

关于小电流接地的地区电网 距离保护的改进意见

沈阳电业局 郭象容

小电流接地的地区电网，在整个电力系统中也占着相当重要的位置。其一般线路的电流保护和电流、电压保护都是采用A、C两相电流互感器的接线方式，它具有接线简单及在两点接地故障时又有三分之二机会切除一个故障点的优越性。随着电力网的发展，当出现保护选择性和灵敏度不满足要求后，即要装设距离保护。过去我们曾使用过仿苏GH-02型距离保护装置，发现有动作慢，可靠性差，出口三相短路有死区及装置接线比较复杂，不利于维护等缺点。

文化大革命以来，沈阳电业局继电保护工作同志，把苏联II3-153的设计原理同沈阳电网运行经验的实际进行对比，破除迷信，解放思想，自己动手，先后改制加装了十三套采取不随故障进行电流电压切换，没有零序电流补偿的由三块有记忆作用的方向阻抗继电器构成的一、二段简化距离保护装置。（其中有采用两相电流互感器的接线方式，也有采用三相电流互感器的接线方式）并配备过电流保护及操作和重合闸等装于一个屏上。从一九七二年以来，据不完全统计，这些简化距离保护装置有六套共正确动作十三次，成功地切除了本线路的故障，全部都没有发生过线路故障拒动或越级误动。但也有一次是由于一次系统失去电压，距离保护的断线闭锁此时不起作用，使两套简化距离误动作。后来，对这些简化距离保护装置都采取了过电流闭锁的措施，防止了此类误动作再行发生。

通过几年的实践，说明这样的简化距离保护基本上能适应目前地区电网的运行要求，而且有回路简单，无出口三相短路死区及维护，调试比较容易等优点。

小电流接地的地区电网，到底应装设什么样的距离保护？这须从地区电网的实际故障情况出发。最近我们对沈阳地区小电流接地系统的故障情况初步进行了一次分析。从一九七〇年到一九七七年三月末的七年间共发生152次线路故障。其中：有136次是只跳掉一条线路，系统即恢复正常。上述简化距离保护的13次动作均属于之。跳闸原因有由于打雷，大风，外力破坏及误操作等原因造成的三相及两相的相间故障。但并不排除一条线路上的两点接地故障（不论是同时发生，还是由于一点先接地致使其他两相电压升高发展而成），在多数情况下，两接地点间的距离是相近的，没有超出一条线路的范围，经查有的就在一个铁塔上，有的在相邻近的两个铁塔上，这也完全符合地理环境上的影响

因素。而在小电流接地系统中，两相短路和同一地点的两相接地短路，相电流和母线的相间电压是相同的。这一点很重要。还有14次跳闸故障的原因是先发生单相接地，然后发展成相间接地故障，这当中有13次是跳开一回线，系统即恢复正常。只有1次是同时跳开同一母线的两条线路，系统才恢复正常，仅这次存在不同线路上两点接地故障的可能性。另外有2次跳闸故障是首先一点接地，随即发展成大面积污闪的多点接地故障，一下就有几套乃至十几套保护动作，同时跳开好多条线路。

实际情况表明：小电流接地系统的故障多为相间短路（包括两相邻近点不同相别接地短路），而相距较远点的两点接地故障虽有，但机会甚少。据知，其他兄弟单位的运行情况也大致相似。所以要不要象仿苏的GH—02保护那样，专门为这种少见故障而致使保护复杂化就值得研究了。经了解，有的地区为了避免GH—02保护装置的缺点，在小电流接地系统中干脆就用了大电流接地系统的距离保护装置，经过实际运行的考验也证明基本是可行的。

最近，沈阳电业局继电一次组在东北电管局的调度局和技改局的直接领导与具体组织下，参加了同许昌继电器研究所关于试制小电流接地系统距离保护的协作。遵照毛主席关于“**要从客观存在的实际出发**”的教导，除总结了一些现场实际运行经验外，还考虑到以下一些改进意见。

