

# 关于低压电网用电设备继电保护整定计算的探索

宋 其, 宋汉蓉, 尹 秦  
(德阳电业局, 四川 德阳 618000)

**摘 要:** 在 10 kV 及以下系统中, 继电保护配合时限级差较少, 供电级数多, 按照常规的继电保护整定原则编制一套合理的保护整定方案, 满足保护“四性”的要求有很大难度。而 10 kV 系统的供电可靠性影响千家万户用电客户, 影响电力系统的优质服务和经济效益。所以正确、灵活运用保护整定计算原则, 保证 10 kV 及以下系统安全、稳定、可靠运行非常重要, 针对 10 kV 线路、电弧炉变压器、电动机、电容器等供电设备的保护配置和整定计算, 提出解决办法。

**关键词:** 低压电网; 保护; 整定计算

**Abstract:** In 10 kV system and below, the time-limit grade of relay protection matched is insufficient, but the grade of power supply is vast. It is hard to draw up a rational protection program and satisfy the protection requirements of “four features” according to the normal setting principle of relay protection. The power supply reliability of 10 kV system will affect millions of customers, and affect the quality of service and the economic benefits. So it is very important to use the principle in a right and flexible way to ensure the safe, stable and reliable operation of 10 kV system and below. Aiming at the protection allocations and setting calculations of supply apparatus such as 10 kV lines, arc furnace transformers, electric motors and capacitors, the measures are put forward to settle the above-mentioned problems.

**Key words:** low-voltage power grid; protection; setting calculation

中图分类号: TM774 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2011)03-0026-04

## 0 前 言

随着电力系统的快速发展, 系统短路电流增加, 10 kV 母线近端短路电流将对一次设备特别是变压器带来较大的安全隐患。快速切除 10 kV 母线近端短路故障, 保障了一次设备特别是变压器安全, 同时迅速恢复变电站 10 kV 母线电压, 减少电网电压波动, 提高了 10 kV 系统的供电可靠性, 同时提升了电力系统的优质服务和经济效益。正确、灵活运用保护整定计算原则, 编制一套合理的保护整定方案, 在既满足保护“四性”要求, 又保证 10 kV 及以下系统安全、稳定、可靠运行, 为 10 kV 供电系统的保护整定计算带来了新的课题。

## 2 10 kV 供电系统保护配置

对单侧电源线路一般配置两段过电流保护, 第一段为不带时限的电流速断保护; 第二段为带时限的过电流保护。

## 2 用户侧典型一次接线和保护配置

一般 10 kV 用户侧的典型一次接线为一个进线开关和两个出线(变压器)开关, 分别在进线开关处和出线开关处配置了三段式或两段式带时限电流保护或反时限电流保护。如图 1 所示。

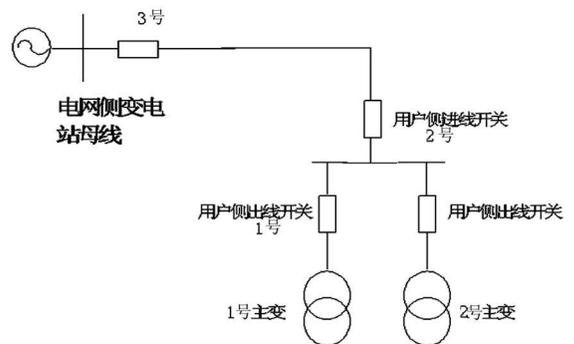


图 1 电网接线运行图

## 3 10 kV 及以下系统保护整定计算方案

### 3.1 电网侧出线保护整定计算

### 3.1.1 瞬时电流速断保护

用来快速切除线路前端故障,保证变电所或重要用户负荷所要求的最低残余母线电压。

#### 1) 整定原则

按躲过线末大方式下最大三相短路电流整定,并保证出口有规定的灵敏度。

$$I_{dzj} = 1.3 \times I_{kmax} / n_{LH}$$

式中,  $I_{kmax}$  为线路末端短路的最大短路电流;  $n_{LH}$  为电流互感器变比。

#### 2) 具体处理原则

(1) 线路末端接有开闭所或用户变电所的线路,要优先保证动作的选择性,按躲开闭所或用户变电所处短路整定。并校验线路出口处故障的灵敏度(正常大方式下,母线出口处灵敏度  $K_{lm} \geq 1$ )。

