{11} 、 a_{12} 与三、4.(1)同。

(3) 无架空地线的双回路 (两回路对称排列)。

$$C_{11} = \frac{1}{a_{11} + a'_{11} + 2(a_{12} + a'_{12})} \\ \times \frac{1}{9 \times 10^6} \text{ 法/公里.}$$

式中 $a'_{11} = 2 \ln \sqrt{\frac{4h_{cn}^2}{D_{nn}^2} + 1};$

$$a'_{12} = 2 \ln \sqrt{\frac{4h_{cp}^2}{D_{cp}^2} + 1};$$

$D_{nn} = \sqrt[3]{D_{AA'} \cdot D_{BB'} \cdot D_{CC'}}$ ——两回路同名相间的几何平均距离 米;

$D'_{cp} = \sqrt[3]{D_{AB'} \cdot D_{BC'} \cdot D_{CA'}}$ ——两回路异名相间的几何平均距离 米;

a_{11} 、 a_{12} 与三、4.(1)同。

(4) 具有同一架空地綫的双回綫

$$C_{11} = \frac{1}{a_{11} + a'_{11} + 2(a_{12} + a'_{12}) - 3a_s} \times \frac{1}{9 \times 10^9} \text{法/公里.}$$

式中 a_{11} 、 a_{12} 与三、4.(1)同;

a'_{11} 、 a'_{12} 与三、4.(3)同;

a_s 与三、4.(2)同。

(5) 带有两根架空地綫的单回綫

$$C_{11} = \frac{1}{a_{11} + 2a_{12} - 6a'_s} \times \frac{1}{9 \times 10^9} \text{法/公里.}$$

式中 a_{11} 、 a_{12} 与三、4.(1)同;

$$a'_s = \frac{a_{11}^2}{a_{s1} + a_{s2}};$$

$$a_{12} = 2 \ln \sqrt{\frac{4h_{cp} \cdot h_{scp}}{D_{s1}^2} + 1};$$

$$a_{ss} = 2 \ln \frac{2h_{scp}}{r_s};$$

$$a_{s1} = 2 \ln \sqrt{\frac{4h_{scp}}{D_{11}^2} + 1};$$

$h_{cp} = \sqrt[2]{h_s \cdot h_T}$ —— 架空地綫对地几何
平均高度 米；

$$D_{cp} = \sqrt[2]{\bar{D}_{AS} \cdot \bar{D}_{BS} \cdot \bar{D}_{CS} \cdot \bar{D}_{AT} \cdot \bar{D}_{BT} \cdot \bar{D}_{CT}}$$

—— 架空地綫对各相导綫的几何平
均距离 米；

D_{ST} —— 两架空地綫間的距离 米；

h_s 、 h_T —— 分别为两架空地綫的对地距离
米；

D_{AS} 、 D_{BS} 、 D_{CS} —— 分别为各相导綫对架空
地綫 S 的距离 米；

D_{AT} 、 D_{BT} 、 D_{CT} —— 分别为各相导綫对架空
地綫 T 的距离 米。

(6) 帶两根架空地綫的双回綫 (两回綫
对称排列)

$$C_{11} = \frac{1}{a_{11} + a'_{11} + 2(a_{12} + a'_{12}) - 12a'_{12}}$$

法/公里

式中 a_{11} 、 a_{12} 与三、4.(1)同；

a'_{11} 、 a'_{12} 与三、4.(3)同;

a'_8 与三、4.(5)同。

四、电流、电压的相间保护装置整定公式

1. 无时限电流速断

(1) 用作线路主保护第一段时

$$1) I_{c.s} = K_K I_{K3. макс}$$

$$2) I_{c.s} = K_K I_{KЧ. макс}$$

保护装置整定值取①②中较大者;

式中 $I_{c.s}$ ——保护装置动作电流 安;

$I_{K3. макс}$ ——保护装置应避开的故障段，
发生故障时，流过保护装置的
最大短路电流 安;

$I_{KЧ. макс}$ ——系统振荡时流过保护装置的
最大振荡电流 安;

K_K ——可靠系数。

$I_{K3. макс}$ 应根据以下条件选择:

a. 对平行线路，不论电流速断装置接于
两回线电流和上或分别接于每回线的电流
上，都应取当平行线单回线运行时为计算条

件。

b. 对环形网络，应取相继断开故障时为计算条件，对环形网络中的平行线路，应取当单回路运行而相继断开故障时为计算条件。

(2) 与自动重合闸装置相配合作为供给一台或二台受电变压器的单侧电源终端单回路主保护时

1) 当变压器上有差动保护时

$$I_{c.s} = K_n I_{k3.maxc.r},$$

式中 $I_{k3.maxc.r}$ —— 受电变压器（一台或二台并列运行）低压侧故障时最大短路电流 安。

2) 当变压器上装电流速断保护时

a. 只有一台变压器时

$$I_{c.s} = K_n I_{cs.r},$$

式中 $I_{cs.r}$ —— 变压器电流速断装置的动作电流 安。

b. 两台变压器并列运行时

保护装置动作电流应躲开当两受电变压

器并联运行时，受电变压器上电流速断装置保护范围末端故障。

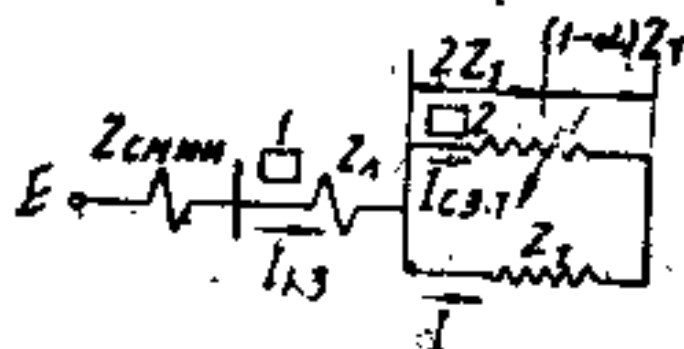


图 5

$$I_{c.s.} = K_n I_{c.s.r.} \frac{2}{2-\alpha}$$

α 数值由下式求得，取正数，

$$I_{c.s.r.} Z_2 \alpha^2 - (E + 2I_{c.s.r.} Z_2) \alpha + 2[E - I_{c.s.r.} (Z_{c.m.u.n.} + Z_A)] = 0,$$

式中 $I_{c.s.r.}$ ——变压器电流速断装置的动作电流 安；

α ——变压器电流速断装置的保护范围小于 1；

Z_2 ——变压器阻抗 欧姆；

Z_A ——线路阻抗 欧姆；

$Z_{c.m.u.n.}$ ——系统最大运行方式下的电

源側阻抗 欧姆；

E ——电源电势 伏。

(3) 用作保証主要发电厂发电机电压母綫殘压时，除分別按四、1.(1)和四、1.(2)中的公式整定外，还应根据以下公式驗算

1) III_1 与 III_2 間无助增及汲出电流时

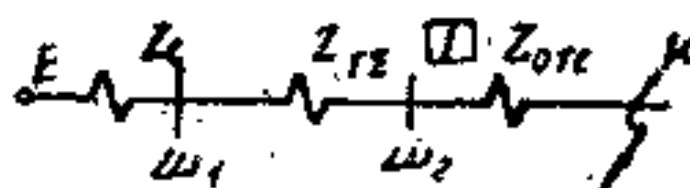


图 6

III_1 ——計算殘压的母綫；

III_2 ——保护装置安装处的母綫。

$$I_{c.s} \leq \frac{E}{Z_c + Z_{r\pi} + Z_{orc}}$$

Z_{orc} 数值由下式求得

$$Z_{orc} \geq (1.0 \sim 1.5) Z_c - Z'_{r\pi},$$

式中 Z_c ——作为校驗殘压而选择的运行方式下 III_1 母綫电源側之綜合阻抗 欧姆；

$z_{\Gamma \Sigma}$ —— III_1 与 III_2 間联系阻抗 (計算时应取可能的最小数值) 欧姆;

$z_{отс}$ ——电流速断装置的保护范围 欧姆。

2) III_1 与 III_2 間有助增或汲出电流时

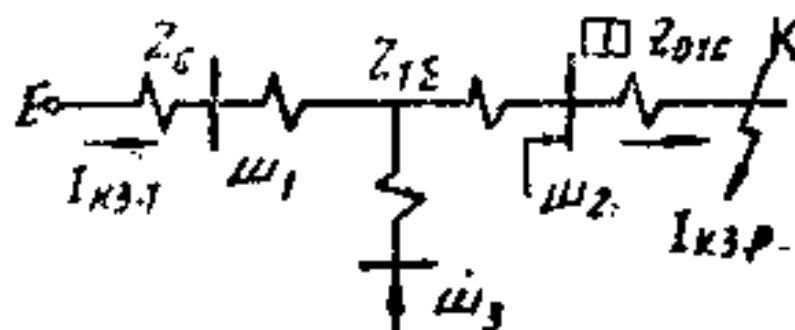


图 7

$$I_{c.2} \leq \frac{(0.5 \sim 0.4) U_{ном} \cdot K_{p.мцн}}{\sqrt{3} Z_c},$$

式中 z_c ——与四、3.(1)同;

$U_{ном}$ ——母綫上額定电压 伏;

$K_{p.мцн}$ ——最小分支系数;

$$K_p = \frac{I_{K3.p}}{I_{K3.2}}.$$

2. 无时限电流閉鎖电压速断

(1) 用作綫路主保护第一段时

按在主运行方式下电流元件与电压元件

保护范围相等的条件整定

$$I_{c.s.} = \frac{E}{Z_c + \frac{Z_A}{K_{nu}}}; \quad U_{c.s.} = \frac{\sqrt{3} I_{c.s.} z_A}{K_{nu}},$$

式中: z_c ——作为整定计算的运行方式时,
保护装置电源侧的系统综合阻
抗 欧姆;

z_A ——线路阻抗 欧姆;

K_{nu} ——电压元件可靠系数。

(2) 与自动重合闸装置相配合作为供电
给一台或两台受电变压器的单侧电源终端单
回路主保护时

有以下两种整定方法:

1) 按保证电流元件具有足够灵敏度的条
件整定

$$I_{c.s.} = \frac{I_{K 9.MH.}^{(2)}}{K_{rel}};$$

$$U_{c.s.} = \frac{\sqrt{3} I_{c.s.} (z_l + z_T)}{K_{nu}},$$

式中 $I_{K 9.MH.}^{(2)}$ ——被保护线路末端发生两相
短路时, 流经保护装置的

最小短路电流 安;

$K_{\text{чл}}$ ——电流元件灵敏系数, 取
1.25~1.5。

电压元件灵敏度按下式校验

$$K_{\text{чу}} = \frac{U_{\text{с.з.}}}{U_{\text{ост. макс}}} \geq 1.25 \sim 1.5,$$

