

解决地方电网短线路保护的一种途径

四川省宜宾地区水电局 钟国中

近年来,我国地方电网发展很快,由于送电距离和容量比较小,短线路继电保护(简称短继)问题日益突出。众所周知,当前国内短继还是一个研究课题。本文拟就地方电网短继有关理论进行粗浅分析,并提出一个地方电网短线路的继保方案,供共同讨论。

对当前使用方案的评价

目前6~35KV线路使用的方案一般是两类,即电流三段式和电流电压连锁保护。这些保护对以电力系统作电源的线路来说,一般能取得满意的效果,可是对地方电网来说,情况就不同。因为我国地方电网多以小水电为主力电源,以并网线路与国家电网或地方电网连接,这样便形成图1所示的典型接线。

W_0 —单机容量MVA
 W —总装机容量MVA
 n —机组台数
 X''_d —发电机次暂态电抗
 L —线路长度KM

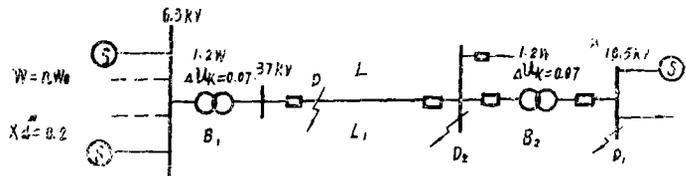


图 1

下面先讨论作为线路 L_1 主保护的电流速断、限时电流速断存在的问题,(1)、(2)式是在满足保护灵敏度条件下导出的。

$$WL + 754.6 > 1326.9n \quad (1)$$

$$WL + 1328.6n < 631.6 \quad (2)$$

(1)式是电流速断保护在满足最小保护范围大于 $0.15L$ 导出的,它表明,只有参数 n 足够小, WL 足够大,即线路长度足够长才能满足最小灵敏度。比如当 n 小到2台, W 大到15MVA(小水电容量上限),则要求 L 大于126.6公里。这对于地方电网是不可能达到的。

(2)式是线路第Ⅱ段限时电流速断保护保证最小灵敏度(线路末端短路,保护灵敏度大于1.25),电站参数必须满足的关系式。不难看出,该式本身就不成立,因 WL 式

n 不可能为负值,说明第Ⅰ段保护也是难以满足最小灵敏度的。当然,为保证线路末端短路,保护有足够的灵敏度,可人为降低整定值构成非选择性保护。对单侧电源可用自动重合闸补救,但对并网线路情况就不同,因电站与系统是强联系,容量悬殊很大,当断路器非选择性跳开后,电站立即进入严重的非同期,而系统调度一般都要求电站端装设检查同期的重合闸,故基本无重合的可能性。另外,因人为降低了整定值,保护不但伸入第2区段而且将伸进第3区段,扩大越级掉闸范围,这已为理论分析和多年运行实践所证明。

当电流三段式保护不能满足要求时,通常是采用电流电压连锁保护。它利用电流、电压元件共同将保护范围控制在一个主要运行方式上,其它运行方式只会缩小保护范围而不会失去选择性。可是,当用在以小水电作主要电源时,就会出现表1所示的问题。

连锁式保护(按主要运行方式整定)	最大运行方式	电流元件:失去选择性,若电压元件失压,将使保护立即误动作 电压元件:缩小保护范围
	最小运行方式	电流元件:失去保护范围 $\dot{K}_{Lm} = 0$ 电压元件:失去选择性

表 1

从表1可看出,运行方式变为最大、最小都会出现一些问题,尤其是运行方式变小后,实际上按电流速断整定的电流元件使保护范围变为零,保护失效。按满足上述保护在本区段灵敏度 $\frac{L^D}{L} > 0.15$,可导出(3)式(主要运行方式为运行 $\frac{n}{2}$ 台机组):

$$WL + 2136.17 > 1262.84n \quad (3)$$

上式同样说明I—U连锁保护是很难满足小水电短线路保护的。所以无论电流速断或常规的I—U连锁保护,由于都采用了电流元件作控制保护范围,这对容量小,运行方式变化大的地方电网,要实现短线路保护,是很困难的。

推 荐 方 案

下面介绍的整定原则是将电流元件作闭锁,防止相邻线路事故或电压元件无故失压保护误动作;而电压元件则是作为控制本线路保护范围用。由于它能瞬时切除本线路大部分区域故障,因而是主保护。

保护的电流元件按过电流方式整定,即按躲过线路最大负荷电流计算:

$$I_{dz} = \frac{K_K}{K_f} I_{fh.zd} \quad (4)$$

K_K —可靠系数1.1~1.2

K_f —返回系数0.85

$I_{fh.zd}$ —最大负荷电流

电流元件应保证本线路末端短路, 保护最小灵敏度大于1.25(近后备)。

电压元件按最小运行方式整定, 以控制保护范围, 即:

$$U_{dz} = \frac{U_{CY.zx}}{K_K} = \frac{\sqrt{3} I_{D2.zx} X_{L.U}}{K_K} \quad (5)$$