1. 目前小电流接地系统的距离保护多为三相电流互感器的接线方式，往往使增设距离保护要相应安装一次设备——B相电流互感器。要重新敷设电缆。这就为增设距离保护带来了困难。因此，原则上不考虑使用B相电流互感器。采取 $U_{AB}/I_A - (-I_A - I_C)$ ； $U_{BC}/(-I_A - I_C) - I_C$ ； $U_{CA}/I_C - I_A$ 的假B相三相式接线方式。

有必要对小电流接地系统中发生最多的各种两相短路（包括同一地点两相短路接地）及三相短路时，其动作性能进行分析：

两相短路以BC相为例：

$$\dot{I}_{KB} = -\dot{I}_{Kc} \quad \dot{I}_{KA} = 0$$

$$\text{母线电压} \quad \dot{U}_{BC} = (\dot{I}_{KB} - \dot{I}_{Kc}) Z_{K1} = -2\dot{I}_{Kc} Z_{K1}$$

$$\text{测量阻抗} \quad Z_{cl} = \frac{\dot{U}_{BC}}{(-\dot{I}_{KA} - \dot{I}_{Kc}) - \dot{I}_{Kc}} = Z_{K1}$$

Z_{K1} 为母线到故障点间的线路正序阻抗

三相短路时

$$-\dot{I}_{KA} - \dot{I}_{Kc} = \dot{I}_{KB}$$

以BC相元件为例，测量阻抗为

$$Z_{cl} = \frac{(\dot{I}_{KB} - \dot{I}_{Kc}) Z_{K1}}{(-\dot{I}_{KA} - \dot{I}_{Kc}) - \dot{I}_{Kc}} = Z_{K1}$$

显而易见，此种接线方式的距离保护，对两相短路，对同一地点的两相短路接地，对三相短路，保护范围完全一致，测量阻抗正确，解决了主要问题。

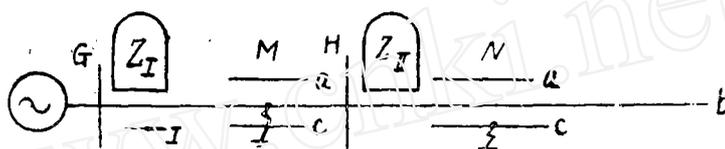
2. 对于保护装置, 关键是切除故障。至于在两点接地时要三分之二机会切除一个故障点则是次要的。若是针对小电流接地系统的特殊性, 在此时可以而且需要保留线路的话, 那为什么非要保留B相接地的线路呢? 似乎从线路送电的重要程度出发更恰当些。

现有的小电流接地系统的距离保护, 是靠自身电流、电压的切换及逻辑回路采取不完全循环闭锁的办法来解决两点接地故障时的测量阻抗正确及三分之二机会保留B相接地线路。但认真分析起来, 并不能完全保证测量阻抗的正确及保护的选择性, 而且保留的B相接地线路也不可能正是希望保留的线路。

那么采用假B相三相式接线方式的距离保护在各种两点接地故障时动作性能又如何呢?

①单电源串级线路两不同地方的两点接地故障时:

第一种情况: 远处故障点发生在距离保护通入电流的一相(如C相)。



在G母线

$$\begin{aligned} \dot{I}_{Ka} &= 0 & \dot{I}_{Kb} &= -\dot{I}_{Kc} \\ \dot{U}_{Gbc} &= \dot{I}_{Kb} (Z_{GM1} - Z_{GMm} + Z_{MN1} + Z_{GM1} - Z_{GMm}) \\ &= \dot{I}_{Kb} [2(Z_{GM1} - Z_{GMm}) + Z_{MN1}] \\ &= \dot{I}_{Kb} [2Z_{GM1} + Z_{MN1}] \end{aligned}$$

其中 Z_{GM1} , Z_{MN1} 为GM段及MN段线路每相的自阻抗; Z_{GMm} 为GM段线路相对相间的平均互感阻抗; Z_{GM1} 为GM段线路的正序阻抗(以后标志的意义相同, 不再另注)

