

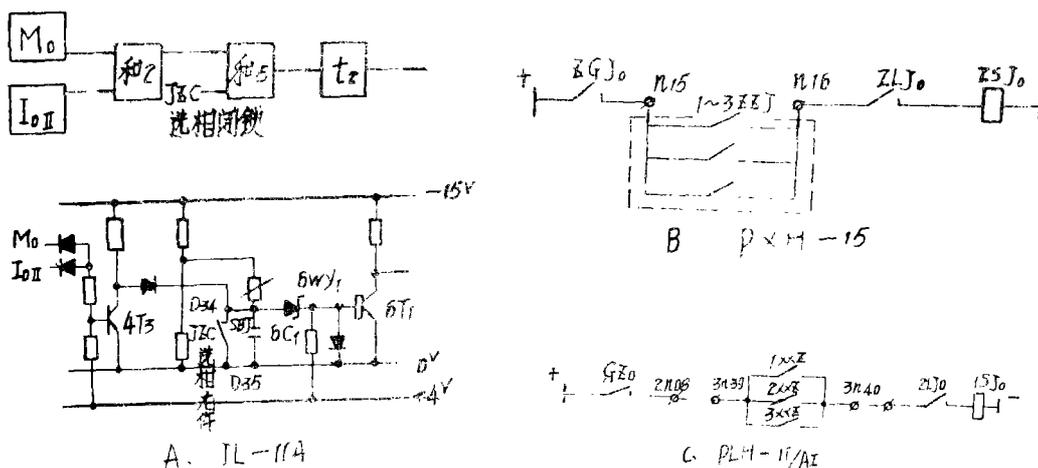
# 线路另序电流保护经选相元件闭锁的探讨

安徽省电力中调所 吴运祥

## 内 容 提 要

目前我国 $220^{KV}$ 电网中线路另序电流保护常用的一些装置均有另序电流II段可经重合闸选相元件闭锁的回路,供运行单位选择使用。如何正确使用这闭锁回路是值得推敲的。本文试图说明此回路的利与弊,必须慎重考虑后方可采用。由于水平所限,错误在所难免,望指正。

目前我国一些继电器厂生产的 $220^{KV}$ 线路另序电流保护装置中,另序电流II段均设有可经综合重合闸中选相元件闭锁的接线,供整定运行单位选择使用。如南京自动化设备厂生产的IL-11A,上海继电器厂生产的PLH-11/AI以及许昌继电器厂生产的PXH-15等装置均设有经或不经闭锁的回路(图一)。



图一、几种装置中另序电流II段可经选相元件闭锁回路图

对是否接入此闭锁回路尚未取得一致意见。但如何正确使用这个闭锁回路是必须清楚,经过一些详细计算,权衡利弊方可接入。否则影响电力系统的安全运行,后果严重。1980年7月27日我省发生的“7.27”事故,一是整定管理混乱,二是因 $220^{KV}$ 线路另序II段中大部分接入了选相元件闭锁,而一条线路的选相元件拒动,造成了方向另序

Ⅱ段保护拒动，使相邻线路方向另序电流Ⅲ段动作跳闸，系统稳定破坏，瓦解。事故后我们根据我省情况全部解除了此闭锁回路。

## 一、选相元件闭锁方向另序电流Ⅱ段的由来

我国220<sup>kV</sup>线路一般输电距离长，负荷重，系统联系薄弱，线路90%左右是单相瞬时性接地故障。因此一般普遍使用单相重合闸。这给保证安全发供电带来了良好的效果。但是由于使用单相重合闸也给系统带来了一些需要考虑的问题。如在单相重合闸过程中线路二侧的系统只由二个健全相联系着输送负荷。由于线路长、系统联系弱可能出现非同期振荡。这样在线路中出现较大的另序电流、负序电流，特别是另序电流。它的大小与二侧电源的摆角有关，一般可由下式计算：

$$I_{0YY} = \frac{\dot{E}_M - \dot{E}_N}{Z_{1YY} + 2Z_{0YY}} \quad \dots\dots (1)$$