U_{dz} ——保护动作电压KV

$U_{CY.zx}$ ——最小运行方式下线路末端短路, 线路首端感受的残压KV

$I_{D2.zx}$ ——最小运行方式下D₂点两相短路电流KA

K_K ——可靠系数1.2~1.3

$X_{L.U}$ ——线路电抗值Ω

灵敏度校验:

$$K_{Lm} = \frac{U_{dz}}{U_{CY.zd}} > 1.25 \quad (6)$$

$$\frac{L_D}{L} > 0.15 \quad (7)$$

K_{Lm} ——保护灵敏度

L_D ——最大运行方式下, 实际最小保护范围KM

L ——本线路长度KM

X_0 ——线路每公里电抗, 取0.4Ω/KM

$$\text{因D点的 } U_{CY.zd} = \sqrt{3} I_{D.zd} X_0 L_D \quad (8)$$

而D点的最大短路电流:

$$I_{D.zd} = \frac{I_{j.37}}{X_F + X_B + X_D} = \frac{1.56}{\frac{20}{W} + \frac{5.84}{W} + 0.0292 L_D} \quad (9)$$

将(9)式代入(8)式, D点残压:

$$U_{CY.zd} = \frac{1.56 \sqrt{3} X_0 L_D}{\frac{20}{W} + \frac{5.84}{W} + 0.0292 L_D} \quad (10)$$

又将(6)、(7)、(10)式联立, 可导出:

$$W L + 1620.56n < 7587.13 \quad (11)$$

$I_{j.37}$ ——基准容量100MVA、基准电压37KV时的基准电流, 等于1.56KA

X_F 、 X_B 、 X_L ——分别为发电机、变压器、线路的标么电抗

$I_{D_2.Zd}$ ——最大运行方式，最小保护范围 L_D 处的三相短路电流 $K A$

从 (11) 式可看出，如要满足灵敏度， $W L$ 要足够小才行，这恰恰是短线路保护所希望的。

上面介绍的是第 I 段主保护，第 II 段主保护是限时电流闭锁电压速断保护。

第 II 段保护的电流元件整定同第 I 段。

电压元件的整定除保证本线路末端有足够的灵敏度外，还应伸进下一区段。（地方电网多为变压器）因保护有 0.5 秒时限，所以不会失去选择性，它应与下区段（如有数个平行元件，它应为其中电抗最小的那个第 2 区段）的瞬动保护相配合。当该瞬动保护是保护全段的（如差动保护）则按超越第 2 区段末端母线短路整定，如该瞬动保护是保护该段大部分区域的（如电流速断，电压速断等）则按超越该瞬动保护的整定值来整定。现以末端变压器为电流速断或电压速断的情况来说明电压元件的整定原则（图 1），其它情况可类推。

电压元件动作值为：

$$U_{dz}^I = \frac{\sqrt{3} I_{D1.ZX} X_{L.U} + U_{dz.2}}{K_P} = \frac{\sqrt{3} I_{D1.ZX} X_{L.U} + \frac{\sqrt{3} I_{D1.ZX} X_{B2.U}}{K_K}}{K_P}$$

$$= \frac{\sqrt{3} I_{D1.ZX} (1.25 X_{L.U} + X_{B2.U})}{1.375} \quad (12)$$

灵敏度校验：

$$K_{Lm} = \frac{U_{dz}^I}{U_{D2.Zd}} = \frac{U_{dz}^I}{\sqrt{3} I_{D2.ZD} X_{L.U}} > 1.25 \quad (13)$$

$U_{dz.2}$ ——第 2 区段元件（此为变压器）瞬动保护的整定值 $K V$

K_K ——可靠系数 1.25

K_P ——配合系数 1.1

$I_{D1.ZX}$ ——最小运行方式 D_1 点两相短路电流 $K A$

$X_{B2.U}$ ——末端变压器电抗值 Ω

$I_{D2.Zd}$ ——最大运行方式下， D_2 点三相短路电流 $K A$

联立 (12)、(13) 式，代入相应的短路电流表达式，可导出 (14) 式，它是保护满足灵敏度，电站参数必须满足的关系式：

$$W^2 L^2 + W L (1850.5n - 697.4) < 240947.7 \quad (14)$$

不难看出，第 II 段保护也是要求 $W L$ 足够小，与第 I 段保护一样，对实现短线路保护是十分有利的。它除了 $W L$ 愈小、 K_{Lm} 愈高外，还有结线简单的优点，因三段保护的电流元件都是按躲过最大负荷电流整定，所以可共用第 III 段过电流保护的接点，节省 4 个继电器。另外，结线采用电流继电器串电阻代替电压元件，解决了地方电网因 $W L$ 小，残压低，电压继电器选不到的困难。图 2 是针对双侧电源，故设置方向元件。顺便指出，有些资料将 I—U 连锁保护与电流闭锁电压速断保护混为一谈，这是不妥的，因它们的整定原则不同。