式中 $K_{\text{чу}}$ ——电压元件灵敏系数;

$U_{\text{ост. макс}}$ ——线路末端故障时, 保护装置
安装处的最大残压 伏。

2)按电流元件与电压元件灵敏度相等的
条件整定

$$I_{\text{с.з.}} = \sqrt{\frac{K_{\text{чу}} U_{\text{ост. макс.}} I_{\text{н.з. мин}}^{(3)}}{\sqrt{3} (z_A + z_T)}};$$

$$U_{\text{с.з.}} = \frac{\sqrt{3} I_{\text{с.з.}} (z_A + z_T)}{K_{\text{чу}}}$$

式中符号代表意义与四、2.(2) ①同。

此时应满足

$$U_{\text{с.з.}} \geq \frac{U_{\text{рав. мин}}}{K_{\text{н}} \cdot K_{\text{чу}}};$$

$$I_{\text{с.з.}} \geq \frac{K'_{\text{н}} \cdot K_{\text{с}}}{K_{\text{чл}}} I_{\text{рав. макс.}}$$

式中 $U_{\text{pab. min}}$ ——最小运行电压，一般取
 $0.9 \sim 0.95 U_{\text{ном}}$ ；

$K_{\text{н}} = 1.1$ ——可靠系数；

$K'_{\text{н}} = 1.2 \sim 1.3$ ——可靠系数；

$K_{\text{от}} = 1.25$ ——电压元件返回系数；

$K_{\text{от}} = 0.85$ ——电流元件返回系数；

$I_{\text{раб. макс}}$ ——最大工作电流 安；

$K_{\text{з}}$ ——自起动系数。

(3) 用作保证主要发电厂发电机母线残压时

1) 当 III_1 及 III_2 间无助增和汲出电流时
 (见图 6)

除分别按四、2.(1)和四、2.(2)中的
 公式整定外，还应根据以下公式验算：

$$I_{\text{c.з}} \leq \frac{\sqrt{3} E}{2(z_{\text{с}} + z_{\text{ТЗ}} + z_1)};$$

$$U_{\text{c.з}} \geq \frac{\sqrt{3} E}{z_{\text{с}} + z_{\text{ТЗ}} + z_{\text{У}}} z_{\text{У}};$$

式中 $z_1, z_{\text{У}}$ ——分别为在验算母线残压的运行
 方式下(一般选主要运行

方式), 电流元件和电压元件的保护范围为保证母线残压在 $(0.5 \sim 0.6)U_{\text{ном}}$, 必须满足:

$$z_I = z_U \geq (1.0 \sim 1.5)z_c - z_{T\Sigma}.$$

2) 当 III_1 及 III_2 间有助增及汲出电流时 (见图 7)

一般根据短路电流及残余电压曲线, 求出保护范围, z_I 及 z_U , 然后按短路电流的分布情况进行验算。

3. 无时限纯电压速断

$$U_{cs} = \frac{U_{\text{ост. мин}}}{K_{\text{нн}}},$$

式中 $U_{\text{ост. мин}}$ —— 系统最小运行方式下被保护线路末端故障时保护装置安装处之最小残压。

4. 限时电流速断 (与相邻线路小一时限阶段的保护装置配合)。

(1) 相邻线路为电流速断

$$I_{cs} = K_n \frac{I_{cs.1}}{K_{p.min}},$$

式中 $I_{cs.1}$ ——相邻线路无时限电流速断或
限时电流速断整定值；

$K_{p.min}$ ——最小分支系数（总电流与分
电流之比）。

(2) 相邻线路为电流闭锁电压速断，按
以下两个条件整定，取其中较大者

1) 按与电流元件相配合，

$$I_{cs} = K_n \frac{I_{cs.1}}{K_{p.min}},$$

式中 符号与四、4.(1)同。

$$2) I_{cs} = K_n I_{kz.p.max},$$

式中 $I_{kz.p.max}$ ——相邻保护装置电压元件
最小保护范围末端短路
时，流经保护装置的最
大短路电流 安。

(3) 相邻线路为距离保护

$$I_{cs} = K_n \frac{E_\phi}{(z_{c.min} + z_A + z_1)},$$

式中 $Z_{c. \text{ мин}}$ ——保护装置电源侧之系统
最小综合阻抗;

Z_1 ——相邻线路距离保护第一
段整定值;

K_K ——可靠系数。

(4) 相邻线路为平行线(具有差动保护)

$$I_{c3} = K_K I_{K3. \text{ макс}}$$

式中 $I_{K3. \text{ макс}}$ ——相邻平行线末端故障
时, 流过保护装置的最
大短路电流;

5. 限时电流闭锁电压速断 (与相邻线路
小—时限阶段的保护装置配合)

(1) 相邻线路为电流闭锁电压速断

$$I_{c3} = K_{K1} \frac{I_{c3.1}}{K_{p. \text{ мин}}};$$

$$U_{c3} = \frac{\sqrt{3} I_{c3} Z_{\text{ли}} + U_{c3.1}}{K_{\text{ли}}},$$

式中 K_{K1} ——电流元件可靠系数;

$I_{c3.1}$ ——相邻线路电流闭锁电压速断
电流元件整定值;

$U_{cs.1}$ ——相邻线路电流闭锁电压速断电压元件整定值。

(2) 相邻线路具有距离保护时

$$I_{cs} = \frac{I_{K3. \text{ мин}}^{(2)}}{K_u} \quad \text{或}$$

$$I_{cs} = \sqrt{\frac{K_{uu} \cdot U_{ост. макс} \cdot I_{K3. \text{ мин}}^{(2)}}{\sqrt{3} (Z_A + K_{p. \text{ мин}} Z_I)}},$$

$$U_{cs} = \frac{\sqrt{3} I_{cs} (Z_A + K_{p. \text{ мин}} Z_I)}{K_{uu}};$$

相邻元件为变压器时同第(2)式仅 Z_I 用 Z_T 代之。

(3) 相邻线路为纯电压速断时

$$I_{cs} = \frac{I_{K3. \text{ мин}}^{(2)}}{K_u};$$

$$U_{cs} = \frac{\sqrt{3} I_{K3. \text{ мин}} Z_A + U_{cs.1}}{K_{uu}},$$

式中 $I_{K3. \text{ мин}}$ ——相邻线路保护范围末端短路时，流过本保护装置的最小短路电流；

$U_{cs.1}$ ——相邻线路电压速断整定值；

K_H ——灵敏系数,取 $1.25 \sim 1.5$ 。

(4) 相邻线路为平行线路且具有横差速断保护时,按以下两个条件整定,取其中较大者:

$$1) I_{c3} = K_H I_{K3 \cdot \max},$$

式中 K_H ——可靠系数;

$I_{K3 \cdot \max}$ ——相邻线路双回线运行时,在其末端发生短路时,流经本保护装置的最大短路电流,安;

2) 应躲开相邻线路单回线运行时,该线路上第一段保护范围末端故障时,流经本保护装置的最大短路电流,安。

6. 限时纯电压速断 (与相邻线路小一时限阶段的保护装置配合)

(1) 相邻线路为电流速断

$$U_{c3} = \frac{U_{остр. мин}}{K_{KU}},$$

式中 $U_{остр. мин}$ ——相邻线路速断保护范围末端短路时,保护

裝置安裝處之最小殘
壓，其數值可由曲綫
中查得。

如為單回輻射綫路亦可用下式直接計算

$$U_{c\beta} = \frac{\sqrt{3} \left(E_{\phi} - \frac{I_{c\beta.1} \cdot Z_{c.макс}}{K_p} \right)}{K_{nu}}$$

式中 $Z_{c.макс}$ ——保護安裝處電源側系統
最大綜合阻抗；

$I_{c\beta.1}$ ——相鄰電流速斷整定值；

K_p ——最小分支系數。

(2) 相鄰綫路為電流閉鎖電流速斷按以
下兩個條件整定，取其中較大者。

1) 與相鄰保護裝置，電壓元件相配合

a. 在單回輻射網絡中

$$U_{c\beta} = \frac{\left\{ (\sqrt{3} E - U_{c\beta.1}) \frac{Z_1}{Z_A + Z_{c.макс}} \right\} + U_{c\beta.1}}{K_{nu}}$$

b. 在複雜網絡中

$$U_{c\beta} = \frac{\sqrt{3} I_{кз.мин} Z_A + U_{c\beta.1}}{K_{nu}},$$

式中 $Z_{c, \text{max}}$ ——保护装置电源侧最小运行方式下之综合阻抗欧姆;

$U_{c3, 1}$ ——相邻保护电压元件整定值, 伏;

Z_L ——被保护线路阻抗, 欧姆;

$I_{K3, \text{min}}$ ——相邻保护电压元件保护范围末端短路时, 流经本保护装置的最小电流, 可由曲线上查得, 安。

2) 与相邻保护装置电流元件相配合

$$U_{c3} = \frac{U_{\text{остр. макс}}}{K_{\text{нн}}},$$

式中 $U_{\text{остр. макс}}$ ——相邻保护电流元件保护范围末端故障时, 保护装置安装处之最小残压, 伏。

(3) 相邻保护为距离保护时

$$U_{cs} = \frac{U_{остр. мин}}{K_{нн}},$$

式中 $U_{остр. макс}$ ——相邻距离保护第一段保护范围末端短路时，本保护装置安装处之最小残压，由曲线查得。

(4) 相邻线路为纯电压速断时

与四、6.(2)同。

(5) 相邻线路为平行线时按以下两个条件整定，取其中较大者。

1) 躲开相邻线路双回线运行时末端故障

a. 对于辐射形网络

$$U_{cs} = \frac{\sqrt{3} E (Z_A + Z_{A12})}{K_{нн} (Z_{с. макс} + Z_A + Z_{A12})}$$

b. 对于复杂网络

$$U_{cs} = \frac{U_{остр. макс}}{K_{нн}},$$

式中 Z_A ——本线路阻抗，欧姆；

Z_{12} ——相邻平行线路并联阻抗欧

姆;

$Z_{c \cdot \max}$ ——保护装置安装处电源侧最小运行方式下综合阻抗欧姆;

$U_{ост. p. \max}$ ——相邻线路双回线运行末端故障时, 保护安装处的最小残压, 伏。

2) 相邻平行线路单回线运行时, 与单回线主保护第一段相配合。

整定公式与前同。

7. 后备保护

(1) 过电流保护

$$I_{cs} = \frac{I_{(1) \cdot \max}}{K_q} \quad \text{或} \quad I_{cs} = \frac{K_q}{K_g} K_s I_{(2) \cdot \min}$$

式中 $I_{(2) \cdot \min}$ ——相邻线路末端故障时, 流经本保护的最小两相短路电流;

K_q ——灵敏系数, 要求大于 1.5;

K_s ——自启动系数;

K_g ——返回系数;