#### (2) 公用线路

##### ① 按躲变压器励磁涌流整定

通常 10 kV 线路上装有大量的配电变压器,在线路投入时,这些配电变压器在合闸瞬间,各变压器所产生的励磁涌流在线路上相互叠加,产生了一个复杂的电磁暂态过程,在系统阻抗较小时,会出现较大的涌流,时间常数也较大。按躲线路上所接变压器的励磁涌流整定。

$$I_{dzj} = 1.2 \times \sum I_k / n_{LH}$$

式中,  $\sum I_k$  为配电变压器额定电流之和;  $n_{LH}$  为电流互感器变比;  $K_k$  为励磁涌流的倍数,取 6。

##### ② 按保出口处有灵敏度整定

对于公用长线路,在躲变压器励磁涌流的前提下,可直接按保证出口故障有  $K_{lm} = 1.3$  灵敏度整定。

### 3.1.2 过电流保护

现有的微机保护具有完善的电流保护 I、II、III 段,为简化计算,推荐采用电流保护 II、III 段均整定为过电流保护,不设限时速动段的原则整定。

整定原则:按躲最大负荷电流整定。

$$I_{dzj} = K_k K_{jx} \times K_{zqd} I_n / K_f n_{LH}$$

式中,  $K_k$  为可靠系数,取 1.2~1.3;  $K_f$  为返回系数,取 0.85~0.9 (常规保护取 0.85,微机保护取 0.9);  $K_{jx}$  为接线系数,电流互感器采用三相星形接线方式和不完全星形接线方式,  $K_{jx} = 1$ ; 三角形接线方式和两相电流差接线方式,  $K_{jx} = \sqrt{3}$ 。  $I_n$  为负荷电流;  $K_{zqd}$  为负荷自启动系数,取 1.5;  $n_{LH}$  为电流互感器变比。

其中最大负荷电流的确定如下。

① 公用线路:按 TA 一次值、架空导线及电缆线路允许载流量的最大值、所供线路的实际最大电流值,取三者中的最小值。

② 接有电动机的负荷线路:在线路带最大负荷时,还要考虑有电动机自启动,过电流保护在电动机自启动时不动作。电动机的自启动电流一般为额定电流的 5~7 倍。过电流保护定值按线路带最大负荷时,所接线路上供电的最大一台电动机自启动整定。

$$I_{dz} = K_{jx} (K_{kfb,max} + K_{zqd} I_n) / K_f$$

式中,  $K_{zqd}$  为负荷自启动系数,取 5;  $I_n$  为线路上所供最大一台电动机的额定电流。

其余参数与前相同。

##### ③ 对接有冶炼变压器等特殊负荷的线路。

接有冶炼变压器的线路,要考虑变压器过负荷运行的情况,一般冶炼变压器在运行过程中会短时间过负荷 200%。

$$I_{dz} = (K_{kfb,max} + K I_n) / K_f$$

式中,  $I_n$  为冶炼变压器额定电流。

接有电弧炉变压器的线路

$$I_{dz} = (K I_{k,max} + K I_n) / K_f$$

式中,  $K$  为电弧炉变压器过载系数,取 2.5。

## 3.2 电弧炉变压器保护整定计算

### 3.2.1 速断保护整定

电弧炉变压器作为电源的最后一级用电设备,运行中保护仅满足与上级保护的配合关系,按照常规的保护整定原则整定,过流保护时限很难配合,建议根据此设备的特点及在电网中的具体接线情况,采用特殊的保护整定原则,满足保护上、下级配合关系。

