

# 微机距离保护振荡闭锁装置的研究

华北电力学院 高中德

**摘要** 本文提出了实现微机距离保护振荡闭锁装置的一种新原理。采用这种原理能可靠地区分短路故障与振荡,使距离保护在任何时候都具备快速切除区内故障的能力,克服了常规的振荡闭锁装置的弊病。

根据该原理编制的实用性程序,经动模试验证明原理是正确的,工作是可靠的。文章还简要地介绍了程序的原理性框图及动模试验结果。

## 前言

由华北电力学院与河北省电力局联合研制的我国第一套微机距离保护装置,于1984年4月27日投入华北电网试运行以来,已有半年多了。从半年来的试运行情况看,该套微机距离保护装置的运行情况良好,工作是可靠的。在所遇到的外部故障情况下,动作正确。它的试运行,为微机保护在我国推广使用积累了经验。1984年11月,该微机距离保护正式通过技术鉴定。

常规的模拟型振荡闭锁装置,由于原理上的局限性,存在着很大的弊病。因此,对距离保护振荡闭锁的研究,是在距离保护研究工作中除对阻抗继电器的研究之外的另一个重要课题。多年来,人们试图找到一个完善的方案来改进振荡闭锁的性能。但到目前为止,尚没有一个理想的方案可以解决此问题。

距离保护用微型计算机来实现,为振荡闭锁装置的研究开辟了一个新天地。我们能否利用微型计算机的特点来解决模拟型保护装置很难解决的一些问题呢?因此,我们对微机距离保护振荡闭锁装置作了一些探讨研究,提出了实现微机距离保护振荡闭锁的一种新原理。经过动模试验,取得了满意的结果,使它成为适合于我国情况的,性能较好的,功能较全的微机距离保护装置的一个重要组成部份。

### (一) 常规的模拟型距离保护振荡闭锁装置存在的问题。

常规的模拟型距离保护振荡闭锁装置采用相序分量(或其增量)作为起动元件,并实行短时开放的原则以保证区外故障并引起振荡时保护不致误动。又利用该起动元件与电流元件或第三段阻抗元件的动作顺序来保证静稳破坏后保护不致误动。但由于它无法真正区别某些短路故障与振荡,例如它无法区分重合于永久性三相短路线路上与重合于振荡线路上( $\delta = 180^\circ$ )这二种情况,因此一般不能实现振荡闭锁的快速复归。所以振荡闭锁在短时开放保护后将一直闭锁保护直到振荡停息故障消失后方才复归。在这段时间里,保护装置将丧失快速切除区内故障的能力,导致保护装置在下述几种情况下只能以

长延时的第三段来切除故障。

(1) 由于区外故障或冲击性负荷,使振荡闭锁启动后又接着发生区内故障的情况。

(2) 在失去静稳定后的振荡过程中,又发生区内故障的情况。

(3) 重合于三相永久性短路的情况。

通常区外故障的几率比区内故障的几率大得多。因此有相当长的时间在线路上实际上失去了快速保护。这是目前距离保护装置存在的一大缺陷。

另外,由于有些电力系统距离保护的第三段延时没有相互的配合关系,因而在发生上述的几种情况时,还有可能造成某些保护的第三段的越级跳闸。

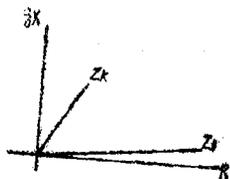
所以,现行的振荡闭锁装置是很不完善的。电力系统中希望解决振荡闭锁的这些问题的呼声越来越高。

## (二) 实现微机距离保护振荡闭锁装置的一种新原理

### (1) 基本原理:

我们提出的实现微机距离保护振荡闭锁装置的新原理是采用电阻突变量  $dR$  和电阻变化率  $\frac{dR}{dt}$  这双重判据来区分短路故障与振荡。当继电器测量到有电阻的突变量,紧接着电阻的变化率又很小时,保护判断为“短路”,否则则认为“振荡”。

当发生金属性短路或经电阻短路时,测量阻抗从负荷阻抗  $Z_L$  突然变为  $Z_k$ ,然后稳定在  $Z_k$  上(见图一)。所以在短路初瞬有电阻突变量,随后电阻变化率又很小,这样本装置就判断为发生了短路。只要再判断其测量阻抗落在第一段保护范围内,保护就可立即发出跳闸命令。