G母线保护 Z_I 的BC相元件测量阻抗

$$Z_{Icl} = \frac{\dot{U}_{Gbc}}{2 \dot{I}_{Kb}} = Z_{GM1} + \frac{1}{2} Z_{MN1}$$

在H母线

$$\begin{aligned} \dot{U}_{HB} &= 0 \\ \dot{U}_{Hc} &= -\dot{I}_{Kb} Z_{HN1} \\ \dot{U}_{Hbc} &= \dot{I}_{Kb} Z_{HN1} \end{aligned}$$

H母线保护 Z_I 的BC相元件测量阻抗

$$Z_{Icl} = \frac{\dot{I}_{Kb} Z_{HN1}}{2 \dot{I}_{Kb}} = \frac{1}{2} Z_{HN1}$$

有架空地线 $Z_{Icl} = 0.65 Z_{HN1}$

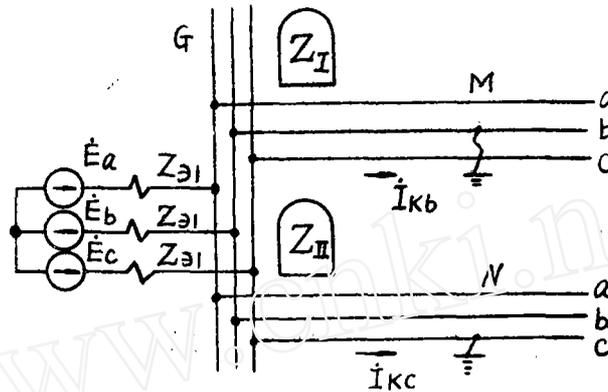
无架空地线 $Z_{IcL} = 0.9Z_{HN1}$

第二种情况：远处故障点发生在距离保护未通入电流的B相。

此时保护Z_I因无电流，不动作。

保护Z_I测量阻抗同第一种情况，只有靠保护Z_I切除故障。

②单电源同一母线上两条线路不同相别接地故障时：



Z_{s1} 为电源正序等价阻抗

第一种情况：M点为B相接地，N点为C相接地。

$$\dot{I}_{Kb} = -\dot{I}_{Kc}$$

$$\dot{I}_{Kb} = \frac{\dot{U}_{Gb} - \dot{U}_{Gc}}{Z_{GM1} + Z_{GN1}}$$

保护Z_{II}因无B相电流互感器，不反映故障，故不动作。

保护Z_I中以BC相元件最为灵敏，其测量阻抗为：

$$Z_{IcL} = \frac{\dot{U}_{Gb} - \dot{U}_{Gc}}{-2\dot{I}_{Kc}} = \frac{1}{2}(Z_{GM1} + Z_{GN1})$$

看出其测量阻抗随M点离母线距离的远近而增加或缩短，使保护范围减少或伸长。

第二种情况：M点为A相接地，N点为C相接地。

$$\dot{I}_{Ka} = -\dot{I}_{Kc} = \frac{\dot{E}_a - \dot{E}_c}{Z_{GM1} + Z_{GN1} + 2Z_{s1}}$$

保护Z_I的AB相元件测量阻抗：

$$\begin{aligned} Z_{IcL}_{AB} &= \frac{\dot{U}_{Ga} - \dot{U}_{Gb}}{2\dot{I}_{Ka}} = \frac{\dot{E}_a - \dot{E}_b - \dot{I}_{Ka}Z_{s1}}{2\dot{I}_{Ka}} \\ &= \frac{\dot{E}_a - \dot{E}_b}{2(\dot{E}_a - \dot{E}_c)}(Z_{GM1} + Z_{GN1} + 2Z_{s1}) - \frac{1}{2}Z_{s1} \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} (Z_{GM1} + Z_{GN1}) e^{j^{0^{\circ}}} + j\sqrt{\frac{3}{2}} Z_{\theta 1}$$

