

# 新疆电网 220 kV 短路电流分析和限制措施研究

胡仁祥<sup>1</sup>, 晁勤<sup>1</sup>, 常喜强<sup>1</sup>, 姚秀萍<sup>2</sup>, 焦莉<sup>3</sup>

(1. 新疆大学电气工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830008; 2. 新疆电力公司电力调度中心, 新疆 乌鲁木齐 830002; 3. 陕西省电力公司, 陕西 西安 710004)

**摘要:**随着新疆电网规模的快速发展、大电源的接入、与西北电网联网运行, 新疆电网在满足了不断增长的电力需求的同时, 短路电流的水平也日益增大, 需要高度关注。结合新疆电网的发展规划, 利用 PSASP 程序进行新疆电网短路电流计算, 通过对新疆电网近几年短路电流水平的分析, 短路电流值主要分布区间和短路电流限制措施的分析, 提出新疆电网短路电流存在的问题以及限制短路电流的方法, 为电网断路器设备选型、电网运行方式优化、打开电磁环网, 电网规划提供理论依据和借鉴。

**关键词:**新疆电网; 短路电流; 限制措施

**Abstract:** With the rapid development of Xinjiang power grid, the augmentation of its big capacity and the interconnection with Northwest power grid, Xinjiang power grid has satisfied the unceasing power demand, meanwhile, it needs a high attention to the increasing short-circuit current. According to the development plan of Xinjiang power grid, the short-circuit current of Xinjiang power grid is calculated with PSASP program. Through the analysis of short-circuit current in recent years, as well as the analysis of the major distribution areas of short-circuit current and its restrictive measures, the existing problems of short-circuit current in Xinjiang power grid and the methods to limit the short-circuit current are proposed, which provides the theoretical foundation and reference for the type selection of circuit-breaker, the optimization of operating mode, the opening of electromagnetic ring and the planning of power grid.

**Key words:** Xinjiang power grid; short-circuit current; restrictive measure

**中图分类号:** TM744 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2011)03-0019-03

## 0 引言

近几年新疆电网规模和容量不断的增大, 母线短路电流也不断上升, 其部分设备的遮断容量已明显不能满足系统要求。系统短路电流还将继续快速增长。文献 [7-8] 分别对具体电网的短路电流发展过程以及抑制措施进行了分析, 指出网络规划是解决短路电流问题的根本途径。文献 [9-10] 介绍了一种新型的短路电流限制器, 文献 [11] 介绍了小电抗接地对短路电流的抑制作用。

下面重点分析新疆 220 kV 电网短路电流的发展过程, 和不同网架结构运行方式下的短路电流水平对新疆电网的影响。在此基础上提出限制短路电流的方法, 并对各种方法的适用性和经济性进行比较。

## 1 短路电流计算条件

计算网络包括新疆全区电力系统, 以及与西北电

联网运行。计算新疆电网 2009 年夏季和冬季最大运行方式、2010 年夏季和冬季最大运行方式、以及冬季大负荷时期 750 kV 升压运行、与西北电网联网运行、与西北电网联网合环运行等多种运行方式。

短路电流计算运用母线单相和三相短路电流值, 是由于母线短路电流值大于其他线路的短路电流值, 固可以将其用于校验故障母线的的所有开关遮断容量。

使用的计算程序是中国电力科学研究院开发的“电力系统分析综合程序”(Power System Analysis Software Package PSASP)。

## 2 新疆 220 kV 电网短路电流分析

### 2.1 2010 年与 2009 年短路电流比

2010 年新疆电网 220 kV 电压等级电网短路电流水平均较 2009 年有大幅度的增长。

表 1 220 kV 母线短路电流增幅最大的站点

运行方式	母线名	单相短路电流 /kA		三相短路电流 /kA	
		2009年	2010年	2009年	2010年
夏大	交河	4.26	8.54	4.62	9.59
	玉龙	1.42	2.61	1.97	3.4
	莎车	1.82	3.1	1.37	2.2
冬大	玉龙	1.29	2.98	1.2	2.58
	交河	4.28	8.64	4.68	9.54
	莎车	1.77	3.38	1.87	3.65

由表 1 可以看出,在夏大运行方式时,交河的短路电流不论是单相还是三相都比 2009 年时增长了一倍多。在冬大运行方式时,玉龙和交河的短路电流单相和三相都是 2009 年短路水平的两倍。虽然这些母线的短路电流都增长很快,却都没有超过开关额定遮断容量。但这些站点都是需要密切关注。