图一 金属性短路或经电阻短路时。

下面我们再来讨论系统静稳破坏而过渡到异步运行状态的情况。为了叙述方便,我们以单机对无穷大系统为例。在发电机失去同步过渡到异步运行的过程中,滑差率  $S$  逐渐增大,发电机发出的平均异步功率  $P_{ac}$  也增大,同时调速器动作减少原动机的功率  $P_m$ 。当  $P_m = P_{ac} = P_{ac0}$  时,系统处于稳定的异步运行状态,此时  $S = S_0$ 。

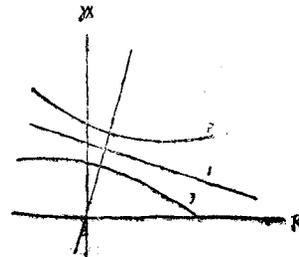
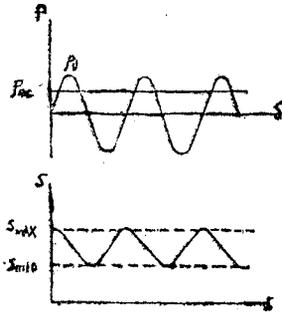
由于  $S \neq 0$ ,  $\delta$  角在不断变化,发电机在输出异步功率的同时还发出同期变化的同步功率  $P_c$ 。

$$P_c = \frac{EU}{X_c} \sin \delta$$

在稳定异步运行的过程中,  $P_{ac}$ ,  $P_c$ ,  $S$  的变化规律如图二所示。

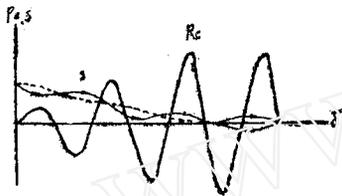
在异步运行过程中,由于振荡周期一般不会大于2秒,所以  $\delta$  角在不断地快速变化。阻抗继电器的测量阻抗的轨迹将如图三的1(两侧电势的幅值相等)或2、3(两侧电势幅值不等)所示。继电器感受到的电阻变化率很大,这样本装置就判断为振荡,保护被闭锁。

理论分析表明,当系统从异步运行状态再同步时,有可能在最后一个振荡周期中,在 $\delta$ 为 $180^\circ$ 附近,滑差 $S = 0$ (见图四)。因而系统将在 $\delta$ 为 $180^\circ$ 附近停留较长时间。继电器感受到的电阻变化率很小。所以,若单纯以电阻变化率为判据,就可能造成装置的误动作。这点也被动模试验所证实。



图二 稳定异步运行时 $P_{ac}$ 、 $P_c$ 的 $S$ 的变化 图三 振荡时测量阻抗变化轨迹

但是,当系统在 $\delta$ 为 $180^\circ$ 附近,由于停留时间较长以致电阻变化率小到我们规定的数值之前,由于滑差率 $S$ 的数值和它的变化都已很小,因而 $\delta$ 的变化速度已经不大,已不可能再出现较大的电阻的突变量了。所以,我们如果先判断有无电阻突变量作为判断短路的一个先决条件,就可以避免在拉入同步的最后一个振荡周期中装置的误动作,这就是我们要采取双重判据的原因。

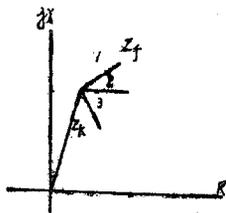


图四 拉入同步的情况

动模试验结果证明,加了电阻突变量这一判据后,效果是明显的。

当在振荡中发生区内金属性短路或经小电阻短路时,由于在短路开始时有电阻的突变量,随后电阻的变化率很小,所以振荡闭锁装置可以立即发出跳闸命令。

如果在振荡周期较短的同时发生区内经一定数量的过渡电阻短路时,由于附加的阻抗分量 $Z_f$ 随振荡时 $\delta$ 的变化而快速地变动,如图五中1、2、3……等所示。因此电阻变化率 $\frac{dR}{dt}$ 也很大。振荡闭锁将误判断为“振荡”,造成保护不能快速地切除故障,这是一个缺点。但是由于大多数区外故障与冲击负荷使振荡闭锁起动后并不造成系统振荡,