同理可求出保护 Z_I 的BC相及CA相元件测量阻抗

$$Z_{BC}^{IcL} = (Z_{GM1} + Z_{GN1}) e^{j^{120^{\circ}}} + j\sqrt{\frac{3}{2}} Z_{\theta 1}$$

$$Z_{CA}^{IcL} = Z_{GM1} + Z_{GN1}$$

看出保护 Z_I 中可能CA相元件最灵敏(但根据系统情况及距离元件的特性,也可能AB相元件稍灵敏一些)。然而保护灵敏度都减少了,保护范围将有所缩短。

同理可求出保护 Z_{II} 的各相元件测量阻抗:

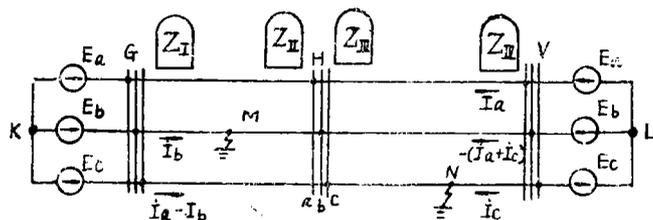
$$Z_{CA}^{IIcL} = Z_{GM1} + Z_{GN1}$$

$$Z_{BC}^{IIcL} = \frac{1}{2} (Z_{GM1} + Z_{GN1}) e^{-j^{60^{\circ}}} - j\sqrt{\frac{3}{2}} Z_{\theta 1}$$

$$Z_{AB}^{IIcL} = \frac{1}{2} (Z_{GM1} + Z_{GN1}) e^{-j^{120^{\circ}}} - j\sqrt{\frac{3}{2}} Z_{\theta 1}$$

保护范围也缩短了。

③双端电源两点接地故障时



为抓住实质,简化计算,假定两侧电源的电势大小相同,相位一致。按上图所示的故障,划出如图所示的电流 \dot{I}_a , \dot{I}_b , \dot{I}_c 。

求V母线的电压

$$\dot{U}_B = -(\dot{I}_a + \dot{I}_c) Z_{VM1} + \dot{I}_a Z_{VMm} + \dot{I}_c Z_{VNm} - (\dot{I}_a - \dot{I}_b) Z_{MNm}$$

$$= -\dot{I}_a Z_{VM1} - \dot{I}_c Z_{VN1} - \dot{I}_c Z_{MN1} - \dot{I}_a Z_{MNm} + \dot{I}_b Z_{MNm}$$

$$\dot{U}_C = \dot{I}_c Z_{VN1} + \dot{I}_a Z_{VNm} - (\dot{I}_a + \dot{I}_c) Z_{VNm}$$

$$= \dot{I}_c Z_{VN1}$$

$$\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C$$

$$= (-\dot{I}_a - 2\dot{I}_c) (Z_{VN1} + \frac{1}{2} Z_{MN1}) - \frac{1}{2} \dot{I}_a Z_{MN1} + \dot{I}_b Z_{MNm}$$

保护 Z_{II} 的BC相元件测量阻抗为:

$$Z_{\#CL} = \frac{\dot{U}_{PC}}{-\dot{I}_a - 2\dot{I}_c}$$

$$= Z_{VN1} + \frac{Z_{MN1} \left(1 + \frac{\dot{I}_c}{\dot{I}_a}\right) - \frac{\dot{I}_b}{\dot{I}_a} Z_{MNm}}{1 + 2 \frac{\dot{I}_c}{\dot{I}_a}}$$

