

# 无后备灵敏度的 220kV 变压器后备保护整定运行

陈永明, 杨 茹, 汤大海, 曹 斌, 杨 静

(镇江供电公司, 江苏 镇江 212001)

**摘 要:**为减少中间供电环节, 220kV 变压器第三绕组采用 10kV 电压等级就近供电。为方便设备选择, 220kV 变压器采用了高阻抗参数(当变压器容量小于 240MVA 时)或在 10kV 侧串联电抗器(当变压器容量为 240MVA 时)来限制短路电流, 这样做的后果是变压器 220kV 侧后备保护对 10kV 侧故障没有后备灵敏度。由于 220kV 变压器保护由上级部门统一招标, 保护配置已由制造厂设定好, 无法改动, 采用常规整定无法满足系统运行要求。提出了针对现场不同的保护配置, 采用不同的 10kV 侧后备保护联跳变压器各侧断路器的方案来弥补 220kV 侧后备保护没有灵敏度的问题, 在现场实际运用, 得到良好的运行效果。

**关键词:** 220kV 变压器; 高阻抗; 后备保护; 灵敏度; 整定; 运行

近年来, 江苏省 220kV 变电所主变压器越来越多地采用 220kV、110 kV、10 kV 电压等级供电, 直接用 10 kV 电压等级就近进行供电, 减少了中间供电环节。2010 年、2011 年镇江分别投运了 4 座和 2 座 220kV 变电所中, 就有 5 座变电所 220kV 变压器第三绕组采用 10kV 电压等级供电。为了限制短路电流, 方便设备选择, 220kV 变电所小于 240MVA 的 220kV 变压器高-低短路阻抗一般采用高阻抗, 一般在 60% 左右, 而 240MVA 变压器在 10kV 侧采用串联电抗器。当 220kV 变压器 10kV 侧短路, 造成 220kV 后备保护没有后备灵敏度, 一旦 10kV 侧后备保护或 10kV 侧开关拒动, 则 220kV 变压器将被损坏。而目前 220kV 变压器保护由上级部门统一招标, 没有考虑 220kV 变压器采用高阻抗限制短路电流对 220kV 后备保护的影响, 这些投运的变压器保护大部分还没有采用国网公司 2008 年颁布的 Q/GDW\_175-2008\_ 方案的变压器保护<sup>[5]</sup> (简称“六统一”变压器保护), 有些变电所还是老变电所, 变压器更换了, 但变压器保护仍然是老的变压器保护。如何在现有变压器保护设备的基础上, 针对不同的保护配置, 整定变压器后备保护, 尽量弥补 220kV 侧后备保护没有灵敏度的问题, 提出了一些方案, 供同行参考。

## 1 变压器 220kV 侧后备保护的常规整定

### 1.1 高阻抗 220kV 变压器典型参数

以两种特殊的 220kV 变压器为例: a) 220kV 高阻抗变压器, 如 A 变电所 220kV 变压器参数为: 变压器容量为 180MVA, 短路阻抗为:  $U_{k1-2}=13.24\%$ ,  $U_{k1-3}=61.65\%$ ,  $U_{k2-3}=46.81\%$ , 接线组别为 YN, a0, d11。b) 220kV 变压器在 10kV 侧串联电抗器, 如 B 变电所, 变压器容量为 240MVA, 短路阻抗为:  $U_{k1-2}=10.97\%$ ,  $U_{k1-3}=35.76\%$ ,  $U_{k2-3}=22.05\%$ , 接线组别为 YN, a0, d11, 10kV 侧串联电抗器电抗值为  $0.197\Omega$ 。

### 1.2 短路电流计算

取基准容量为 100MVA, 基准电压为 230kV、115kV、10.5kV, 以 220kV A 变电所为例, 该变电所 220kV 母线系统等值阻抗标幺值大方式为 0.0095、小方式为 0.0248, 则 220kV A 变电所 10kV 母线短路短路电流计算结果见表 1; 以 220kV B 变电所为例, 220kV 母线系统等值阻抗标幺值大方式为 0.0179、小方式为 0.0262, 则 10kV 母线短路电流计算结果见表 2。