图五 振荡时 $Z_f$ 的变化

因而这一缺点并不显得十分严重。即使发生这种情况,在我们的振荡闭锁装置中仍保留有与常规保护相同的用第三段延时切除故障的功能。

理论上讲,当在振荡中恰好在 $\delta = 180^\circ$ 时,在振荡中心发生短路时,由于没有电阻的突变量,保护也不能发出跳闸命令。对于这种极其稀有的巧合情况是没有必要加以考虑的。而且,当 $\delta = 180^\circ$ 时,振荡中心的电压为零。所以,实际上也不可能在那一点发生短路故障。

## (2) 定值的确定

(A) 各个电压等级在送最大负荷S时, 如果静稳破坏发生振荡, 考虑振荡周期最长为2秒时, 经计算其电阻变化率的最小数值如表一所示。

为了使振荡闭锁装置不会误判断为“短路”, 所以电阻变化率的定值应小于  $39.2 \Omega/\text{sec}$ 。

表一

电压等级 (kV)	110	220	330	500	750
S(MVA)	50	500	800	1500	2500
$\frac{dR}{dt}$ ( $\Omega/\text{sec}$ )	98	39.2	55	67.5	91

(B)、当经过过渡电阻短路时, 由于风吹以及电动力的影响等因素, 使电弧伸长造成的电阻变化, 经计算其最大的电阻变化率为  $15 \Omega/\text{sec}$ 。

为了使振荡闭锁装置不会误判断为“振荡”, 所以电阻变化率的定值应大于  $15 \Omega/\text{sec}$ 。

综合上述两点, 我们将电阻变化率的定值选为  $25 \Omega/\text{sec}$ 。而电阻突变量的定值选为上述定值的8倍。

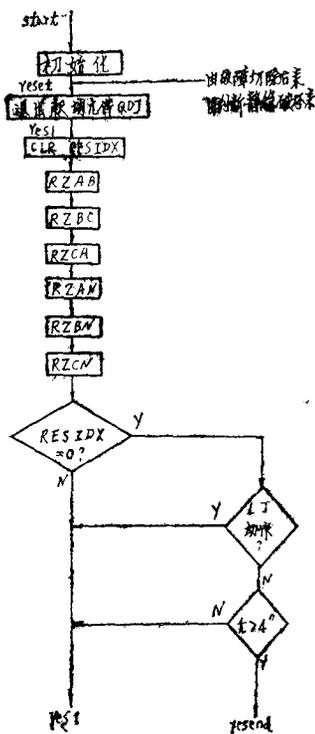
需要说明的是, 对于确定电阻变化率的定值, 目前还缺乏更多的依据, 也缺乏运行经验, 有待于在实践中修正。