$I_{ном}$ ——綫路額定电流。

(2) 低电压启动的过电流保护

$$I_{cs} = \frac{K_n}{K_s} I_{ном};$$

$$U_{cs} = \frac{U_{раб \cdot мин}}{K_n K_{su}},$$

式中 $U_{раб \cdot мин}$ ——最小运行电压取 $0.9 \sim 0.95 U_{но}$

(3) 低电压保护——与四、7.(2)同。

8. 电流电压相间保护所取的可靠系数表
(見下頁表 1)。

五、距离保护装置整定公式

1. 第一段

(1) 綫路

$$Z_I = 0.85 Z_A,$$

式中 Z_A ——被保护綫路阻抗。

(2) 綫路变压器組

$$Z_I = 0.75 (Z_A + Z_T)$$

式中 Z_T ——变压器阻抗。

表 1

保护装置类别	保护装置时限	整定条件	可靠系数
电流速断装置	无 时 限	躲开变压器低压侧故障 躲开线路末端故障 躲开振荡电流或与电流速断装置配合	1.3~1.4 1.2~1.3 1.1~1.15
		躲开变压器低压侧故障 躲开线路末端故障或与相邻距离保护第一段相配合 躲开相邻电压元件保护范围末端故障与电流速断装置配合	1.2~1.3 1.2~1.3 1.2~1.3 1.1~1.15
	有 时 限	躲开变压器低压侧故障 躲开线路末端故障	1.3~1.3 1.2~1.3
		躲开变压器低压侧故障 躲开线路末端故障或与相邻距离保护第一段相配合 与相邻电压速断装置配合 躲开相邻电压元件保护范围末端故障	1.2~1.3 1.2~1.3 1.1~1.15 1.2~1.3
电压速断装置	无 时 限	躲开变压器低压侧故障 躲开线路末端故障	1.2~1.3 1.2~1.3
	有 时 限	躲开变压器低压侧故障 躲开线路末端故障或与相邻距离保护第一段相配合 与相邻电压速断装置配合 躲开相邻电压元件保护范围末端故障	1.2~1.3 1.2~1.3 1.1~1.15 1.2~1.3

續表

保护装置类别	保护装置时限	整 定 条 件	可靠系数
<p>当按保証电流元件具有足夠灵敏度的条件整定时, 电压元件整定的可靠系数 ($K_{\pi U}$), 采取数值与电压速断装置所取可靠系数值相同</p> <p>当按保証电流元件与电压元件保护范围或灵敏度相同的条件整定时, 电压元件整定的可靠系数 ($K_{\pi U}$), 采取数值仍与电压速断装置所取可靠系数值相同</p>			
与电流闭鎖电压速断装置相配合时	有 时 限	电流元件与下一保护的电流元件整定值相配合时的可靠系数 $K_{\pi I}$	1.1~1.15
		电压元件与下一保护的电压元件整定值相配合时的可靠系数 $K_{\pi U}$	1.1~1.15
过电流保护装置	有 时 限	不带低电压起动元件时	1.2~1.3
		带低电压起动元件时	1.15~1.25

2. 第二段

(1) 按躲开相邻线路第一段保护范围末端故障

$$Z_{II} = 0.85Z_A + 0.8K_{p \cdot \min} Z'_{I}$$

式中 Z'_{I} ——与相邻线路保护第一段最小保护范围相当之阻抗值;

$K_{p \cdot \min}$ ——最小分支系数。

(2) 按躲开变压器低压侧故障

$$Z_{II} = 0.75(Z_A + K_{p \cdot \min} Z_T).$$

(3) 按保证灵敏度

$$Z_{II} \geq 1.25Z_A.$$

3. 后备段

(1) 电流电压起动元件——整定与四、

7. (1) 同

(2) 全阻抗起动元件

$$Z_v = \frac{U_{\text{раг. мин}}}{K_K K_{\sigma} I_{\text{нагр макс}}},$$

式中 K_K ——可靠系数, 取1.25;

K_{σ} ——起动元件返回系数, 取1.15
~1.25;

$I_{\text{нагр. макс}}$ ——最大負荷电流。

(3) 方向阻抗起动元件

$$Z_y = \frac{U_{\text{рас. мин}}}{K_k \cdot K_s \cdot I_{\text{нагр. макс}} \cos(\varphi - \theta)}$$

式中 φ ——負荷功率因数角；

θ ——继电器最大灵敏角。

(4) 保护装置二次側整定值

$$Z_{\text{сз. а}} = K_{\text{сх}} Z_{\text{сз}} \frac{n_I}{n_U},$$

式中 $K_{\text{сх}}$ ——接线系数，接相电流与线电压时为 $\sqrt{3}$ ；接相电流与相电压或相电流之差与线电压时为 1；

n_I ——电流互感器变比；

n_U ——电压互感器变比。

六、高频保护装置整定公式(按

GCH-1型高频保护考虑)

1. 起动元件 $1\Pi P_1$ 及 $1\Pi P_2$ 的整定计算

$$I_{\text{ср. } 1\Pi P_2} = K_k \cdot I_{\text{ср. } 1\Pi P_1}$$

式中 K_n ——外部故障时的可靠系数；

当保护线路大于300公里时，
取2.5~3；当保护线路小于
300公里时取1.6~2。

$I_{cp.1np2} = f(I_2 + K_0 I_0)$ 在 I_2 不够灵敏时， $K_0 I_0$ 才接入。

负序电流按下列条件整定。

$$\begin{cases} I_{2cp.1np2} = K_n \cdot I_{2нв.ном}; \\ I_{2cp.1np2} = K_n \cdot I_{2c}; \\ I_{2cp.1np2} = K_n \cdot I_{2нв.кз}; \end{cases}$$

式中 K_n ——可靠系数，取1.5；

$I_{2нв.ном}$ ——正常时及振荡时的不平衡负序电流，由测量决定；

I_{2c} ——带电投入线路时，由于三相不同时合闸，由电容电流引起的负序电流；

$I_{2нв.кз}$ ——外部对称短路，由于负序滤过器饱和引起的不平衡负序电流（如果外部对称短路而

短路电流足以使 3ЭТ 电流继电器起动时，此条件不考虑)。

按上列三条件，选择其中之一较大者来确定负序电流之整定值(1安；或1.5安；或2安)。

2. 阻抗继电器 1ИС 的按下列条件整定

$$\begin{cases} z_{\text{y}} = K_{\text{ч}} z_{\text{Л}}; \\ Z_{\text{y}} = K_{\text{н}}^2 Z_{\text{мин.нагр}}; \end{cases}$$

式中 $K_{\text{ч}}$ ——灵敏系数，取1.5；

$K_{\text{н}}$ ——可靠系数，取0.7；

$z_{\text{Л}}$ ——保护线路阻抗值；

$Z_{\text{мин.нагр}}$ ——最小负荷阻抗；

$$Z_{\text{мин.нагр}} = \frac{U_{\text{мин}}}{I_{\text{макс.нагр}}};$$

$U_{\text{мин}}$ ——最小负荷电压，取0.9~0.95；

$I_{\text{макс.нагр}}$ ——最大可能的负荷电流。

根据上面两条件，选择其中一较小者。

3. 继电器 3ЭТ, 4ЭТ 的起动电流

(1) 继电器 3ЭТ 的起动电流按下式整定

$$I_{ср. 3ЭТ} = \frac{K_{\kappa}}{K_{\sigma}} \cdot I_{\text{макс. нагр}}$$

式中 K_{κ} ——可靠系数，取1.25；

K_{σ} ——返回系数，取0.85；

$I_{\text{макс. нагр}}$ ——最大负荷电流。

(2) 继电器 4ЭТ 的起动电流按下式整定

$$I_{ср. 4ЭТ} = K_{\kappa} \cdot I_{ср. 3ЭТ}$$

式中 K_{κ} ——外部故障时的可靠系数，当保护线大于 300 公里应经计算决定，约取2.5~3；当保护线小于 300 公里时，取1.6~2。

4. 继电器 1ЭН 的整定电压，

$$U_{ср} = \frac{U_{\text{мин}}}{K_{\kappa} \cdot K_{\sigma}}$$

式中 $U_{\text{мин}}$ ——最小可能的运行电压，约等于0.9~0.95 $U_{\text{ном}}$ ；

K_{κ} ——可靠系数，取1.1；

K_{σ} ——返回系数，取1.2。

5. 电流相位比较元件 $I_1 + K I_2$ 中的操作可靠系数 K_2 的选择

$$K_2 \geq K_{san} \left| \frac{I_1}{I_2} \right|,$$

式中 K_{san} ——裕度系数，取1.5；

$\frac{|I_1|}{|I_2|}$ ——保护线路末端两相接地短路

时，正序电流与负序电流绝对值之比取最大者（整定值与4、6、8同）。

6. 闭锁角的选择。

$$\varphi_{B.I} = \delta_{TT} + \delta_{san} + \alpha + \varphi_{san},$$

式中 δ_{TT} ——电流互感器的角误差，根据10%误差曲线选择电流互感器时，其最大误差角不应大于7°；

δ_{san} ——继电保护本身引起的角误差，根据实验大约可采用15°；

α ——由于傳送高频脉冲电流的速

度所引起的角誤差，每 100 公里為 6° ；

$\varphi_{зан}$ ——裕度角，取 15° 。

閉鎖角有三個整定值： 45° 、 52° 、 60° 。

七、平行綫路橫連差動 保護裝置的計算

1. 橫連差動電流保護

(1) 動作電流

$$I_{ср} = K_n I_{нв. макс},$$

式中 $I_{нв. макс}$ ——外部短路時，二次回路最大可能的不平衡電流；

$$I_{нв. макс} = I'_{нв. макс} + I''_{нв. макс}.$$

1) $I'_{нв. макс}$ 為由於電流互感器誤差所引起的不平衡電流，其數值由下式求得

$$I'_{нв. макс} = K_{одн} \times 0.1 \times K_J \frac{I_{н. макс}}{2n_T},$$

式中 $K_{одн}$ ——電流互感器特性不一致系數，約為 $0.5 \sim 1$ ；

0.1——电流互感器之10%误差;

K_1 ——通过非周期性分量电流的系数, 取1.5;

$\frac{I_{K. макс}}{2}$ ——通过平行线路中任一回线的最大穿越性故障电流的周期分量。

2) $I''_{нб. макс}$ 为由于平行线路的两回线路阻抗不等所引起的不平衡电流, 其数值由下式求得

$$I''_{нб. макс} = CK_2 \frac{I_{K. макс}}{n_r},$$

式中 C ——通过平行线路两回线上的电流差值, 以故障电流的分数表示之;

K_2 ——通过非周期性分量电流的系数, 取1.5;