表 1 220kV A 变电所 10kV 母线短路短路电流

最大方式三相 短路电流/A	最小方式两相 短路电流/A	备注
713	591	折算到 220kV 侧
15627	12967	折算到 10kV 侧

表 2 220kV B 变电所 10kV 母线短路短路电流

最大方式三相 短路电流/A	最小方式两相 短路电流/A	备注
728	615	折算到 220kV 侧
15942	13481	折算到 10kV 侧

### 1.3 变压器 220kV 侧复压过流保护整定<sup>[1-4]</sup>

#### (a) 低电压元件

按区外故障切除后能可靠返回整定，一般整定为额定电压的 60%-70%，取二次定值为 70V。

#### (b) 负序电压元件

按正常运行时躲过最大不平衡电压整定，一般整定为额定电压的 4%-6%，取二次定值为 4V。

#### (c) 电流元件

整定策略为躲过变压器 220kV 侧最大负荷电流整定，即

$$I_{zd} \geq K_k I_{fh.max} \quad (1)$$

(1) 式中， $I_{zd}$  为 220kV 侧复压过流保护整定值， $K_k$  为可靠系数，一般取 1.5， $I_{fh.max}$  为变压器 220kV 侧最大负荷电流。

A 变电所变压器 220kV 侧复压过流保护定值为：

$$I_{zd} \geq 1.5 \times 472 = 702(A)$$

B 变电所变压器 220kV 侧复压过流保护定值为：

$$I_{zd} \geq 1.5 \times 629.8 = 1007(A)$$

#### (d) 灵敏度计算：

220kV 侧复压过流保护灵敏度按 (2) 式计算

$$K_{lm} = I_{k.min}^{(2)} / I_{zd} \quad (2)$$

(2) 式中， $I_{zd}$  为 220kV 侧复压过流保护整定值， $K_{lm}$  为灵敏系数， $I_{k.min}^{(2)}$  为系统最小方式 220kVA 变电所 10kV 母线两相短路折算到 220kV 侧的短路电流。

A 变电所变压器 220kV 侧复压过流保护灵敏度为：

$$K_{lm} = 591 / 702 = 0.84$$

B 变电所变压器 220kV 侧复压过流保护灵敏度为：

$$K_{lm} = 615 / 1007 = 0.61$$

可见，两变电所变压器 220kV 侧复压过流保护灵敏度  $K_{lm}$  均小于 1，实际上即使是在系统最大运行方式下的灵敏度  $K_{lm}$  也均小于 1，即 10kV 母线两相短路，220kV 高阻抗变压器或在变压器 10kV 侧加限流电抗器的变压器 220kV 侧复压过流保护对变电所 10kV 母线故障均没有后备灵敏度。

### 1.4 220kV 侧复压过流保护没有后备灵敏度的后果

220kV 变压器 10kV 侧短路，220kV 后备保

护没有后备灵敏度，则一旦 220kV 变压器 10kV 侧后备保护或 10kV 侧开关拒动，或 10kV 侧电流互感器与断路器之间发生故障（简称死区故障），则该故障没有办法切除，则只有等到 220kV 变压器或 10kV 侧电抗器被烧到能够让 220kV 侧复压过流保护有灵敏度能够动作跳闸切除故障为止，此时 220kV 变压或 10kV 侧电抗器将损坏。

## 2 变压器 10kV 侧后备保护整定

### 2.1 变压器 10kV 侧复压过流保护整定

以 A 变电所 220kV 变压器 10kV 侧复压过流保护为例进行保护定值整定，B 变电所 10kV 侧复压过流保护定值整定类似。

#### (a) 低电压元件

按区外故障切除后能可靠返回整定，一般整定为额定电压的 60%-70%，取二次定值为 70V；

#### (b) 负序电压元件

按正常运行时躲过最大不平衡电压整定，一般整定为额定电压的 4%-6%，取二次定值为 4V；

#### (c) 电流元件

整定策略为躲过变压器 10kV 侧最大负荷电流整定

$$I_{zd.10} \geq K_k I_{fh.max.10} \quad (3)$$

(3) 上式中， $I_{zd.10}$  为 10kV 侧复压过流保护整定值， $K_k$  为可靠系数，一般取 1.5， $I_{fh.max.10}$  为变压器 10kV 侧最大负荷电流。所以

$$I_{zd.10} \geq 1.5 \times 4949 = 7423(A)$$

#### (d) 灵敏度计算

$$K_{lm} = I_{k.min.10}^{(2)} / I_{zd.10} = 12967 / 7423 = 1.75$$

上式中， $I_{zd.10}$  为 10kV 侧复压过流保护整定值， $K_{lm}$  为灵敏系数， $I_{k.min.10}^{(2)}$  为系统最小方式 A 变电所 10kV 母线两相短路折算到 10kV 侧的短路电流。可见， $K_{lm}$  大于 1.5，即 A 变电所 10kV 母线两相短路，220kV 变压器 10kV 侧复压过流保护灵敏度达 1.75。同理 B 变电所 10kV 母线两相短路，220kV 变压器 10kV 侧复压过流保护也有大于 1.5 灵敏度。