有必要求出 \dot{I}_a 、 \dot{I}_b 、 \dot{I}_c 之间关系。

$$\dot{U}_{LK} = \dot{I}_a Z_{1\Sigma} - (\dot{I}_a - \dot{I}_c) Z_{LMm} - \dot{I}_b Z_{KMm} + \dot{I}_c Z_{LNm} - (\dot{I}_a - \dot{I}_c) Z_{KNm}$$

$$= \dot{I}_a (Z_{1\Sigma} - Z_{LMm} - Z_{KNm}) + \dot{I}_b (-Z_{KMm} + Z_{KNm}) + \dot{I}_c (Z_{LNm} - Z_{LMm})$$

$$\dot{U}_{LK} = -(\dot{I}_a + \dot{I}_c) Z_{LM1} - \dot{I}_b Z_{KM1} + \dot{I}_a Z_{m\Sigma} + \dot{I}_c Z_{LNm} - (\dot{I}_a - \dot{I}_c) Z_{KNm}$$

$$= \dot{I}_a (-Z_{LM1} + Z_{m\Sigma} - Z_{KNm}) + \dot{I}_b (Z_{KNm} - Z_{KM1}) + \dot{I}_c (Z_{LNm} - Z_{LM1})$$

$$\dot{U}_{LK} = \dot{I}_c Z_{LN1} - (\dot{I}_a - \dot{I}_b) Z_{KN1} + \dot{I}_a Z_{m\Sigma} - (\dot{I}_a + \dot{I}_c) Z_{LMm} - \dot{I}_b Z_{KMm}$$

$$= \dot{I}_a (-Z_{KN1} + Z_{m\Sigma} - Z_{LMm}) + \dot{I}_b (Z_{KN1} - Z_{KMm}) + \dot{I}_c (Z_{LN1} - Z_{LMm})$$

将以上三式归并可得：

$$\dot{I}_a (Z_{1\Sigma} + Z_{LM1}) = \dot{I}_b (-Z_{KM1}) + \dot{I}_c (-Z_{LM1})$$

$$\dot{I}_a (Z_{1\Sigma} + Z_{KN1}) = \dot{I}_b (Z_{KN1}) + \dot{I}_c (Z_{LN1})$$

可求得：

$$\frac{\dot{I}_b}{\dot{I}_a} = \frac{\begin{vmatrix} Z_{1\Sigma} + Z_{LM1} & -Z_{LM1} \\ Z_{1\Sigma} + Z_{KN1} & Z_{LN1} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -Z_{KM1} & -Z_{LM1} \\ Z_{KN1} & Z_{LN1} \end{vmatrix}} = \frac{3Z_{LN1} + 2Z_{MN1}}{Z_{MN1}}$$

$$\frac{\dot{I}_c}{\dot{I}_a} = \frac{\begin{vmatrix} -Z_{KM1} & Z_{1\Sigma} + Z_{LM1} \\ Z_{KN1} & Z_{1\Sigma} + Z_{KN1} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -Z_{KM1} & -Z_{LM1} \\ Z_{KN1} & Z_{LN1} \end{vmatrix}} = \frac{-3Z_{KM1} - 2Z_{MN1}}{Z_{MN1}}$$

$$\text{则 } Z_{\#CL} = Z_{VN1} + \frac{(3Z_{LN1} + 2Z_{MN1})Z_{MN1} + (3Z_{KM1} + 2Z_{MN1})Z_{MNm}}{6Z_{KN1} + 3Z_{MN1}}$$

$\therefore Z_0 - Z_1 = 3Z_m$ (Z_0 为线路零序阻抗)

$$\text{故 } Z_{\#CL} = Z_{VN1} + \frac{3Z_{KM1} + Z_{MN1}}{6Z_{KM1} + 3Z_{MN1}} \cdot Z_{MN1} + \frac{Z_{LN1} + Z_{MN1} + Z_{KM1}}{6Z_{KM1} + 3Z_{MN1}} \cdot (Z_{MN0} - Z_{MN1})$$

无架空地线 $Z_0 = 3.5Z_1$

$$Z_{\#CL} = Z_{VN1} + \frac{5.5Z_{KM1} + 3.5Z_{MN1} + 2.5Z_{LN1}}{6Z_{KM1} + 3Z_{MN1}} \cdot Z_{MN1}$$