$I_{K. макс}$ ——通过平行线路两回线上最大穿越性故障电流的周期分量。

(2) 保护装置的死区

$$m = \frac{I_{cp} n_r}{I_k},$$

式中 m ——以綫路长度的分数表示的保护装置的死区；

I_{cp} ——保护装置的动作电流；

I_k ——在死区的分界点发生短路时，故障点的总短路电流（可采用对側母綫故障的总短路电流作近似估計）。

2. 橫連差动方向保护

(1) 过电流起动元件动作电流的整定

1) 应大于綫路上最大的工作电流，并应考虑返回系数；

$$I_{cp} = \frac{K_n}{K_a n_r} \cdot I_{\text{наб. макс.}}$$

2) 应大于被保护平行綫路外部故障时最大的不平衡电流；

与六、1.(1)同。

3) 在大电流接地系統中，应大于当相继动作切除接地短路时，非故障相的电流

$(I_{\text{кор. риз. пов}})$;

$$I_{\text{ср}} = K_{\text{н}} I_{\text{кор. риз. пов.}}$$

(2) 如用低电压闭锁过电流起动，则电流元件仅需满足六、2.(1)，②及六、2.(1)，③。电压元件起动电压由下式求得：

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{раб. мин}}}{K_{\text{а}} K_{\text{н}} \cdot n_{\text{н}}}.$$

在六、2.(1)及六、2.(2)的情况下，如根据灵敏度的条件，所选择的整定值不能满足六、2.(1)，③的条件时，则应考虑在接地故障时，用接地保护闭锁相间保护。

(3) 方向元件死区的计算

1) 先求出一常数 K

$$K = \frac{2 S_{\text{с.н}} n_{\text{б.т}} n_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к}}^2 \cdot L \cdot Z \cdot \cos(\varphi_{\text{р}} + \alpha)},$$

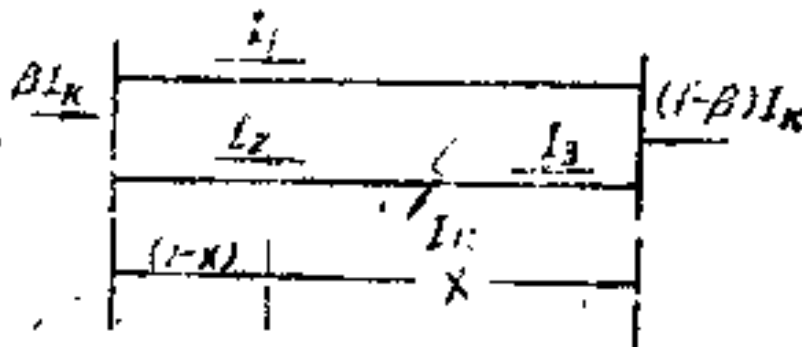


图 8

式中 S_{cp} ——电力继电器的动作电力;
 I_k ——三相短路时, 故障点的总短路电流;
 φ_p ——接入继电器的电压与电流間之相角;
 α ——继电器之内部相角(当 90° 接线时 $\alpha=45^\circ$);
 Z ——线路每公里之阻抗值;
 L ——线路的长度。

2) 求出死区(1-x)

$$(\beta + x)(1 - x)x = K,$$

式中 β ——由系统流入保护装置所在变电所的电流与总短路电流之比。

(4) 过电流起动元件之相继动作区计算与六、1.(2)同。

八、线路纵连差动保护装置的計算

1. 按躲越外部故障时之最大不平衡电流整定

$$I_{cp} = K_n I_{k\delta.pacc}$$

式中 K_n ——可靠系数；

$I_{nb.расч}$ ——不平衡电流之計算值。

(1)不具有速飽和变流器时

$$I_{nb.расч} = 0.1 K_1 K_{одн} I_{кз.макс.вн.}$$

(2)当具有速飽和变流器时

$$I_{nb.расч} = 0.1 K_{одн} I_{кз.макс.вн.}$$

式中 0.1——电流互感器的10%誤差；

$K_{одн}$ ——兩側电流互感器之同型系数，当采用同类型电流互感器时，可以取小于1；

K_1 ——通过非周期性分量电流的系数；

$I_{кз.макс.вн.}$ ——外部故障时之最大短路电流。

2.按躲越被保护綫路之最大工作电流整

定

$$I_{ср} = K_n I_{раб.макс.}$$

式中 $I_{раб.макс.}$ ——被保护綫路之最大工作电流，当灵敏度足够时，可以考虑采用此方式整

定，以避免輔助導線斷線時保護裝置的誤動作。

九、大電流接地系統零序 保護裝置整定公式

1. 零序電流速斷

$$I_{c3} = K_{\mu}(3I_0)_{\max} \text{ 或 } \dot{I}_{c3} = K_{\mu} (3I_0)_{\text{несод}}$$

式中 $(3I_0)_{\max}$ ——保護裝置應躲開的故障處發生一相或兩相接地短路時，流過保護裝置的最大三倍零序電流；

$(3I_0)_{\text{несод}}$ ——遮斷器三相觸點非同期合閘時所產生的三倍零序電流；

K_{μ} ——可靠係數，取 1.2~1.3。

2. 限時零序電流速斷

$$I_{cs} = K_n \frac{I_{cs.1}}{K_{p.min}} \text{ 或 } I_{cs} = \frac{I_{k3.min}}{K_n},$$

式中 $I_{cs.1}$ ——相邻线路保护整定值；

$K_{p.min}$ ——最小分支系数；

K_n ——灵敏系数，本段末端短路时，应大于或等于 1.25~1.5；

$I_{k3.min}$ ——本线路末端短路时，流过保护装置最小接地短路电流；

K_n ——可靠系数，取 1.1~1.15。

3. 定时限或无时限零序过电流保护

$$(1) I_{cs} = \frac{I_{cs.min.sopr}}{K_n}.$$

$$(2) I_{cs} = K_n \cdot I_{n3.k3.max}$$

式中 $I_{k3.min.sopr}$ ——相邻线路末端短路时，流过保护装置的最小接地短路电流；

$I_{n3.k3.max}$ ——有穿越性故障时，由于三个电流互感器所引起的最大不平衡电流；

K_{α} ——灵敏系数，应大于
1.3~1.4;

K_{μ} ——可靠系数，取1.5。

十、小电流接地系統零序保护装置計算

短时投入有效电阻法 有效电阻与消弧
綫卷并联运行(为 35 千伏电压系統所常見
的形式)，假設系統內接地保护方式有两类
零序电流保护与零序方向保护装置。

1. 保証零序方向保护装置有足够灵敏度
动作的条件来选擇有效电阻值，分两种情况：

(1) 在零序滤过器空载时

1) 按下式求出需要流入零序方向继电器的
有效电流

$$I_{pa} = \frac{S_{cp}}{3U_{0a} \cdot b},$$

式中 S_{cp} ——为零序方向继电器的动作功
率；

$3U_{0a}$ ——加在零序方向继电器电压綫
卷上的二次側零序电压，計

算时可取100伏；

b ——接地系数，计算时可取0.4。

2)按下式求出零序滤过器在空载时的吸出系数

$$\eta_{rx} = \frac{Z_p}{Z_p + \frac{1}{3}Z_{rx}}$$



图 9

式中 Z_p ——零序方向继电器阻抗；

Z_{rx} ——组成零序滤过器的电流互感器之空载励磁阻抗。

3)考虑吸出系数后，保证零序方向继电器可靠动作所须的零序滤过器二次侧接地电流有效分量 I_{sa} 按下式求出

$$I_{sa} = \frac{I_{p0}}{(1 - \eta_{rx})}$$

4) 求所計算的接地保护装置所需的一次接地的有效电流

$$I_{s. макс} = \frac{I_{s0} \cdot \Pi_r}{b},$$

式中 Π_r —— 組成零序滤波器的变流器变比。

5) 以系統中最严重的零序方向继电器为計算条件求出在系統中所需的总有效电流值；最严重条件是指故障时流过保护装置为最小电流值，如环网内有分支电流情况。

6) 根据所需有效电流值求出有效电阻值

$$R = \frac{U_0}{I_{s. макс}},$$

式中 U_0 —— 单相金属接地时，系統内一次侧零序电压，如35千伏系統为

$$\frac{37}{\sqrt{3}} \text{ 千伏。}$$

7) 驗算系統的总有效电流值 不大于 50 安。

(2) 在零序滤波器满载时，步驟同(1)，但須注意下列不同之点：

在滿載時須考慮零序濾過器二次側有不平衡電流 $I_{\kappa 0}$ 影響；計算中以 $I_{\kappa 0}$ 與流入零序方向繼電器電流繞卷的電流 I_p 方向相反的最嚴重情況為計算條件，所計算的接地保護裝置所需的一次接地有效電流如下式：

$$I_{s, \max} = \frac{\left(\frac{S_{cp}}{3U_{os} \cdot b} - I_{\kappa 0} \right) \Pi_T}{(1 - \eta_{TK})},$$

式中 $I_{\kappa 0}$ ——滿載時，零序濾過器二次側不平衡電流；

η_{TK} ——零序濾過器汲出係數。

其他計算步驟與(1)同。

2. 保證零序電流保護裝置可靠動作的條件來選擇有效電阻，分兩種情況：

(1) 在零序濾過器空載時

$$I_{s, \max} = \left(\frac{I_p}{(1 - \eta_{TK})} \right) \cdot \frac{\Pi_T}{b},$$