在电压互感器二次侧可调电阻与电流继电器DL—5（实为电压元件）串联，故有：

$$\frac{U_{dz}^I}{n_Y} = I_{j.zx} \times \sqrt{R^2 + X_j^2}$$

$I_{j.zx}$ 、 X_j ——为DL—5某档整定范围内最小整定电流 $I_{j.zx}$ 时的线圈感抗 X_j ，用上式计算继电器前两档的R值均为负值，用第三档（2）—（6）接线柱计算，由产品样本查出 $I_{j.zx}$ 为0.5A，进而可算出 $X_j = 2 \Omega$ ，这时则有：

$$\frac{543}{350} = 0.5 \sqrt{R^2 + 2^2} \quad R = 2.37 \Omega$$

下面校验灵敏度：

$$U_{cr.zd} = \frac{\sqrt{3} \times 1.56 X_0 L_D}{\frac{20}{W} + \frac{5.34}{W} + 0.0292 L_D} = \frac{\sqrt{3} \times 1.56 \times 0.4 L_D}{\frac{25.84}{9.375} + 0.0292 L_D}$$

将上式代入（6）式，可求出： $L_D = 1.12 \text{KM}$

$$\frac{L_D}{L} = \frac{1.12}{5} = 0.224 > 0.15 \text{（灵敏度合格）}$$

将DL—5继电器调到（2）—（6）档最小整定值0.5A，R调到2.37 Ω ，保护即整定完毕。

（2）限时电流闭锁电压速断整定计算

同样方法可求出：

$$I_{D1.zx} = 0.173 \text{KA}$$

$$I_{D2.zd} = 0.5375 \text{KA}$$

$$\begin{aligned} U_{dz}^I &= \frac{\sqrt{3} I_{D1.zx} (1.25 X_{L.U} + X_{B2.U})}{1.375} \\ &= \frac{\sqrt{3} \times 0.173 (1.25 \times 2 + 8.52)}{1.375} \\ &= 2.401 \text{KV} \end{aligned}$$

校验灵敏度：

$$K_{Lm} = \frac{U_{dz}^I}{\sqrt{3} I_{D2.zd} X_{L.U}} = \frac{2.401}{\sqrt{3} \times 0.5375 \times 2} = 1.29 > 1.25 \text{（灵敏度合格）}$$

$$\text{电压互感器二次侧：} U_2 = \frac{U_{dz}^I}{n_Y} = \frac{2.401 \text{KV}}{350} = 6.86 \text{V}$$

使用电流继电器DL—5的（2）—（10）档，当电流整定为最小值0.15A时，继电器感抗为21.3 Ω ，故有：

$$\begin{aligned} U_2 &= 0.15 \sqrt{R^2 + 21.3^2} & 6.86 &= 0.15 \sqrt{R^2 + 21.3^2} \\ R &= 40.47 \Omega \end{aligned}$$

同样，将继电器调到（2）—（10）档最小值0.15A后，R调到40.47 Ω ，保护即整定完毕。

上面的例子如按现有资料介绍的方法（I—U连锁保护或等灵敏度法）作整定，均

达不到灵敏度要求。

表2是从关系式(11)、(14)式计算的适用范围,可看出,保护对短线路是很适用的。当然,为简化保护,I、II段主保护不必同时使用,结合工程具体情况只设置一段即可。必须指出,作为后备的第三段保护——过电流保护(某些情况下也作主保护),由于上述小网严峻条件限制,很多情况下,灵敏度都是达不到要求的。因而整定方法和接线图都必须加以改进,笔者在“电工技术”83年第12期上曾刊载有关材料,这里不再赘述。

推荐保护方案的适用范围表2

主保护名称	n(台)	WL(MVA·KM)
电流闭锁电压速断 (第I段)	2	<4346.01
	3	<2725.45
限时电流闭锁电压速断 (第II段)	2	<78.18
	3	<49.14

结 论

研究地方电网短继保护,是当前比较现实的问题,因为对10公里以下线路,即使采用距离保护也是无能为力的。当然,差动保护也是一个方案,但对地方电网来说,太不经济。

本文介绍的两段主保护,接线简单,均具有选择性。笔者认为,对地方电网短线路实现简单保护,具有一定参考价值。