有架空地线 $Z_0 = 2.0Z_1$

$$Z_{\#CL} = Z_{VN1} + \frac{4Z_{KM1} + 2Z_{MN1} + Z_{LN1}}{6Z_{KM1} + 3Z_{MN1}} \cdot Z_{MN1}$$

同理可以求出:

保护 Z_{I} 的BC相元件测量阻抗

$$Z_{\text{IcL}} = Z_{\text{GM}_1} + \frac{3Z_{\text{LN}_1} + Z_{\text{MN}_1}}{6Z_{\text{LN}_1} + 3Z_{\text{MN}_1}} \cdot Z_{\text{MN}_1} + \frac{Z_{1\Sigma}}{6Z_{\text{LN}_1} + 3Z_{\text{MN}_1}} (Z_{\text{MN}_0} - Z_{\text{MN}_1})$$

保护 Z_{II} 的BC相元件测量阻抗

$$Z_{\text{IIcL}} = \frac{3Z_{\text{KM}_1} + Z_{\text{MN}_1}}{6Z_{\text{LN}_1} + 3Z_{\text{MN}_1}} \cdot Z_{\text{MH}_1} + \frac{3Z_{\text{LN}_1} + Z_{\text{MN}_1}}{6Z_{\text{LN}_1} + 3Z_{\text{MN}_1}} \cdot Z_{\text{HN}_1} + \frac{Z_{1\Sigma}}{6Z_{\text{LN}_1} + 3Z_{\text{MN}_1}} (Z_{\text{MN}_0} - Z_{\text{MN}_1})$$

保护 Z_{III} 的BC相元件测量阻抗

$$Z_{\text{IIIcL}} = -Z_{\text{IIcL}}$$

保护 Z_{II} 不会动作。

假若M点是A相接地, 则保护 Z_{II} 的CA相元件测量阻抗为:

$$Z_{\text{IIcL}} = \frac{3Z_{\text{KM}_1} + Z_{\text{MN}_1}}{3Z_{\text{LN}_1} - 3Z_{\text{KM}_1}} \cdot Z_{\text{MH}_1} + \frac{3Z_{\text{LN}_1} + Z_{\text{MN}_1}}{3Z_{\text{LN}_1} - 3Z_{\text{KM}_1}} \cdot Z_{\text{HN}_1} + \frac{Z_{1\Sigma}}{3Z_{\text{LN}_1} - 3Z_{\text{KM}_1}} (Z_{\text{MN}_0} - Z_{\text{MN}_1})$$

保护 Z_{III} 的CA相元件测量阻抗

$$Z_{\text{IIIcL}} = \frac{3Z_{\text{KM}_1} + Z_{\text{MN}_1}}{3Z_{\text{KM}_1} - 3Z_{\text{LN}_1}} \cdot Z_{\text{MH}_1} + \frac{3Z_{\text{LN}_1} + Z_{\text{MN}_1}}{3Z_{\text{KM}_1} - 3Z_{\text{LN}_1}} \cdot Z_{\text{HN}_1} + \frac{Z_{1\Sigma}}{3Z_{\text{KM}_1} - 3Z_{\text{LN}_1}} (Z_{\text{MN}_0} - Z_{\text{MN}_1})$$

综合以上的分析, 采取假B相A、C两电流互感器式接线构成的距离保护, 只要在整定中予以必要注意的话, 在单电源幅射线路和同一母线两条线路两点接地故障的大多数情况下, 基本是可以满足选择性要求的, 也具有不反映B相接地的特点。但若特殊要求, 尤其是对双电源的串级线路, 可以在必要的线路上采用三相电流互感器, 引出 $3I_0$, 配备零序电流(速断或限时)保护进行辅助, 将是保证选择性的有效办法。这样, 对相间故障, 采用距离保护; 对两不同点的接地故障, 采用零序电流保护, 两者都兼顾而且简单可靠了。过去东北主网 154kV 小电流接地系统中就是在GH—02型距离保护外又加了零序电流保护, 以保证两不同点接地时的选择性, 收到了实效, 积累了经验。