式中 I_p ——零序電流繼電器的動作電流，

I_p 整定值如下式：

$$I_p = \frac{K_n}{K_*} (3I_{o, \max} + I_{\kappa 0, \text{расч}}),$$

$$I_{s.\max} = \sqrt{I_R^2 + (I_{L\Sigma} - I_{C\Sigma})^2},$$

$$I_R = \frac{U_0}{R} = \frac{U_\phi}{R};$$

$$R = \frac{U_\phi}{\sqrt{I_{s.\max}^2 - (I_{L\Sigma} - I_{C\Sigma})^2}},$$

式中 I_{C1} ——被保护线路电容电流值；

I_R ——接地故障时，有效电阻产生电流值；

$I_{L\Sigma}$ ——接地故障时，消弧线圈产生之电感性电流值；

$I_{C\Sigma}$ ——被保护线路外的全系统电容电流值；

U_ϕ ——系统的相电压。

(2) 在零序滤过器满载时

步骤与(1)相同，汲出系数考虑满载情况，并计及零序滤过器二次侧不平衡电流影响。

3. 根据上述1、2所述四种情况，选择其中最小的计算值，作为选择有效电值数值之根据。

選擇一定有效電阻值后，產生 I_R 電流值，對系統內每一零序保護裝置進行靈敏度校驗。

十一、負序電壓計算

1. 故障點的負序電壓

$$U'_2 = I_{K\Sigma 1} \cdot x_1, \quad x_1 \text{ 見一、4.(1) }。$$

2. 總負序電流

$$I_{K\Sigma 2} = \frac{U'_2}{x_{\Sigma 2}},$$

3. 綫路上之負序壓降

$$\Delta U_2 = I_2 \cdot x_A,$$

式中 x_A ——綫路阻抗；

I_2 ——流經本綫路之負序電流。

4. 保護裝置安裝處之負序電壓

$$U_2 = U'_2 - \Sigma \Delta U_{2,i}$$

式中 $\Sigma \Delta U_2$ ——由故障點至保護裝置安裝處之總負序壓降。

十二、大电流接地系統零序功率計算

$$P_0 = 3I_0 \cdot 3U_0.$$

零序电压 $3U_0$ 可由下法求得：

1. 故障点零序电压

$$3U'_0 = 3I_{0\Sigma} x_{02},$$

2. 綫路上之零序压降，

$$\Delta(3U_0) = 3I_{p0} Z_{x0},$$

式中 Z_{x0} ——綫路之零序阻抗；

$3I_{p0}$ ——流过綫路之零序电流。

保护安装处之零序电压，

$$3U_0 = 3U'_0 - \Sigma \Delta(3U_0),$$

式中 $\Sigma \Delta(3U_0)$ ——由故障点至保护装置安装处之总零序压降。

十三、振蕩計算

1. 最大振蕩电流

$$I_{\text{кн. макс}} = \frac{2.1E}{X_{1c} + X_{c0} + X_{2c}}.$$

2. 振蕩时继电器感受的最低电压

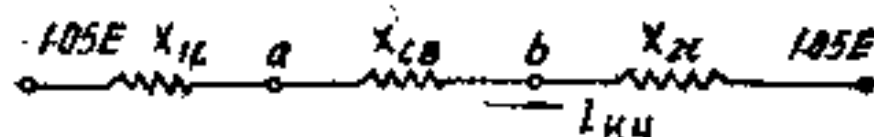


图 11

$$U_{pa} = I_{кч. макс} \times \left[\frac{1}{2}(x_{1C} + x_{CB} + x_{2C}) - x_{1C} \right].$$

3. 振荡时继电器的感受最小阻抗

$$z_{pa} = \frac{1}{2}(x_{1C} + x_{2C} + x_{CB}) - x_{1C}.$$

十四、遮断器三相触点非同期合闸的 零序电流计算

1. 一侧断开另一侧带电投入

(1) 一相先合

$$I_0 = -U_{\phi} j \frac{b_1 b_0}{b_1 + 2b_0} L,$$

(2) 二相先合

$$I_0 = -U_{\phi} j \frac{b_1 b_0}{2b_1 + b_0} L,$$

式中 U_ϕ ——相电压；

b_1 ——每相电纳(1/欧·公里)，可由参数汇编的二、中查得；

b_0 ——相对地电纳(1/欧·公里)可由三、4的公式求得；

L ——线路长度(公里)。

2. 双侧电源，一侧已合好，另一侧投入

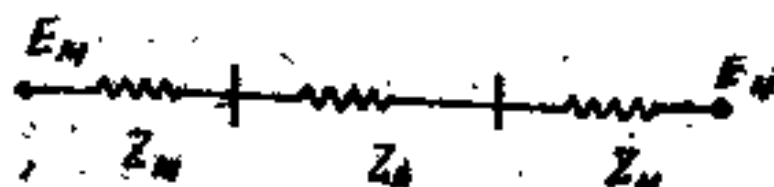


图 12

$$Z_{1\Sigma} = Z_{1M} + Z_{1A} + Z_{1N};$$

$$Z_{2\Sigma} = Z_{2M} + Z_{2A} + Z_{2N};$$

$$Z_{0\Sigma} = Z_{0M} + Z_{0A} + Z_{0N}.$$

(1) 一相先合

$$I_0 = \frac{2E \cdot \sin \frac{\delta}{2}}{Z_{1\Sigma} + Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}},$$

(2) 二相先合

$$I_0 = \frac{2E \cdot \sin \frac{\delta}{2}}{Z_{1\Sigma} + Z_{0\Sigma} + \frac{Z_{1\Sigma} \times Z_{0\Sigma}}{Z_{2\Sigma}}},$$

式中 E ——相电势；

δ ——两侧电源之电势相角差，当使用非同期重合闸时，取 180° ，使用检查同期重合闸时，取 $40 \sim 60^\circ$ ；

$Z_{1\Sigma}, Z_{2\Sigma}, Z_{0\Sigma}$ ——分别为正序，负序及零序综合阻抗。

十五、由三个电流互感器组成的

零序电流过滤器不平衡电流计算

穿越性故障时之不平衡电流

$$I_{\text{нб.кз}} = I_{\text{нб.ном}} \left(\frac{I_{\text{кз}}}{I_{\text{ном}}} \right)^2,$$

式中 $I_{\text{нб.ном}}$ ——额定电流时之零序不平衡电流，可由实验求得；

$I_{\text{кз}}$ ——穿越性故障短路电流，

計算时应取最大穿越性,
短路电流;

I_{HOX} ——电流互感器額定电流;

K ——系数可取0.6~0.7。

十六、非全相运行方式时, 零序及 負序分量

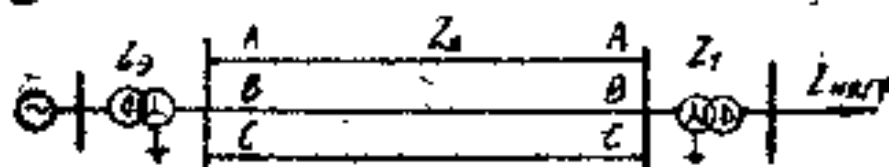


图 13

$$Z_{1\Sigma} = Z_{1s} + Z_{1L} + Z_{1r} + Z_{1nap};$$

$$Z_{2\Sigma} = Z_{2s} + Z_{2L} + Z_{2r} + Z_{2nap};$$

$$Z_{0\Sigma} = Z_{0s} + Z_{0L} + Z_{0r}.$$

电压

$$U_{npA0} = U_{npA2} = \frac{I_{nap}^{(3)}}{\frac{1}{Z_{1\Sigma}} + \frac{1}{Z_{2\Sigma}} + \frac{1}{Z_{0\Sigma}}}.$$

电流 $I_{npA0} = \frac{U_{npA0}}{Z_{2\Sigma}};$

$$I_{np\Delta 1} = I_{np\Delta 2} = \frac{U_{np\Delta 2}}{Z_{2\Sigma}}$$

式中 $I_{K0.2}^{(3)} p$ ——非全相运行前之负荷电流;

$Z_{1\Sigma}, Z_{2\Sigma}, Z_{0\Sigma}$ ——分别为正序、负序及零序综合阻抗。

十七、双侧电源自动重合闸的计算方法

1. 非同期重合闸(AHBBH)

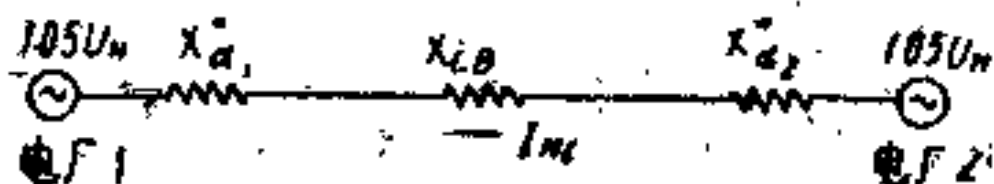


图 14

(1) 非同期重合闸时发电机允许冲击电流倍数。

$$I_{K0.200} \leq K I_{K0.200}$$

式中 $I_{K0.200}$ ——允许冲击电流;

$I_{K0.200}$ ——发电机额定电流。

对汽輪发电机 $K=5$

对水輪发电机 $K=3$

(2) 非同期重合閘时流經每台发电机的最大冲击电流

$$I_{nc.2} = C I_{nc. макс}$$

式中 C ——在最不利条件下的电流分布系数;

$I_{nc. макс}$ ——計算所选的运行方式下非同期合閘时, 流經綫路的最大脉冲电流。

$$I_{nc. макс} = \frac{2.1 \cdot U_n}{X_{d1}'' + X_{cb} + X_{d2}''}$$

式中 U_n ——发电机額定相电压;

x_{d1}'' ——发电厂 1 側之等值发电机的次瞬間电抗;

x_{cb} ——系統联络綫及变压器阻抗;

x_{d2}'' ——发电厂 2 側之等值发电机的次瞬間电抗。

2. 快速自动重合閘

(1) 当重合时兩側电源相角差

$$\delta = 1.8 \times 10^4 \frac{P_0}{2M} t^2 + \left(\frac{d\delta}{dt} \right)_{t_0} t + \delta_0,$$

短路开始至断路断开前, $\left(\frac{d\delta}{dt} \right)_{t_0} = 0,$

$$\delta_{t_1} = 1.8 \times 10^4 \frac{P_0}{2M} t_1^2 + \delta_0.$$

遮断器断开时

$$\left(\frac{d\delta}{dt} \right)_{t_1} = -\frac{P}{M} t_1.$$

遮断器触点合闸时

$$\delta = \frac{1.8 \times 10^4}{2M} \times P_0 t_2^2 + \left(\frac{d\delta}{dt} \right)_{t_1} t_1 + \delta_{t_1},$$

式中 P_0 ——系统内的过剩功率或功率缺额标么值;

δ_0 ——当 $t=0$ 时, 发电机与系统电动势间的夹角 度;

M ——惯性常数(归算到基本功率, 相当于 δ 用度而 t 用秒的单位秒);

t_1 ——短路开始至短路断开之时间秒;

t_2 ——短路断开后至遮断器又重新合上时的时间 秒。

(2) 根据计算所得的角度, 计算对发电机的冲击电流

$$I_{nc. макс} = \frac{2.1 U_n}{X_{1d}'' + X_{co} + X_{2d}''} \sin \frac{\delta}{2}$$

求出 $I_{nc. макс}$ 后, 即可按十四、2 的方法求出对每台发电机的冲击电流倍数是否超出允许值。

3. 等待及捕捉同期自动重合闸的计算

(1) 等待同期自动重合闸的计算

$$1) \text{整定角度 } \delta_{cp} = \frac{\delta_{don}}{(1 + K_s) \frac{t_{окл}}{t_{АПВ}} + 1}$$

式中 $\delta_{don} = 2 \sin^{-1} \frac{I_{прdon} \cdot x_{св}}{2U}$

$t_{окл}$ ——遮断器合闸时间, 秒;

U ——系统电压;

$t_{АПВ}$ ——АПВ动作时限 秒;

K_s ——同期检定继电器的返回系数 (小于 1);

I_{updon} ——容許冲击电流 安；

x_{cs} ——两侧电源間的綜合阻抗。

2) 容許之滑差

$$S_{don}\% = \frac{1}{180} \times \frac{\delta_{don}}{t_{acc} + \frac{t_{ans}}{1+K}}$$