速断保护整定原则:按躲电弧炉变压器励磁涌流整定,即取 8 倍额定电流整定。

$$I_{dzj} = K_k \times 8 I_n / n_{LH}$$

式中,  $K_k$  为可靠系数,取 1.2; 其余参数与前相同。

时限元件:时限取 0 s

### 3.2.2 过流保护整定

电弧炉变压器特点是在电弧引燃时及熔化期冶炼电流可以达到额定电流的好几倍,一般在额定电流的 1.2~3.5 倍,持续时间一般为 3 s 左右。

#### 1) 过流保护整定原则

电流元件:①按躲电弧炉变压器冲击电流整定,

即 3.5 倍过流定值。

$$I_{dzj} = K_k K_{jx} \times K_{le} / K_f n_{LH}$$

式中,  $K_{zd}$  为负荷自起动系数, 取 3.5; 其余参数与前相同。

### ②按灵敏度要求选择

$$I_{dzj} = K_{jx} I_{bmin}^{(2)} / K_{lm} n_{LH}$$

式中,  $K_{lm}$  为灵敏系数, 取 1.25~1.5;  $I_{bmin}^{(2)}$  为变压器低压侧最小两相短路电流。

时限元件:  $t = 0.5 s$

## 3.3 10 kV 整流变压器保护整定计算

### 3.3.1 速断保护整定

整流变压器不考虑过载运行。当在直流电流侧发生短路时, 应由速断保护动作跳开高压断路器切断短路电流。

速断动作电流整定原则如下。

(1)按躲整流变压器励磁涌流整定, 即取 8 倍额定电流整定。

$$I_{dzj} = K_k \times 8 I_e / n_{LH}$$

式中,  $K_k$  为可靠系数, 取 1.2。

(2)校验整流变压器低压侧短路有  $K_{lm} = 1.3$  灵敏度整定。

时限取 0 s

### 3.3.2 过流保护整定

过流保护整定原则如下。

(1)按照变压器额定电流选择。

$$I_{dzj} = K_k K_{jx} \times I_e / K_f n_{LH}$$

式中,  $K_k$  为可靠系数, 取 1.3;  $I_e$  为整流变压器额定电流; 其余参数与前相同。

(2)按灵敏度要求选择。

$$I_{dzj} = K_{jx} I_{bmin}^{(2)} / K_{lm} n_{LH}$$

式中,  $K_{lm}$  为灵敏系数, 取 1.25~1.5;  $I_{bmin}^{(2)}$  为变压器低压侧最小两相短路电流。

时限元件整定:  $t = 0.5 s$

## 3.4 10 kV 电动机出线保护整定计算

### 3.4.1 速断保护整定

过电流保护在电动机自启动时不动作。电动机的自启动电流一般为额定电流的 5~7 倍。

速断动作电流整定原则: 按躲电动机的自启动电流整定。

$$I_{dzj} = K_k \times K_{qd} I_e / n_{LH}$$

式中,  $K_k$  为可靠系数, 取 1.2;  $K_{qd}$  为电动机自启动系数, 取 5~7; 时限取 0 s

### 3.4.2 过流保护整定

过流保护整定原则: 按照变压器额定电流选择。

$$I_{dzj} = K_k K_{jx} \times I_e / K_f n_{LH}$$

式中,  $K_k$  为可靠系数, 取 1.3;  $I_e$  为电动机额定电流。

时限元件整定:  $t = 20 s$

### 3.4.3 低压闭锁过流保护整定

过流保护整定原则如下。

电流元件: 按照变压器额定电流选择。

$$I_{dzj} = K_k K_{jx} \times I_e / K_f n_{LH}$$

式中,  $K_k$  为可靠系数, 取 1.3;  $I_e$  为电动机额定电流; 其余参数与前相同。

电压元件:  $U \leq 70 V$

时限元件整定:  $t = 0.5 s$

## 3.5 10 kV 电容器保护整定计算

### 3.5.1 速断保护整定

速断动作电流整定原则如下。

(1)按躲电容器充电电流整定

$$I_{dz} = (4-5) I_{cc}$$

式中,  $I_{cc}$  为电容器组额定电流。

(2)保证保护安装处在最小方式下, 灵敏系数  $\geq 2$ 。

$$I_{dz} \leq I_{bmin}^{(2)} / K_{lm}$$

式中,  $K_{lm}$  为灵敏系数, 取  $\geq 2$ ; 时限取 0 s

### 3.5.2 过流保护整定

过流保护整定原则如下。

(1)按电容器组额定电流选择。

$$I_{dzj} = K_k K_{jx} K_{bw} \times I_{cc} / n_{LH}$$

式中,  $K_k$  为可靠系数, 取 1.25;  $K_{bw}$  为考虑电流波形中可能有高次谐波存在, 因此电流值将比标准正弦波电压时有所增加。  $K_{bw}$  为电容器波纹系数, 取 1.25。

(2)按灵敏度要求选择。

$$I_{dzj} = K_{jx} I_{bmin}^{(2)} / K_{lm} n_{LH}$$

式中,  $K_{lm}$  为灵敏系数取 1.25~1.5;  $I_{bmin}^{(2)}$  为保护安装处在最小方式下两相短路电流。

时限元件整定:  $t = 0.2 s$

## 3.6 进线柜开关保护整定计算

### 3.6.1 速断保护整定计算

速断保护整定计算原则如下。

(1)按躲变压器励磁涌流整定。

$$I_{dzj} = 1.2 \times (8 I_{l1} + I_{l2}) / n_{LH}$$

式中,  $I_{l1}$  为大容量变压器额定电流;  $I_{l2}$  为小容量变压器额定电流。

(2)按躲大容量变压器低压侧短路整定。

$$I_{dzj} = K_k K_{jk} \times I_{b,max}^{(3)} / n_{LH}$$

式中,  $K_k$  为可靠系数, 取 1.5;  $I_{b,max}^{(3)}$  为大容量变压器低压侧最大三相短路电流;  $n_{LH}$  为电流互感器变比。时限取其大值:  $t = 0.2\text{ s}$