3. 目前小电流接地系统的距离保护, 其一二段测量元件多为单系统形式, 要随不同故障切换接入相应的电流、电压, 使得装置接线复杂化了, 降低了保护装置的动作可靠性, 增加了回路故障点和调试工作量, 也延长了动作时间, 不如采用三个阻抗继电器构成一、二段测量元件为好。

4. 目前小电流接地系统的距离保护测量元件, 多为全阻抗继电器, 需配备功率方向元件判别故障方向, 虽然增加了装置中的元件数量, 但由于(大多数)没有记忆作用, 在线路出口三相短路时存在死区, 尤其在 66V 以下电压等级的地区电网中, 有的输电线路很短, 线路末端短路时, 母线残压很低, 此问题更严重。因此, 在假B相三相式接线方式构成的距离保护中, 测量元件拟采用动作快速, 具有记忆作用的方向阻抗继电器。

器。既保证方向性，又消除了出口短路的死区。一般地区电网中，线路背后的等值阻抗都较大，正好便于利用方向阻抗继电器的动态特性，使出口短路时动作可靠，并有利于解决弧光电阻问题。

并针对地区电网线路较短的特点，对阻抗继电器提出应具有较小起动电压，比如1伏，及整定值下限为0.1欧/相的要求。

当然对于特短线路，如果采用专门的短线路保护作主保护，距离保护做后备保护，就更完善了。

5.从分析假B相三相式接线的距离保护在小电流接地系统中两不同点接地故障时动作性能可知，这时距离保护的测量阻抗往往偏大，使保护灵敏度有所下降，为保证保护的选择性，距离保护应具有第三段，三段阻抗元件宜采用三个偏移特性阻抗元件构成。并按运行整定的要求向第三象限偏移，或由于躲负荷需要比较简便地改为向第一象限偏移。

6.目前小电流接地系统的距离保护，大多没有配备振荡闭锁装置。但是，根据我国电力系统的实际情况，无论超高压主网，还是地区电网，程度不同大都有振荡问题。同时也考虑到，在单电源或无振荡问题的线路上，为简化回路及防止一次失压的误动作，对距离保护采取过电流闭锁的措施也是恰当的。所以，我们认为新生产小电流接地系统的距离保护装置，应考虑保护的完善及减少品种，则振荡闭锁和过电流闭锁两者应都配备，使用跨线进行捣换即可。

至于具体的振荡闭锁装置，现在采用的负序电流（不用零序电流）增量元件构成的振荡闭锁装置已有比较成熟的经验，拟采用之。

7.关于保护的逻辑回路及后加速方式，我们认为，为便于现场人员的掌握及维护，直接引用超高压网距离保护的逻辑是适宜的。

但也考虑到小电流接地系统，在单相接地后会可能很快发展成相间短路接地的特点，拟在负序电流增量元件起动后，而第三段阻抗元件没有立刻动作，即保护范围内没有短路时，快速恢复距离一、二段的方式。

8.目前小电流接地系统的距离保护装置，大多自身已构成一面完整的保护屏，尚需再配备相间及零序电流保护，重合闸及开关操作继电器于另一面屏上，这往往由于受到控制室面积的限制，增加了新增设距离保护装置的困难。所以，我们认为应采用组合的方式，将距离保护、电流保护、重合闸及操作回路全部装于一面屏上。对于重合闸，拟采用不对应起动方式，对于操作回路，应考虑到液压机构开关的操作特点，配备油压下降闭锁开闸及闭锁合闸的继电器。

按照上述的原则，我们共同设计了LH—18型小电流接地系统距离保护装置，做为地区电网高压线路的相间短路的主保护和后备保护。其中六个阻抗元件装于一个箱内，振荡闭锁和距离保护的逻辑回路诸继电器装于另一箱内。并与LZ—1型电流、重合闸和操作箱组合，构成了PXH—02型线路保护屏。