3) 当两侧电源連系断开后之实际滑差

$$S_{du}\% = \left(\frac{\Delta f_1 + \Delta f_2}{f_n} \right) \times 100,$$

式中 Δf_1 ——功率过剩的一部分系統的周率差額 赫芝；

Δf_2 ——功率不足的一部分系統的周率差額 赫芝。

$$\Delta f = \frac{\Delta P\%}{2K},$$

式中 $\Delta P\%$ ——相对功率缺額；

K ——系統周率調节系数，約为 1~3。

采用等待同期重合閘的条件，如：

$$S_{don}\% > S_{du}\%.$$

(2) 捕捉同期重合閘

1) 第一套捕捉同期装置整定

动作角度 $\delta_{cpi} = \frac{1}{K_s} \delta_{don}$ 度。

动作时限

$$t_1 = \frac{360^\circ - (1 + K_s) \delta_{cpi} t_{cka}}{K_s \delta_{cpi} + \delta_{don}} \text{ 秒。}$$

允许滑差

$$S_{don} \% = \frac{1}{180} \left(\frac{K_s \cdot \delta_{cpi} + \delta_{don}}{t_{cka}} \right),$$

式中 K_s ——同期检定继电器返回系数，
取0.8；

δ_{don} ——合闸时的最大允许合闸角，
计算方法见十四、3。(1)；

t_{cka} ——遮断器合闸时间。

2) 第二套捕捉同期装置整定

动作角度 $\delta_{cpn} = 180 - K_s \delta_{cpi}$
 $-\frac{K_s \delta_{cpi} + \delta_{don}}{K_s}$ 度。

动作时限 $t_n = \frac{180^\circ - \delta_{cpi} + \delta_{cpn}}{180^\circ + K_s \delta_{cpn} - \delta_{cpi}}$
 $\times t_{cka}$ 秒。

允許滑差 $S_{\text{non}}\%$

$$= \frac{180 + K_n \delta_{cpI} - \delta_{cpII}}{180 t_{\text{ска}}} \%,$$

式中 K_n ——可靠系数，取1.1；

其它符号与十四、3.(2)同。

3)防止第二套捕捉同期装置在过小滑差时，不允許的角度下合閘，继电器的时限整定

$$t_{\text{ср.н}} = \frac{(1 + K_s) \delta_{cpII}}{180 - K_s \delta_{cpI} - \delta_{cpII}} t_{\text{ска}} \text{ 秒.}$$

4)采用捕捉同期重合閘的条件

$$S_{\text{дон}}\% > S_{\text{д.н}}\%,$$

公式中符号与十四、3.(1)同。

4.检查平行綫路电流的自动重合閘

$$(1) I_{cp} = \frac{K_n I_c}{K_s n_r},$$

式中 $I_c = \sqrt{\frac{1}{3}} l \cdot Y_c \cdot U_n$ ——稳定状态

三相充电电流；

Y_c ——綫路容納可由参数汇编二查得；

l ——綫路长度；

K_n ——可靠系数，取1.2。

$$(2) I_{cp} = \frac{I_{p.p. \text{ мин}}}{n_r K_n},$$

式中 K_n ——灵敏系数，取1.5。

5. 重合閘时限的整定（不包括捕捉同期重合閘在內）

重合閘时限必須大于：

(1) 遮断器傳动机构准备好重合閘所必須的时间 $t_{АПВ} \geq t_{откл} + t_{зот} + t_{зан}$ （遮断器位置不对应回路启动 $АПВ$ 时，不計 $t_{откл}$ ）。

(2) 当本段綫路故障时可能引起系統內其他区段的延时复旧保护装置动作后，返回的最大时限。

$t_{АПВ} \geq t_{откл} + t_{зот} + t_{зан}$ （遮断器位置不对应回路启动 $АПВ$ 时，不計 $t_{откл}$ ）

(3) 按綫路两侧遮断器不同时断开的条件

$$t_{АПВ} = t_{з2} + t_{откл.с-2} - t_{з1} - t_{з1} - t_{откл.с-1} + t_{зан}$$

式中 $t_{отка}$ 、 $t_{отка.с-1}$ 、 $t_{отка.с-2}$ ——遮断器跳闸时间， $t_{отка.с-1}$ 为本侧的； $t_{отка.с-2}$ 为对侧的；

$t_{зот}$ ——传动机构准备好动作的时间；

$t_{зап}$ ——储备时限；

$t_{доп}$ ——其它区段保护的 最大 复旧时限；

$t_{з1}$ 、 $t_{з2}$ ——本侧及对侧保护的最小动作时限。

十八、110千伏及以上的母綫 全差动保护的整定計算

1. 动作电流应大于外部故障时可能产生的最大不平衡电流

$$I_{op} = K_n \cdot I_{нб. макс},$$

式中 K_n ——可靠系数，取1.5；

$I_{нб. макс}$ ——外部故障时，由于电流互感器的误差所引起的最大可能的不平衡电流。

$$I_{нб. макс} = 0.1 I_{кз. макс},$$

式中 0.1——电流互感器之10%误差;

$I_{кз. макс}$ ——外部故障时, 流过保护装置的最大短路电流。

2. 动作电流应大于与母綫連接的任一个元件的最大可能的負荷电流

$$I_{ср} = K_n \cdot I_{нагр. макс}$$

式中 K_n ——可靠系数, 取1.2;

$I_{нагр. макс}$ ——与母綫連接的某一元件的最大可能負荷电流。

3. 当采用母綫自动重合閘时, 如果重合于稳定性故障上而保护装置的灵敏度不够时, 应附加一套灵敏继电器; 并在母綫重合閘动作后投入动作。继电器的整定值应根据在最小运行方式时母綫发生短路有足够的灵敏度的条件来选择。

第二章 参数汇编

一、架空綫路的感抗及阻抗(見插頁)。

二、架空线路的电抗(不计地线之影响)

1. 裸铜绞线

导线型号	M35	M50	M70	M95	M120	M150	M185	M240	M300
1500	2.92	3.01	3.13	3.21	3.29	3.34	3.40	3.49	3.57
2000	2.79	2.86	2.98	3.05	3.11	3.16	3.22	3.29	3.36
2500	2.68	2.78	2.86	2.94	3.00	3.04	3.09	3.16	3.22
3000	2.61	2.69	2.78	2.85	2.91	2.95	3.00	3.06	3.12
3500	2.56	2.63	2.72	2.79	2.84	2.88	2.92	2.98	3.04
4000	2.51	2.56	2.66	2.72	2.78	2.80	2.86	2.92	2.97
4500	2.46	2.53	2.62	2.67	2.73	2.76	2.80	2.86	2.92
5000	2.41	2.49	2.58	2.63	2.68	2.71	2.76	2.81	2.86
5500		2.46	2.54	2.59	2.64	2.68	2.71	2.77	2.82
6000		2.42	2.50	2.55	2.60	2.64	2.68	2.73	2.78

在下列几何平均距离(厘米)时
电抗(10^{-6} /欧·公里)

2. 銅芯鋁絞綫

導綫型號	AC-35	AC-50	AC-70	AC-95	AC-120	AC-150	AC-185	AC-240	AC-300	AC-400
1500	2.97	3.05	3.12	3.25	3.31	3.38				
2000	2.83	2.91	2.99	3.08	3.13	3.20				
2500	2.73	2.81	2.88	2.96	3.02	3.07	3.13	3.21		
3000	2.65	2.72	2.79	2.87	2.92	2.97	3.03	3.10		
3500	2.59	2.66	2.73	2.81	2.85	2.90	2.96	3.02		
4000	2.54	2.61	2.68	2.75	2.79	2.85	2.90	2.96		
4500			2.62	2.69	2.74	2.79	2.84	2.89		
5000			2.58	2.65	2.69	2.74	2.82	2.85		
5500			2.54	2.61	2.65	2.71	2.74	2.80	2.86	2.92
6000								2.76	2.81	2.88
6500									2.78	2.83
7000									2.75	2.81
7500									2.72	2.78

◆ 在下列几何平均距离(毫米)时的电势
(10⁻⁶/欧·公里)

3. 加强式鋼芯鋁絞綫

序 號	型 号	ACY-120	ACY-150	ACY-185	ACY-240	ACY-300	ACY-400
在下列几何平均距离(厘米) 时的电阻(10 ⁻³ /欧·公里)	4000	2.80	2.86	2.91	2.98	3.04	3.11
	4500	2.75	2.81	2.86	2.92	2.98	3.05
	5000	2.70	2.76	2.80	2.87	2.92	3.00
	5500	2.66	2.72	2.76	2.82	2.88	2.95
	6000	2.63	2.68	2.73	2.79	2.84	2.91
	6500	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.87
	7000	2.57	2.62	2.66	2.72	2.77	2.83
	7500	2.54	2.59	2.63	2.68	2.73	2.80
	8000	2.51	2.57	2.60	2.66	2.70	2.77
	8500	2.49	2.54	2.58	2.64	2.68	2.75

4. 輕型鋼芯鋁絞綫

導 綫 型 号	ACO-280	ACO-330	ACO-400	ACO-480	ACO-580	ACO-710
4000	2.98	3.03	3.07	3.13	3.18	
4500	2.92	2.97	3.01	3.06	3.12	
5000	2.87	2.92	2.95	3.01	3.06	
5500	2.82	2.87	2.91	2.96	3.01	
6000	2.78	2.83	2.86	2.92	2.96	3.02
6500	2.75	2.80	2.83	2.88	2.92	2.98
7000	2.72	2.76	2.80	2.84	2.89	2.94
7500	2.69	2.73	2.77	2.81	2.86	2.91
8000	2.66	2.70	2.74	2.78	2.83	2.88
8500	2.64	2.68	2.71	2.76	2.80	2.85
9000					2.78	2.82

註：下列為平均距離(毫米)時
電納(10⁻⁶/歐·公里)

三、变压器的阻抗

1. 三相双卷变压器参数(10, 35, 110千伏)

型 式	短路电压 $U_k\%$	标么阻抗 $S_g=100$ 兆伏安	等值阻抗(欧)			额定电流(安)		
			230 千伏	115 千伏	37 千伏	230 千伏	115 千伏	37 千伏
SJ-1000/10 (TM-1000/10)	5.5	5.5	2910	727	75.3	2.51	5.04	15.6
SJ-1000/10 (TM-1000/10)	6.5	6.5	3440	860	89.1	2.51	5.04	15.6
SJ-1800/10 (TM-1800/10)	5.5	3.05	1615	404	41.9	4.52	9.04	28.1
SJ-1800/35 (TM-1800/35)	6.5	3.60	1911	477	49.5	4.52	9.04	28.1
SJ-3200/10 (TM-3200/10)	5.5	1.72	910	227.3	23.55	8.04	16.1	50
SJ-3200/35 (TM-3200/35)	7	2.19	1160	289.5	30	8.04	16.1	50