### 2.2 变压器 10kV 侧限时速断保护整定

变电所 10kV 侧一般为不接地系统或经消弧线圈接地系统，一般不装设专门的母线保护，而配置变压器 10kV 侧限时速断保护作为 10kV 母线保护。以 A 变电所 220kV 变压器 10kV 侧限时速

断保护为例进行保护定值整定, B 变电所 10kV 侧限时速断保护整定类似。

整定策略为按 10kV 侧母线故障有足够的灵敏度整定:

$$I_{zd.sd} \leq I_{k.min.10}^{(2)} / K_{lm} \quad (4)$$

(4) 上式中,  $I_{zd.sd}$  为 10kV 侧限时速断保护保护整定值,  $K_{lm}$  为灵敏系数, 一般为 1.5,  $I_{k.min.10}^{(2)}$  为系统最小方式 220kVA 变电所 10kV 母线两相短路折算到 10kV 侧的短路电流。所以 A 变电所 220kV 变压器 10kV 侧限时速断保护为:

$$I_{zd.sd} \leq 12967 / 1.5 = 8645A$$

时间元件一般整定 0.3-0.6s。

### 2.3 220kV 变压器 10kV 侧电抗器保护整定

220kV 变压器容量为 240MVA, 一般在 10kV 侧串联电抗器, 并配置有一段 10kV 侧电抗器保护。该保护可以按两种方法整定策略: a) 同变压器 10kV 侧复压过流保护整定策略; b) 同变压器 10kV 侧限时速断保护整定策略。

方案 a) 保护定值小, 但动作跳闸时间长; 而方案 b) 保护定值大, 但动作跳闸时间短。实际工程中按方案 b) 整定了 10kV 侧串联电抗器保护。

## 3 10kV 侧后备保护跳闸方案整定

由于 220kV 变压器 10kV 侧短路, 220kV 后备保护没有后备灵敏度, 则一旦 220kV 变压器 10kV 侧后备保护或 10kV 侧开关拒动, 或当“死区”故障, 则这些故障没有办法切除。但上述故障 220kV 变压器 10kV 侧后备保护均有灵敏度, 能否考虑用 10kV 侧后备保护来联跳变压器各侧断路器, 即在跳 10kV 侧断路器时间的基础上增加一个时间级差  $\Delta t$  跳变压器各侧断路器, 从而可以防止这一问题的发生。

### 3.1 10kV 侧后备保护配置情况

目前, 220kV 变压器 10kV 侧后备保护一般有如下三种配置。

#### 3.1.1 “六统一”变压器保护<sup>[5]</sup>

“六统一”变压器保护 10kV 侧 (低压或 1、2 分支) 后备保护的配置两段保护: a) 过流保护, 设一段二时限, 第一时限跳开本分支分段, 第二时限跳开本分支断路器。b) 复压闭锁过流保护, 设一段三时限, 第一时限跳开本分支分段, 第二

时限跳开本分支断路器, 第三时限跳开变压器各侧断路器。

另外当有电抗器时还配置低压侧电抗器复压闭锁过流保护, 设一段二时限, 第一时限跳开本侧各分支断路器, 第二时限跳开变压器各侧断路器。

#### 3.1.2 10kV 侧后备保护多段多时限配置

有些变压器保护 10kV 侧后备保护配置两段, 每段三个时限; 也有配置三段, 其中一段和二段三个时限, 三段一个时限; 也有其他配置。

#### 3.1.3 10kV 侧后备保护多段一个时限配置

有些变压器保护 10kV 侧后备保护配置多段保护, 但每段保护只有一个时限, 这种情况在一些老变电所就存在这种配置。

## 3.2 变压器 10kV 侧后备保护跳闸方案整定

### 3.2.1 “六统一”变压器 10kV 侧后备保护

“六统一”变压器两段保护可按其中的一段保护按母线保护整定, 另一段保护按复合电压过流保护整定; 若变压器 10kV 侧按分裂运行时, 不需要跳 10kV 分支分段断路器, 则 10kV 侧过流保护, 可由“第一时限跳开本分支分段, 第二时限跳开本分支断路器”, 改为“第一时限跳开本分支断路器, 第二时限跳开变压器各侧断路器”跳闸方案。复压闭锁过流保护跳闸方案仍采用原方案, 即第一时限跳开本分支分段, 第二时限跳开本分支断路器, 第三时限跳开变压器各侧断路器。