如考虑到 $\dot{E}_M$ 、 $\dot{E}_N$ 两者相等，只是二者相角变化，一般简化成：

$$I_{0YY} = \frac{2 \cdot I \Sigma \cdot \delta / 2}{Z_{1YY} + 2Z_{0YY}} \quad \dots\dots (2)$$

式中： $\dot{E}_M$ 、 $\dot{E}_N$ —线路二侧系统等值电势。

$Z_{1YY}$ 、 $Z_{0YY}$ —正序和另序开路阻抗。

单回线  $Z_{1YY} = Z_{1M} + Z_{1A} + Z_{1N}$ 。

$Z_{0YY} = Z_{0M} + Z_{0A} + Z_{0N}$ ，对于多回联络线或环并的电网根据选择运行方式后亦可将网络简化成等值的 $Z_{1YY}$ 、 $Z_{0YY}$ 。

$\delta$ —功角，即 $\dot{E}_M$ 、 $\dot{E}_N$ 间夹角。根据系统稳定计算取实际可能的最大 $\delta$ ，如无提供的最大 $\delta$ ，可按 $\delta = 180^\circ$ 来计算，则(2)式简化为：

$$I_{0YY} = \frac{2 \cdot I}{Z_{1YY} + 2Z_{0YY}} \quad \dots\dots (3)$$

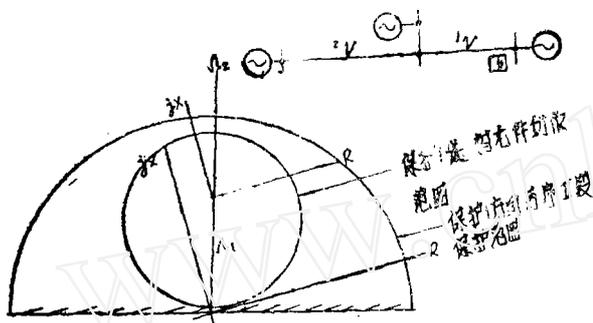
各元件中的另序电流按另序网络参数进行分配。如果线路中另序电流Ⅱ段的电流定值小于此电流定值，同时又为了保持本线路末端应有的灵敏度不能将电流定值加大时，一般将另序Ⅱ段接于重合闸“M”端子，这样即在单相重合闸过程中将另序Ⅱ段解除。这样在单重过程中健全相又发生接地故障，只有依靠快速保护或者待重合后加速来切除故障，如无快速保护则切除故障的时间加长了。其二是即使这样处理，在保护性能上做一些牺牲，但在相邻线路故障单重过程中产生的，分配在本线路中的另序电流也会使方向另序电流Ⅱ段动作误跳本线三相。（一般来说能躲过本线单重过程中的另序电流，也能躲过相邻线路的单重过程所产生的另序电流，但一些情况有所例外。）为了解决这个问题，即要求方向另序电流Ⅱ段在单重过程中不退出运行，又保证在相邻线路OATB过程中不误动，因此提出用重合闸装置中的选相元件闭锁方向另序电流Ⅱ段的措施，即用了此措施后，方向另序电流Ⅱ段电流定值不必躲过本线和相邻线路非全相运行时流

过本保护的另序电流，接重合闸“N”端子。

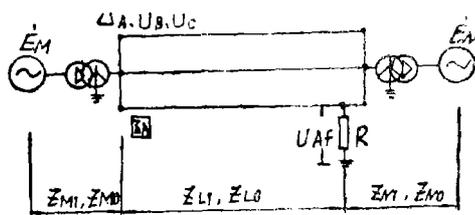
## 二、用选相元件闭锁方向另序电流Ⅱ段存在的问题

用选相元件闭锁方向另序电流Ⅱ段虽可解决整定计算中的一些问题。但这种办法问题较多，其弊远大于利，用得不好会造成保护的拒动，甚至实际上也达不到上述所要求的目的。

1. 用选相元件闭锁，是用选相元件的阻挠值来限制另序电流Ⅱ段保护范围（图二）。也即成为另序电流闭锁的接地距离保护。我们知道选相元件一般是采用  $Z = \frac{U_{AF}}{I_A + K3I_0}$  接线，目前接地距离元件存在不少问题，现就与本文有关的，它易受接地电阻影响来讨论。