### 3.6.2 过流保护整定计算

过流保护整定原则如下。

(1)躲最大负荷电流整定。

$$I_{dzj} = K_k K_{jk} \times I_{h,max} / K_f n_{LH}$$

式中,  $K_k$  为可靠系数, 取 1.2~1.3;  $I_{h,max}$  为最大负荷电流; 其余参数与前相同。

(2)与出线开关速断保护电流最大定值配合。

$$I_{dzj} = K_k \times I_{dzj} / n_{LH}$$

式中,  $K_k$  为可靠系数, 取 1.1~1.15;  $t = 0.5\text{ s}$  (微机保护取 0.3 s)。

## 4 结 语

随着电力系统的发展, 系统短路电流增加, 10 kV 母线近端短路电流将对一次设备特别是变压器带来较大的安全隐患。快速切除 10 kV 母线近端短路故障, 保障了一次设备特别是变压器安全, 同时迅速恢

复变电站 10 kV 母线电压, 减少电网电压波动, 提高了 10 kV 系统的供电可靠性, 同时提升了电力系统的优质服务和经济效益。总结多年保护整定的工作经验, 针对电流保护时限级差小, 在满足一般整定原则的基础上提出了一种适合实际应用的 10 kV 及以下系统电流保护的整定原则, 保证 10 kV 及以下系统安全、稳定、可靠运行。

### 参考文献

- [1] DL/T 584-95, 3~110 kV 电网继电保护装置运行整定规程 [s].
- [2] 崔家佩, 孟庆炎, 陈永芳, 等. 电力系统继电保护与安全自动装置整定计算 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- [3] GB/T 14285-2006, 继电保护和安全自动装置技术规程 [s].

#### 作者简介:

宋汉蓉 (1962), 女, 四川德阳人, 本科, 从事过电网调度运行与继电保护整定计算工作。

宋 其 (1964), 男, 四川德阳人, 研究生, 从事过电力营销工作。

尹 秦 (1963), 男, 四川工程职业技术学院。

(收稿日期: 2010-11-12)

(上接第 21 页)

电流计算方法也会产生短路电流计算误差, 那么现如今对短路电流的评价标准是否可以调整或者放宽。而且新疆的风电接入后对电网的单相、三相短路电流也有助增作用。这就使得要备加注意各地的母线短路电流是否超过各处断路器的遮断容量。

### 参考文献

- [1] 谢泽权. 限制短路电流技术的探讨 [J]. 广东电力, 1997, 10(2): 29-31.
- [2] 田华. 基于 PSASP 程序的短路电流计算结果分析比较探讨 [J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(1): 56-60, 65.
- [3] 李明, 张小青. 电力系统故障限流器技术的研究 [J]. 电气时代, 2005(4): 54-56.
- [4] 吴荻. 限制大电网短路电流水平的措施的研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [5] 何鸿基, 史可琴. 西北电网运行中的新问题 [J]. 中国电力, 2000, 33(5): 42-44.
- [6] 张炜. 电力系统分析 [M]. 北京: 中国水利水电出版社,

2004.

- [7] 陈怡静, 黄民翔. 宁夏电网短路电流水平分析和限流措施研究 [J]. 能源工程, 2008(2): 10-14.
- [8] 阮前途. 上海电网短路电流控制的现状与对策 [J]. 电网技术, 2005, 29(2): 78-83.
- [9] 张益, 张滨, 等. 短路电流限制器对电力系统暂态稳定影响的研究 [J]. 继电器, 1998, 26(5): 8-11.
- [10] 周彦. 基于 TPSC 技术的短路电流限制器 [J]. 华东电力, 2005, 33(5): 41-42.
- [11] 毛雪雁, 宣晓华. 500 kV 自耦变压器中性点小电抗接地的研究 [J]. 华东电力, 2005, 33(5): 26-29.
- [12] 成涛, 成连生. 电力系统的电磁环网运行 [J]. 华中电力, 2001, 14(6): 17-19.

#### 作者简介:

胡仁祥 (1987), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统稳定与控制。

晁 勤 (1959), 女, 教授, 博士生导师, 从事电力系统综合自动化和并网风力发电系统稳定性等方面的研究。

常喜强 (1976), 男, 高级工程师, 研究为电力系统稳定与控制。

(收稿日期: 2010-11-12)