对于低压侧有电抗器保护时, 该保护可以按母线保护整定, 也可以 220kV 变压器 10kV 侧过流保护来整定, 跳闸方案仍按“六统一”保护方案整定运行, 即第一时限跳开本侧各分支断路器, 第二时限跳开变压器各侧断路器。

#### 3.2.2 10kV 侧后备保护多段多时限配置

对于 220kV 变压器 10kV 侧后备保护按多段多时限配置时, 可按其中的一段保护按母线保护整定, 另一段保护按复合电压过流保护整定, 但至少整定让其中一段保护有一个时限去跳变压器各侧断路器方案。若多于两段配置时, 可以单独整定一段保护有一个时限去跳变压器各侧断路器方案。若各段均有三时限, 则第一时限跳开本分支分段, 第二时限跳开本分支断路器, 第三时限跳开变压器各侧断路器。

#### 3.2.3 10kV 侧后备保护多段一个时限配置

对于 220kV 变压器 10kV 侧后备保护按多段一时限配置时,除了按母线保护整定的一段保护和按复合电压过流保护整定的一段保护分别跳 10kV 侧断路器外,另外可以将其中的一段保护单独按母线保护整定或按复合电压过流保护整定,并去跳变压器各侧断路器方案;当 10kV 侧后备保护配置多达四段时,除了按母线保护整定的一段保护和按复合电压过流保护整定的一段保护分别跳 10kV 侧断路器外,另外可以分别将其中的一段保护单独按母线保护整定、而其中的另一段保护单独按复合电压过流保护整定,并分别去跳变压器各侧断路器方案。

### 3.3 效果分析

当 220kV 变压器 10kV 侧短路故障时,虽然 220kV 后备保护没有后备灵敏度,则一旦 220kV 变压器 10kV 侧后备保护或 10kV 侧开关拒动,或“死区”故障时,则该故障没有切除,但由于变压器 10kV 侧后备保护或 10kV 侧电抗器保护有联跳变压器各侧断路器方案,届时将主变 220kV 侧断路器、110kV 侧断路器及其它相关断路器跳闸,切除了故障,从而防止了 220kV 变压器或 10kV 电抗器损坏事故的发生。

### 3.4 现场变压器 10kV 侧后备保护运行

现场 220kV 变压器 10kV 侧后备保护的配置,上述三种情况均存在,为了防止上述故障引起 220kV 变压器损坏等事故的发生,镇江供电公司 220kV 变压器 10kV 侧后备保护的整定运行按上述介绍的联跳方案进行整定和运行,取得了良好的效果。

## 4 结束语

220kV 变压器低压侧采用 10kV 电压直接供电,减少了中间供电环节,节约了投资,但也带来 220kV 侧后备保护没有后备灵敏度的问题。通

过设置和整定 10kV 侧后备保护联跳变压器各侧断路器方案,可以防止由于 220kV 变压器 10kV 侧短路或“死区”故障时 220kV 后备保护没有后备灵敏度,故障没有办法切除,造成 220kV 变压器损坏等事故的发生。建议优先采用 10kV 侧限时速断保护联跳变压器各侧断路器方案,可以快速切除 220kV 变压器 10kV 侧短路或“死区”故障,有利于减少故障对变压器或对 10kV 电抗器的冲击和影响。

### 参考文献:

- [1] GB-14285,继电保护和安全自动装置技术规程[S].
- [2] DL/T584-2007,3~110 kV 电网继电保护运行整定规程[S].
- [3] DL/T594-2007, 220~750 kV 电网继电保护运行整定规程[S].
- [4] DL/T 684-1999,大型发电机变压器继电保护整定计算导则[S].
- [5] 国家电网公司..Q/GDW\_175-2008 变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范[Z].2008.

### 作者简介:

陈永明(1979-),男,江苏海安人,工程师,从事电网继电保护运行管理工作;

杨茹(1979-),女,山东泗水人,工程师,从事电网生产技术管理工作;

汤大海(1963-),男,江苏镇江人,本科,高级工程师/高级技师,江苏省电力公司基层公司技术专家,从事电网继电保护运行管理工作;

曹斌(1977-),男,江苏海安人,本科,工程师,从事电网继电保护运行管理工作;

杨静(1974-),男,江苏镇江人,工程师,从事电网继电保护运行维护工作。