其特点有：

1.距离保护采用假B相的三相式接线，取消了那种专门为不同地点两点接地这种少

见故障而设置的复杂切换回路，仍能基本保证在此种故障时保护装置动作的可靠性及一定的选择性。

2. 配备有零序电流保护，可通过跨线实现零序电流速断或限时的捣换，以备采用三相电流互感器，借助零序电流保护，切实保证两点接地故障时保护装置动作的可靠性及选择性。

3. 距离保护为三段式。

其一、二段测量元件采用三块LZ—21型无助磁、整流式，按相灵敏接线构成的带记忆作用的园特性方向阻抗继电器。动作方程式为：

$$\left| \dot{U}_K - \dot{U}_Y + \dot{U}_J \right| \geq \left| \dot{U}_K - \dot{U}_Y - \dot{U}_J \right|$$

并于面板设置联片，可方便地切换成功率方向元件，以备负荷电流检查其接线的正确性。

其三、三段测量元件采用三块LZ—22型无助磁、整流式，按双半波均压原理构成的偏移园特性阻抗继电器。动作方程式为：

$$\left| \dot{U}_{K_1} - \dot{U}_Y + \frac{\dot{U}_Y \mp \dot{U}_{K_2}}{K'} \right| \geq \left| \dot{U}_{K_1} - \dot{U}_Y - \frac{\dot{U}_Y \mp \dot{U}_{K_2}}{K'} \right|$$

并于面板设置联片，可方便地切换成向第三象限或第一象限偏移，以便于整定。

针对地区电网中短线路的整定问题，一、二段阻抗继电器的电抗变压器二次侧搞了中间抽头，使动作阻抗可在 $0.1 \sim 10^2 / \phi$ 或 $0.2 \sim 20^2 / \phi$ 范围内整定。LZ—21型阻抗继电器能满足最小动作电压不大于1伏的技术要求。

4. 距离保护的三段均可受LFL—3型负序电流增量继电器实现的振荡闭锁控制，能准确区分故障与振荡。能保证先振荡后操作以及电压回路故障或线路过负荷不误动作。还考虑了负序电流增量继电器起动后，保护范围内无短路，立即恢复距离保护一、二段的方式。

在没有振荡问题的线路上，可以通过跨线实现过电流闭锁距离保护的接线方式，同样能防止失压误动。

5. 整套保护无论对于是否采用振荡闭锁装置，均可通过跨线实现以下的重合闸后加速方式：

- ①距离保护二段（或三段）瞬时后加速，
- ②故障切除后，恢复距离一、二段运行，
- ③故障切除后，将距离二段（或三段）改为延时1.0~1.5秒的方式。

保护装置具备不经振荡闭锁的手合闸后加速回路。

6. 距离保护还设有电压回路断线闭锁装置，它动作后发出信号并延时闭锁整组距离保护，但不会因其接于零序电压回路的极性接反而影响距离保护在系统故障时的动作性能。

7. 任一阻抗元件异常动作（包括过负荷，失压及元件本身故障等）时，能延时闭锁距离保护并发出信号。

8.整套保护装置除三段式距离保护及零序电流(速断及限时)保护外,还配备有相电流速断与过电流保护,做为后备保护。过电流保护并兼做距离保护的起动元件。

9.三相一次重合闸采用不对应起动方式,并能实现检查无电压或同期重合的方式。操作回路考虑了与液压或空气开关配合的相应闭锁继电器。

10.整套保护及重合闸的投断压板,距离保护的总闭锁复归按钮FA,重合闸试验按钮CA及信号继电器复归按钮XFA,均装于屏正面,便于运行人员操作。

现在小电流接地系统的LH—18型距离保护装置及PXH—02线路保护屏的总体设计已基本完成,正准备投入试制,望请多提宝贵意见,以便进行改进,早日正式投入生产,满足小电流接地的地区电网对距离保护的需要。