## (三) 原理性程序框图

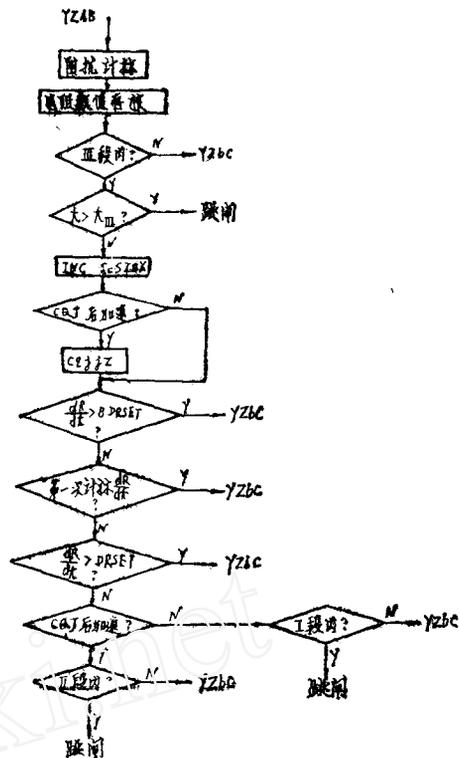
原理性程序框图如图六、图七所示。

当故障切除或判断静稳破坏后程序回到reset, 进入到振荡闭锁模块中来 (见图六)。在本模块中首先将原程序中的起动元件QDJ退出工作, 然后顺序进入RZAB、RZBC、RZCA、RZAN、RZBN、RZCN六个程序, 分别对各种相别的故障进行阻抗计算和区段比较。当判断测量阻抗落在三段范围内时RESIDX加1, 并开始进行电阻突变量及电阻变化率的计算和判断工作 (见图七)。如果在上述六个程序中判断各个相别的测量阻抗都在三段范围之外, 因而RESIDX为零。如果LJ也同时连续4秒不动作表明故障已消失, 振荡已停息, 程序才经过resend程序从振荡闭锁模块中出来进入自检模块。这就是振荡闭锁整组复归。否则, 程序将一直在振荡闭锁模块中循环, 等待再发生短路时快速切除故障。

RZAB、RZBC、RZCA、RZAN、RZBN、RZCN是六个相似的程序 (见图七)。在阻抗计算后, 判断是在三段范围内才进行电阻突变量和电阻变化率的计算和判断。只有先存在电阻突变量, 接着电阻变化率又小于定值时, 装置才进行又一次的区段比较。当有CQJ后加速信号且测量阻抗又落在二段范围内时, 立即跳闸, 以实现重合于故障线路上时保护的快速动作。当无CQJ后加速信号, 测量阻抗又落在第一段范围内时, 也立即跳闸, 以实现在振荡闭锁动作期间发生区内故障时保护的快速跳闸。



图六 振荡闭锁模块原理框图



图七 RZAB原理框图

最后需要指出的是，在振荡闭锁装置中保留了原来“四统一”中规定的重合闸后加速回路（cajjz），以及三段延时跳闸回路，以作为采用本原理的快速切除故障回路的前后备。

#### （四）动模试验结果

模拟系统如图八所示的双侧电源的220kV系统

保护安装于M侧。

模拟电压比  $m_V = 220\text{kV}/500\text{V}$

模拟阻抗比  $m_Z = 3.6/1$

电压互感器变比  $k_{P.T} = 500/100$

电流互感器变比  $k_{C.T} = 10/5$

线路300公里用II型链状电路模拟，每25公里一个II。

系统各部分阻抗值如下（原型）：

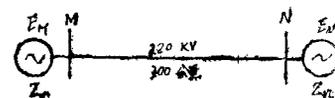
$Z_{m1} = 36\text{欧姆}$        $Z_{m0} = 36\text{欧}$

$Z_{n1} = 27.9\text{欧姆}$        $Z_{n0} = 16.5\text{欧}$

线路阻抗如下（原型）

$X_1 = 0.41\text{欧姆/公里}$

$R_1 = 0.078\text{欧姆/公里}$



图八 动模系统图

$$X_0 = 4X_1$$

$$R_0 = 10R_1$$

$$X_{c1} = 350 \text{ k}\Omega / \text{公里}$$

$$X_{c0} = 549 \text{ k}\Omega / \text{公里}$$

振荡中心经计算约距保护安装处57.45欧姆(原型)。做动模试验前,先将保护第一段定值 $X_5$ 取为12欧姆(折合原型108欧姆),并通过实验证明振荡中心确实在第一段保护范围内。然后做下述各项目:

(1) 振荡中发生第一段区内各种短路故障。

经过多次各种故障类型的试验,振荡闭锁装置均在短路发生后,0.2秒至0.25秒发出跳闸命令。

其中有录波图记录的十次( $K_{AB}$ 二次,  $K_{BC}$ 一次,  $K_{CA}$ 二次,  $K_{ABC}$ 一次,  $K_{AN}$ 四次),中间还包括二次经0.65欧姆电阻(相当原型2.34欧姆)的单相接地短路。

(2) 从振荡到再同步的全过程。

经过多次试验,振荡闭锁均可靠不发跳闸命令,其中有录波图记录的十六次。在这十六次中,最后再同步时的振荡周期统计情况如表二所列。

表二

振荡周期(秒)	1.6	1.45	1.4	1.3	1.25	1.15	1.1	1.05	1.0	0.95
次数	3	1	2	2	1	1	3	1	1	1

在三次最长振荡周期为1.6秒的情况中,从录波图中可以看出,系统停留在 $\delta = 180^\circ$ 附近的最长时间约达0.95秒。振荡闭锁装置在这种情况下,仍可靠不发跳闸脉冲。