SJ-5600/10 (TM-5600/10)	5.5	0.982	520	1130	13.45	14.04	28.1	87.4
SJ-5600/35 (TM-5600/35)	7.5	1.34	708	177.2	18.35	14.04	28.1	87.4
SJL-5600/110 (TMF-5600/110)	10.5	1.87	993	248	25.7	14.04	28.1	87.4
SJ-7500/35 (TM-7500/35)	7.5	1.00	529	122.25	13.7	18.82	37.6	117
SJL-7500/110 (TMF-7500/110)	10.5	1.40	740	185	19.2	18.82	37.6	117
SF-10000/35 (TF-10000/35)	7.5	0.75	397	99.3	10.28	25.1	50.2	156
SFL-10000/110 (TMF-10000/110)	10.5	1.05	555	139	14.4	25.1	50.2	156
SF-15000/35 (TF-15000/35)	8	0.533	182	70.6	7.31	37.6	75.3	234
SFL-15000/110 (TMF-15000/110)	10.5	0.700	370	92.5	9.58	37.6	75.3	234

續表

型 式	短路电压 $U_k\%$	标么阻抗 $S_B=100$ 兆伏安	等值阻抗(欧)			额定电流(安)		
			230 千伏	115 千伏	37 千伏	230 千伏	115 千伏	37 千伏
SF-20000/35 (TA-20000/35)	8	0.40	212	52.8	5.48	50.2	100.4	312
SFL-20000/110 (TAF-20000/110)	10.5	0.525	278	69.5	7.19	50.2	100.4	312
SF-31500/35 (TA-31500/35)	8	0.254	134.5	33.6	3.48	79	158.2	492
SFL-31500/110 (TAT-31500/110)	10.5	0.333	176.3	44.1	4.57	79	158.2	492
SFL-40500/110 (TAT-40500/110)	10.5	0.26	137.2	34.3	3.55	101.6	203.5	633
SFL-60000/110 (TAT-60000/110)	10.5	0.175	92.6	23.15	2.4	150.7	301	937

2. 三相三卷变压器参数(110千伏)

型 式	短路电压 U_K		标么阻抗 $S_0=100$ 兆伏安	等值阻抗(欧)			額定电流(安)			
	側	%		230 千伏	115 千伏	37千伏	S_N %	230 千伏	115 千伏	37 千伏
SJSL-5600/110 (TMTT-5600/110)	I	10.75	1.92	1016	254	26.3	100	14.04	28.1	87
	II	6.25	1.12	590	147.5	15.3				
	III	-0.25	-0.0446	-23.6	-5.9	-0.611				
SJSL-7500/110 (TMTT-7500/110)	I	10.75	1.43	75.8	189.6	19.64	100	18.82	37.6	117
	II	6.25	0.835	442	110.2	11.42				
	III	-0.75	-0.0333	-17.62	-4.42	-0.456				
							66.7	12.6	25.1	78

續表

型 式	短路电压 U_k		标么阻抗 $S_B \pm 100$ 兆伏安	等值阻抗(欧)			额定电流(安)			
	侧	%		230 千伏	115 千伏	37 千伏	S_N %	230 千伏	115 千伏	37 千伏
SFSL-15000/110 (TATF-10000/110)	I	10.75	1.075	568	142.2	14.71				
	II	6.25	0.625	331	82.6	8.56	100	25.1	50.2	156
	III	-0.25	-0.025	-13.22	-3.304	-0.342	66.7	16.7	33.5	104
SFSL-15000/110 (TATF-15000/110)	I	10.75	0.717	379	94.8	9.83				
	II	6.25	0.416	220.8	55.1	5.71	100	37.6	75.3	234
	III	-0.15	-0.0167	-8.82	-2.2	-0.228	66.7	25.1	50.2	156

續表

SFSL-20000/110 (THTT-20000/110)	I	10.75	0.538	284	71.2	7.38	100	50.2	100.4	312
	II	6.25	0.312	165.2	41.32	4.28				
	III	-0.25	-0.0125	-6.62	-1.652	-0.171	66.7	33.5	67	208
SFSL-31500/110 (THTT-31500/110)	I	10.75	0.341	180.6	45.1	4.675	100	79	158.2	492
	II	6.25	0.198	105	26.2	2.72				
	III	-0.25	-0.00795	-4.2	-1.05	-0.109	66.7	52.7	105.5	328

續表

型、式	短路电压 U_K		标么阻抗 $S_0 = 100$ 兆伏安	等值阻抗(欧)			额定电流(安)				
	侧	%		230 千伏	115 千伏	37 千伏	S_N %	230 千伏	115 千伏	37 千伏	
SFSL-40500/110 (TATF-40500/110)	I	10.75	0.266	140.6	35.1	3.64	100	101.6	203.5	633	
	II	6.25	0.154	81.7	20.4	2.115					
	III	-0.25	-0.00617	-3.27	-0.816	-0.085		66.7	67.7	135.7	422
SFSL-60000/110 (TATF-60000/110)	I	10.75	0.179	94.7	23.7	2.46	100	150.7	301	937	
	II	6.25	0.104	55.1	13.78	1.425					
	III	-0.25	-0.00417	-2.21	-0.552	-0.057		66.7	100.5	204	624

3. 三相双卷变压器参数(220千伏)

型 式	短路电压 $U_K\%$	标么阻抗 $S_0 = 100$ 兆伏安	等值阻抗(欧)			额定电流(安)		
			230 千伏	115 千伏	37 千伏	230 千伏	115 千伏	37 千伏
SFL-15000/220 (TAF-15000/220)	13	0.865	458	114.5	11.9	37.6	75.3	234
SFL-20000/220 (TAF-20000/220)	13	0.65	344	85.9	8.9	50.2	100.4	312
SFL-31500/220 (TAF-31500/220)	13	0.412	218	54.5	5.7	79.0	158.2	492
SFL-60000/220 (TAF-60000/220)	13	0.217	115	28.6	3.0	150.7	301	937

4. 单相三卷变压器参数(220千伏)

型 式	短路电压 U_k		标么阻抗 $3 \times S_N$ $S_N = 100$ 兆伏安	$3 \times S_N$ 等值阻抗(欧)			$3 \times S_N$ 额定电流(安)			
	侧	%		230 千伏	115 千伏	37 千伏	S_N %	230 千伏	115 千伏	37 千伏
DFSL-20000/220 (OATF-20000/220)	I	17	0.284	150	37.5	3.88	100	151	301	937
	II	-3	0.05	-26.5	-6.6	0.69				
	III	11	0.183	97	24.3	2.51	66.7	101	201	625
DFSL-30000/220 (OATF-30000/220)	I	17	0.189	100	24.9	2.59	100	126	152	1405
	II	-3	-0.033	-17.6	-4.41	0.46				
	III	11	0.122	61.7	16.2	1.67	66.7	151	301	938
DFSL-33333/220 (OATF-33333/220)	I	15.75	0.1575	83.5	20.9	2.16	100	251	501	1560
	II	8.25	0.0825	43.7	10.9	1.13				
	III	0.25	0.0025	1.33	0.33	0.034	66.7	167	334	1040

DFSL-40000/220 (242/154/38.5) (OATF-40000/220)	I	14.5	0.121	64	16	7.65	100	301	603	1875
	II	0.5	0.0042	2.2	0.55	0.057				
	III	7.5	0.0625	32.1	8.3	0.86	66.7	201	402	1250
DFSL-40000/220 (242/121/13.8) (OATF-40000/220)	I	13.75	0.115	60.6	15.2	1.56	100	301	603	1875
	II	8.25	0.069	36.4	9.1	0.94				
	III	-0.25	0.0021	-1.1	-0.28	-0.029	66.7	201	402	1250

續表

型 式	短路电压 U_k		示么阻抗 $3 \times S_N$ $S_N = 10$ 兆伏安	$3 \times S_N$ 等值阻抗(欧)			$3 \times S_N$ 額定电流(安)			
	覽	%		230 千伏	115 千伏	37 千伏	S_N %	230 千伏	115 千伏	37 千伏
DFSL-46667/220 (OATF-46667/220)	I	13	0.093	49.1	12.3	1.28	100	352	703	2190
	II	8	0.057	30.2	7.56	0.79	66.7	235	168	1460
	III	0	0	0	0	0				
DFSL-60000/220 (OATF-60000/220)	I	15	0.0835	44	11	1.14	100	453	905	2812
	II	-0.5	0.0028	-1.47	-0.37	0.038	66.7	312	603	1875
	III	8	0.0445	23.5	5.9	0.61				

5. 单相三卷变压器参数(110千伏)

型 式	短路电压 $\frac{U_k}{\%}$		阻抗 $3 \times S_N$ 兆伏安	$3 \times S_N$ 等值阻抗(欧)			$3 \times S_N$ 额定电流(安)		
	侧	%		230 千伏	115 千伏	37 千伏	S_N %	230 千伏	115 千伏
DFSL-10500/110 (OATF-10500/110)	I	10.75	0.341	180.6	45.1	4.675	100	79	158.2
	II	6.25	0.198	105	26.2	2.71	66.7	52.7	105.5
	III	-0.25	-0.00795	-4.2	-1.05	-0.109			
DFSL-13500/110 (OATF-13500/110)	I	10.75	0.266	140.6	35.1	3.64	100	101.6	203.5
	II	6.25	0.154	81.7	20.4	2.11			
	III	-0.25	-0.00617	-3.27	-0.816	-0.085	66.7	67.7	35.7
									422

續表

型 式	短路电压 U_K		标么阻抗 $3 \times S_N$			3 × S_N 等值阻抗(欧)			3 × S_N 额定电流(安)		
	值	%	$S_G = 100$ 兆伏安	230 千伏	115 千伏	37 千伏	S_N %	S_N 千伏	S_N 千伏	115 千伏	37 千伏
IDFSL-20000/110 (OATF-20000/110)	I	11.75	0.179	94.7	23.7	2.46					
	II	6.25	0.104	55.1	13.78	1.425	100	150.7	301		937
	III	-0.25	-0.00417	-2.21	-0.552	-0.057	66.7	100.5	201		624
IDFSL-40000/110 (OATF-40000/110)	I	10.75	0.09	47.4	11.87	1.23					
	II	6.25	0.052	27.6	6.9	0.715	100	301.4	602		1870
	III	-0.25	0.0021	-1.10	-0.276	-0.029	66.7	200.8	402		1248

6. 单相双卷变压器参数(110千伏)