图二



图三

以图三双侧电源A相经电阻R接地故障，故障相选相元件来看，

$$\begin{aligned} Z_A &= \frac{\dot{U}_A}{\dot{I}_A + K3I_0} \\ &= \frac{(\dot{I}_A + K3I_0)Z_{L1} + U_{AF}}{\dot{I}_A + K3I_0} \\ &= Z_{L1} + \frac{\dot{U}_{AF}}{\dot{I}_A + K3I_0} \\ &= Z_{L1} + \Delta Z_A \quad \dots\dots (4) \end{aligned}$$

故障前线路负荷电流  $I_F$ ：

$$I_F = \frac{\dot{E}_M - \dot{E}_N}{Z_{M1} + Z_{L1} + Z_{N1}}$$

故障点故障前的A相电压  $\dot{E}_{Af}$ ：

$$\dot{E}_{Af} = \frac{\dot{E}_M Z_{N1} + \dot{E}_N (Z_{M1} + Z_{L1})}{Z_{M1} + Z_{L1} + Z_{N1}}$$

A相故障流过电阻R的各序电流，

$$I_{1f} = I_{2f} = I_{0f} = \frac{\dot{E}_{Af}}{2Z_{1\sum} + Z_{0\sum} + 3R}$$

$$I_A = I_{A1} + I_{A2} + I_{A0} + I_F$$

$$= 2I_{1f} \frac{Z_{N1}}{Z_{M1} + Z_{L1} + Z_{N1}} + I_{0f} \frac{Z_{N0}}{Z_{M0} + Z_{L0} + Z_{N0}} + I_F$$

$$= 2I_{1f} C_1 + I_{0f} C_0 + I_F$$

$$= (2C_1 + C_0) I_{0f} + I_F$$

分支系数:  $C_1 = \frac{Z_{N1}}{Z_{M1} + Z_{L1} + Z_{N1}}$

$$C_0 = \frac{Z_{N0}}{Z_{M0} + Z_{L0} + Z_{N0}}$$

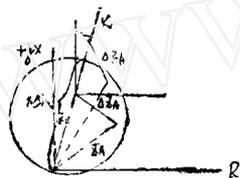
$$U_{Af} = I_{of} \cdot 3R$$

$$\therefore Z_A = Z_{L1} + \frac{U_{Af}}{I_A + K3I_0}$$

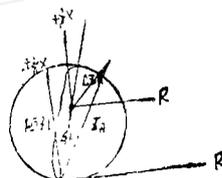
$$= Z_{L1} + \frac{3R \cdot I_{of}}{[(2C_1 + C_0)I_{of} + I_F] + K3I_{of}C_0}$$

$$= Z_{L1} + \frac{3R}{\frac{I_F}{I_{of}} + 2C_1 + (1 + 3K)C_0} \quad \dots\dots (5)$$

由(5)式看出  $Z_A$  随  $\frac{I_F}{I_{of}}$ 、短路点的远近变化而有不同的数值。例如在线路末端经接地电阻故障，在送电端和受电端的继电器感受阻抗显然不一样(图四)



A、末端经接地电阻故障，送电侧继电器感受阻绕。



B、末端经接地电阻故障，受电侧继电器感受阻绕。

图 四

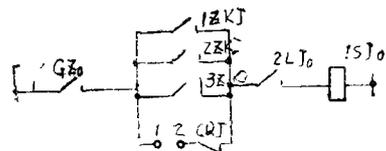
由图四看出  $\frac{U_{Af}}{I_A + K3I_0}$  做的选相元件受接地电阻影响较大，在送电侧继电器会出现较大的超越。而在受电侧由于接地电阻影响灵敏度下降。特别是短线路电阻占整个阻抗的比例很大，可能造成拒绝动作。做为选相元件出现超越关系不大，而用它来控制另序电流 II 段范围就会出现保护失配，也可以说原闭锁目的并未达到。