(3) 在第一段区内发生二次短路。

这种情况主要用来考验当系统中区外故障被切除后又接着发生区内故障时,振荡闭锁装置能否快速切除故障。

经各种故障类型的多次试验,振荡闭锁装置均在第二次短路发生后的0.2秒至0.25秒发出跳闸命令。

(4) 单侧电源合于在第一段区内带过渡电阻短路的情况。

这种情况相当于模拟重合闸于永久性短路的线路上(带过渡电阻)的情况。

当过渡电阻加到10欧姆时(相当原型36欧姆),振荡闭锁装置仍可在0.2秒至0.25秒时间内发出跳闸命令。

(5) 振荡中在第一段区外发生短路故障

经试验,保护装置没有误动。

(6) 在系统振荡周期较短时发生带有一定数量的过渡电阻的区内故障时,保护不能快速切除故障。这与理论分析相符,但尚可用第三段延时切除故障。

各种录波图(略)

## (五) 结论

(1) 采用电阻突变量 $dR$ 和电阻变化率 $\frac{dR}{dt}$ 这双重判据来区分振荡与短路并构成振荡闭锁,这种新原理通过理论分析和动模试验证明是正确的,并取得了满意的结果。它

能克服原振荡闭锁装置存在的弊病, 确保距离保护在任何时候都具备能快速切除区内故障的能力。

(2) 根据上述原理所编的程序证明是切实可行的, 可作为正式产品中的相应软件。

(3) 在振荡周期较短的情况下发生带有一定数量的过渡电阻短路时, 保护还不能快速切除故障, 但此时尚可用第三段延时切除故障。

## 机械部远动行业会议报导

根据机械部、电工局的指示精神、机械部远动行业技术交流会议于一九八五年六月十八日至廿一日在苏州召开, 许昌继电器研究所受部、局的委托主持了会议, 出席会议的代表有部属的研究所, 电工局、仪表局系统的主要远动设备制造厂和有关的大专院校, 共14个单位29名代表。代表大多是长期从事远动产品研制工作的科技人员。

这次会议的主要内容包括:

①各单位介绍研制生产远动设备的情况。

②有关远动行业的技术交流及专题报告。

③远动装置国内标准内容的讨论, 并提出修改意见和建议。

④研讨国内远动装置的发展趋势和发展方向, 并提出了“七五”期间, 机械部远动行业规划推荐项目。

⑤讨论了远动专业方面大家共同关心的一些问题。

机械部属各研制单位的主要研制人员, 首次会聚一堂, 回顾了近30年来远动产品研制、使用及发展的过程, 交流了产品研制经验。各单位代表在会议上宣讲并交流了十多篇有关远动专业的论文及技术资料。代表们通过认真和热烈的讨论, 提出以下一些建议:

1. “七五”期间, 远动行业的发展, 应以基础技术工作为重点, 其中, 加强标准化、系列化、通用化的工作, 健全并统一测试项目、测试方法、模板的统一设计和协调工作应是中心内容。

2. 为了充分发挥机械部制造单位的优势, 远动设备的配套工作应加强, 能成套提供变送器、远动调度台、模拟屏、低速数传设备等辅机产品, 这些产品的发展, 应与远动主机很好地协调起来, 应在行业发展中统一考虑。

3. 为加强远动技术情报交流, 一致同意建立远动行业技术情报交流网, 推选许昌继电器研究所为网长单位, 上海电器科学研究所, 天津电气传动设计研究所为付网长单位, 定期或不定期出版“远动通讯”和远动学术论文专辑, 及时交流国内外远动行业科研、生产信息情报并欢迎各研制单位和用户积极参加情报网活动。

4. 代表们对“七五”期间, 机械部远动行业的发展规划交换了意见, 并提出了一些推荐项目, 请部、局和归口所一起, 尽早进行研究, 并提出统一规划和措施。

许昌继电器研究所肖培裕报导