型 式	短路电压 $U_k\%$	标么阻抗 $S_0 \approx 100$ 兆伏安	$3 \times S_n$		$3 \times S_n$		
			等 值 阻 抗	抗 (欧)	230 千伏	115 千伏	37 千伏
DFL-10500/110 (ODF-10500/110)	10.5	0.334	176.3	44.1	4.57	79	158.2
DFL-13500/110 (ODF-13500/110)	10.5	0.26	137.2	34.3	3.55	101.4	203.5
DFL-20000/110 (ODF-20000/110)	10.5	0.175	92.6	23.15	2.40	150.7	301
DFL-30000/110 (ODF-30000/110)	10.5	0.117	61.7	15.4	1.60	226	452
DFL-40000/110 (ODF-40000/110)	10.5	0.088	46.3	11.57	1.20	301	602
							1870

7. 单相双卷变压器参数(220千伏)

型 式	短路电压		标么阻抗		等 值		抗 阻		3×S _n		
	U _K %	S ₀ ≠100 兆伏安	3×S _n	等 值	230 千伏	115 千伏	37 千伏	230 千伏	115 千伏	230 千伏	37 千伏
DFL-20000/220 (OAT-20000/220)	13	0.217	111.7	28.7	50.2	100.4	313	50.2	100.4	313	313
DFL-25000/220 (OAT-25000/220)	13	0.173	91.7	23	62.8	125.7	391	62.8	125.7	391	391
DFL-30000/220 (OAT-30000/220)	15	0.167	88.3	22	75.4	151	468	75.4	151	468	468
DFL-40000/220 (OAT-40000/220)	13	0.108	57.3	11.3	102	201	625	102	201	625	625
DFL-40000/220 (OAT-40000/220)	12	0.100	46	11.5	115.7	231	718	115.7	231	718	718
DFL-50000/220 (OAT-50000/220)	12	0.08	42.3	10.6	125.8	251	781	125.8	251	781	781
DFL-60000/220 (OAT-60000/220)	14	0.078	41	10.3	151	301	937	151	301	937	937

8. 单相自耦变压器参数(220千伏)

型 式	短路电压 U_K		标么阻抗 $3 \times S_H$ 毫伏安	3 × S_H 等值阻抗(欧)		备 注
	侧	%		230千伏	115千伏	
ОДМГА-40000/220	I	10.3	0.086	45.4	11.4	升 压
	II	0	0	0	0	
	III	18.9	0.158	83.2	20.8	
ОДМГА-40000/220	I	10.5	0.0875	46.5	11.6	降 压
	II	0	0	0	0	
	III	22.2	0.185	98	24.5	
ОДМГА-60000/220	I	10.8	0.06	31.6	7.9	升 压
	II	0	0	0	0	
	III	21.2	0.118	62	15.5	

续表

型 式	短路电压 U_K		标么阻抗 $3 \times S_N$ $S_N = 10^6$ 兆伏安	$3 \times S_N$ 等值阻抗 (欧)			备 注
	侧	%		230千伏	115千伏	37千伏	
ОДМГА-60000/220	I						
	II						
	III						
ОДМГА-80000/220	I	11.6	0.0485	25.6	6.38	0.66	升 压
	II	0	0	0	0	0	
	III	24.4	0.101	53.7	13.4	1.39	
ОДМГА-80000/220	I	12.6	0.0525	27.8	6.93	0.72	降 压
	II	0	0	0	0	0	
	III	22.2	0.0925	48.9	12.2	1.27	
ОДМГА-138000/220	I	15	0.0362	19.2	4.78	0.5	升 压
	II	0	0	0	0	0	
	III	19.4	0.047	24.7	6.16	0.64	

9. 变压器型号表示意义

(1) $\frac{SJ}{(TM)}$ $\frac{S}{(T)}$ “三”相, $\frac{J}{(M)}$ “油”浸
自冷式。

(2) $\frac{SJL}{(TMT)}$ $\frac{S}{(T)}$, $\frac{J}{(M)}$ 同上, $\frac{L}{(T)}$ 防
“雷”装置。

(3) $\frac{SF}{(TD)}$ $\frac{S}{(T)}$ 同上, $\frac{F}{(D)}$ “风”冷。

(4) $\frac{SFL}{(TDF)}$ $\frac{S}{(T)}$, $\frac{F}{(D)}$, $\frac{F}{(T)}$ 均同上。

(5) $\frac{SG}{(TC)}$ $\frac{S}{(T)}$ “三”相, $\frac{G}{(C)}$ “干”式。

(6) $\frac{SFSLZ}{(TDTHF)}$ $\frac{S}{(T)}$ “三”相, $\frac{F}{(D)}$ “风”
冷, $\frac{S}{(T)}$ “三”卷, $\frac{L}{(T)}$ 防“雷”, $\frac{Z}{(H)}$ 载分接开
关。

(7) $\frac{SJSL}{(TMTF)}$ $\frac{S}{(T)}$ “三”相, $\frac{J}{(M)}$ “油”
浸自冷, $\frac{S}{(T)}$ “三”卷, $\frac{L}{(T)}$ 防“雷”装置。

(8) $\begin{matrix} \text{SFSL} \\ (\text{ТДТФ}) \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{S} \\ (\text{T}) \end{matrix}$, $\begin{matrix} \text{S} \\ (\text{T}) \end{matrix}$, $\begin{matrix} \text{L} \\ (\Gamma) \end{matrix}$ 同上。

$\begin{matrix} \text{F} \\ (\text{Д}) \end{matrix}$ “风”冷。

(9) $\begin{matrix} \text{DFSL} \\ (\text{ОДТФ}) \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{D} \\ (\text{O}) \end{matrix}$ “单”相 $\begin{matrix} \text{F} \\ (\text{Д}) \end{matrix}$, $\begin{matrix} \text{S} \\ (\text{T}) \end{matrix}$ 、

$\begin{matrix} \text{L} \\ (\Gamma) \end{matrix}$ 同上。

(10) $\begin{matrix} \text{DFL} \\ (\text{ОДГ}) \end{matrix}$ 均同上。

10. 三卷变压器的短路电压

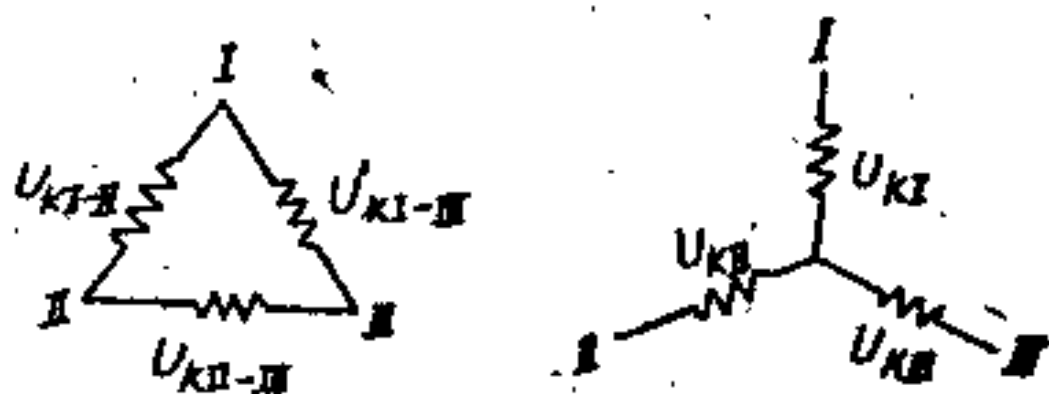


图 15

$$U_{KI} = 0.5(U_{KI-II} + U_{KI-III} - U_{KII-III})$$

$$U_{KII} = 0.5(U_{KII-III} + U_{KI-III} - U_{KI-II})$$

$$U_{KIII} = 0.5(U_{KII-III} + U_{KI-II} - U_{KI-III})$$

四、发电机的阻抗

1. 对于发电机参数不全时，可取 X'' 的平均值为12.5%计算

容量 (瓩)	功率因数	不同基准电压下的欧姆电抗		
		37千伏	115千伏	230千伏
6000	0.8	22.8	220	88.0
12000	0.8	11.4	110	44.0
25000	0.8	5.48	52.8	211
30000	0.8	4.56	44	176
50000	0.8	2.74	26.4	105.5
100000	0.85	1.46	14.0	56.0
150000	0.9	1.03	9.9	39.6
200000	0.9	0.77	7.42	29.7

2. 国产仿捷发电机(上海电机厂出品)之电抗

型 号	容 量 (瓩)	功率因数	不同基准电压下的磁阻电抗			次暂态电抗 X_d'
			37千伏	115千伏	230千伏	
4H5466/2	6000	0.8	22.2	215	860	12.2%
4H5674/2	12000	0.8	11.0	105.6	422	11%
TOC6075/2	25000	0.8	7.23	69.7	279	16.5%

3. 苏式发电机之电抗值

型 式	U_H (千伏)	$\cos \varphi_H'$	X_d'' (%)	不同基准电压下的欧姆电抗		
				37 千伏	115 千伏	230 千伏
T2-2.5-2	6.3	0.8	9.13	40	386	1545
T2-3.5-2	6.3	0.8	11.7	36.7	353	1410
T2-4-2	6.3	0.8	11.0	30.1	290	1160
T2-6-2	6.3	0.8	12.0	21.9	211	843
T2-12-2	6.3	0.8	11.5	10.5	101	404
T2-12-2	10.5	0.8	13.1	12.0	115	460
T2-25-2	6.3	0.8	12.7	5.56	53.6	214
T1-25-2	10.5	0.8	13.1	5.73	55.3	221
T1-50-2	10.5	0.85	12.8	2.98	28.7	115
T2-100-2	15.75	0.9	11.6	1.43	13.8	55.2
TB2-30-2	10.5	0.8	15.2	5.55	53.5	214
TB2-30-2	6.3	0.8	14.8	5.40	52.0	208
TB-50-2	10.5	0.8	13.4	2.94	28.3	113
TB-100-2	15.75	0.85	12.1	1.41	13.6	54.4
TB2-100-2	13.8	0.85	13.8	1.61	15.5	62.0
TB2-150-2	18.0	0.90	12.2	1.00	9.7	38.8

附 录

一、除 ACO 型导线外，所有的导线阻抗及电纳均系摘自1955年苏联电工手册中译本第一卷，208~210页。

二、ACO 型导线之参数摘自上海电力设计院1956年5月30日技术报导线路部分第13期。

三、公式汇编参考书

1. 斯·阿·烏里揚諾夫著“电力系统短路”。
2. 北京电力设计院出版之设计手册，
 - (1) 大接地系统的接地保护装置设计手册，
 - (2) 相间电流电压保护装置设计手册，
 - (3) 距离保护装置设计手册，
 - (4) 平行线路横连差动保护装置设计手册，
 - (5) 距离保护装置典型计算设计手册，
 - (6) 双侧电源线路及母线三相自动重合闸装置设计手册，
 - (7) 母线保护装置设计手册，
 - (8) 高频保护装置设计手册，
 - (9) 小电流接地系统的接地保护装置设计手册。
3. 阿·姆·費多賽也夫著“电力系统的继电保护”中译本下册。

四、第一机械工业部1958年电器产品样本。