2. 用选相元件闭锁另序 II 段，选相元件的整定值就不能按常规  $Z_c = 1.5 Z_L$  进行整定，其整定值应能可靠躲过正常运行情况和重合闸过程中的感受阻抗，又要保证线路末端经电阻接地时有一定的容纳接地电阻的能力。后者要求整定值大，而整定值越大，在非全相时亦越可能误动。同时送电侧出现的超越和限制另序 II 段范围的要求，整定值又不能过大。因此在整定计算上必须推敲，考虑这些相互矛盾的因素，仔细计算，选取适当的数值。在长线路时，由于线路长，负荷重，系统联系薄弱，非全相运行时的另序分量大于线路末端金属性接地短路的另序分量，用选相元件闭锁另序 II 段似乎看来比较可行，但实际上此时选相元件整定往往较大亦不能保证在整个单相重合闸过程中能躲过负

荷阻抗，不会误动作。在中短线路，特别是短线路由于系统联系紧密，线路短路接地的另序分量往往大于单重过程中的另序分量。短线路接地电阻相对占阻抗的比例大，它对选相元件影响很大，整定计算时要考虑线路末端经 $20\sim$ 接地电阻故障时至少能相继动作，也就是取的整定值还是较大的。因此它在必要性与可能性均可能无什么实际意义。

继电保护上、下级之间除特殊情况外，必须遵循逐级配合的原则，即在灵敏度和重作时间上均应互相配合。相邻线路另序Ⅲ段与本线的另序Ⅱ段配合整定，在灵敏度与动作时间上是相配合的。当本线用选相元件闭锁来限制另序Ⅱ段动作范围，如仍按一般配合公式整定相邻线路另序Ⅲ段时，则相邻线路的另序Ⅲ段与本线的另序Ⅱ段虽在时间上是相配合的，但灵敏度却不配合。即当线路末端经接地电阻接地时 $Z_c$ 拒动，而导致相邻线路另序Ⅲ段动作跳闸。如用 $Z_c$ 闭锁，则相邻线路另序Ⅲ段必须与本线另序Ⅲ段或与选相元件相配合整定方可。由于保护动作原理不一致，各序助增系数不同，被保护元件另序补偿系数不同等等，进行配合整定是相当复杂与困难的。

3.从运行经验看出另序电流保护简单可靠，即使在有高频保护的线路上大部分接地故障由另序保护或同时由高频与另序保护切除跳闸。它与高频等快速保护比较，主要是简单可靠。用了选相元件闭锁后使其可靠性降低。选相元件在一些情况下可能拒绝动作，这就造成了另序保护Ⅱ段拒绝动作。在重合闸回路中考虑了保护动作而选相元件拒绝动作时的措施，即选相拒动，经一短时间跳开三相。而在另序保护加了选相元件闭锁时并未考虑选相拒动的措施。虽然在某些装置上也考虑了一些措施（图五），重合闸前不经选相元件闭锁，重合闸启动后经选相元件闭锁。但此时另序电流Ⅱ段必须与相邻线路躲非全相运行Ⅰ段相配合整定。一些线路由于稳定要求，在大潮流时停用重合闸，或者在检验、定期测试重合闸而停用重合闸时，应及时解除此闭锁回路操作较频繁，有时甚至遗忘，相当于解除了另序电流Ⅱ段。如果原用选相元件控制另序Ⅱ段范围，使其不伸入变压器中压侧等，则在解除此闭锁回路时，将引起系统整定的失配。



图五

### 三、结 束 语

从以上比较可看出，将选相元件接入另序电流Ⅱ段回路进行闭锁，其弊远大于利，给整定计算带来复杂，保护可靠性降低，运行维护不方便。同时考虑到选相元件的弊病，而实际上达不到理想的目的。只有在较少的情况下使用才能显示它的好处。使用时必须仔细按“110~220千伏电网继电保护与安全自动装置运行条例”有关条文进行整定。在保护上做改进，符合“条例”82条。不可不经计算采用。在整定计算中尽可能不予采用为好。

### 参 考 资 料

- 1.全国继电保护研究班：综合重合闸有关问题。
- 2.电力部生产司：110~220千伏电网继电保护与安全自动装置运行条例。