### 2.2 2010 年短路电流区间

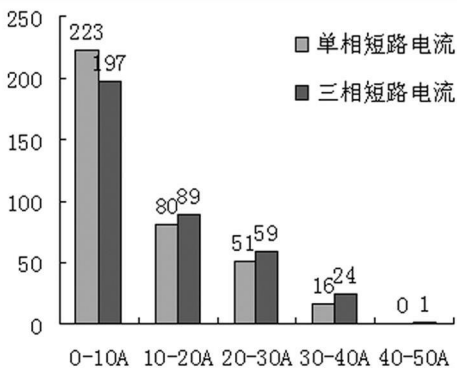


图 1 不同运行方式下单相和三相短路电流区间柱形图

由图 1 可以看出,电网的单相和三相短路电流大都集中在 0~10 kA 的区间,新疆电网的短路电流大都在断路器的额定开断能力之内。这也说明了新疆电网还比较薄弱。也有母线的短路电流在 30~40 kA 和 40~50 kA,都还在断路器的额定开断能力之内,必须引起高度注意。但其中红二电的短路电流升至 39.4 kA,该区 LW15-220(遮断容量为 40 kA)型高压断路器,说明此断路器的裕度已不多,如果再有新的大电源投入,此断路器可能会超标。根据 2011 年的电网规划计算出红二电的短路电流达到了 47 A,已超过其现有断路器的额定容量。鉴于此种情况这里对短路计算方法、分支电流和开关设备进行讨论,最后对这即将超标的问题提出几种限制措施。

## 3 短路电流计算的注意事项

### 3.1 计算方法

目前电力系统分析软件在短路电流计算方法上主要分为基于潮流(基于方式)和不基于潮流(基于方案)两种。基于潮流(基于方式)的短路电流计算方法,实质是叠加法原理,在计算中详细模拟发电机、线路、变压器、负荷等元件实际值。不基于潮流(基于方式)的短路电流计算方法,计算时发电机内电势取 1.0,负荷忽略,电压运行水平不考虑,其他都和基于潮流一样,如表 2 所示。

表 2 短路电流计算方法比较

项目	基于潮流	PSASP 不基于潮流
发电机内电势	实际值	1.0
旋转马达负荷	可考虑	忽略
静止负荷	可考虑	忽略
交流线路、变压器支路电阻	考虑	考虑
变压器变比	实际变比	实际变比
交流线路的电容	考虑	考虑
容性、感性无功补偿	考虑	考虑
电压运行水平	实际电压	不考虑

从表 2 可以看出,两种计算短路的方法主要差别在于发电机内电势、负荷和电压运行水平上。从文献 [2] 知,不基于潮流的结果比基于潮流的结果偏大。在基于潮流中,发电机内势为实际值,在发生短路故障时,考虑次暂态,电势 E 将下降而小于 1.0,从而计算出的短路电流也会小于不基于潮流的计算结果。

在考虑负荷时,若负荷模型采用感应电动机,在基于潮流方式下计算结果中将含有感应电动机提供的短路电流。在不基于潮流中,电压运行水平不考虑,即在发生短路故障时,不考虑电压下降的因素,所以其计算结果要大于基于潮流的计算结果。

### 3.2 分支电流

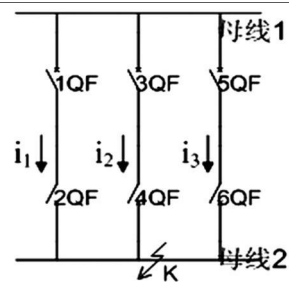


图 2 母线 K 点发生短路

本次计算短路电流所用程序为 PSASP(不基于潮流)。该方法在计算短路时,短路电流是母线处的短路电流,即为所有并列运行输电线的合电流。如图 2 所示,在 K 点发生短路故障时, K 点的短路电流为

三条支路的合电流 (即  $I_1 + I_2 + I_3$ )。从图 2 可知母线短路时, 如果三条输电线长度和各种参数相同的话, 那么流过每个断路器的短路电流只有母线处短路电流的三分之一。

短路点发生在图 3 所示的 K1 点 (K1 点假设为 2QF 的出线端) 时, 那么 K1 点短路电流为  $I_2$  与  $I_1$  之和 ( $I = I_1 + I_2$ ), K1 的短路电流和母线处的短路电流一样大。然而流过 2QF 的短路电流却只有  $I_2$ , 此电流明显小于 K1 的短路电流, 小于图 1 所示的母线短路电流。

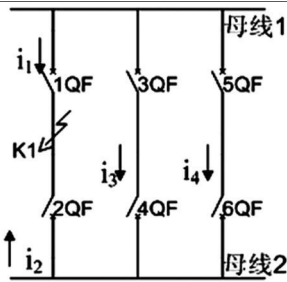


图 3 输电线支路在 K1 点发生短路

而如果短路点 K1 发生在 1QF 的出线端, 那么短路点 K1 的短路电流为  $I_1 + I_2 + I_3$ 。此短路电流也等于母线处的短路电流, 然而流过 2QF 的短路电流也只有  $I_2$  与  $I_1$  之合。该电流也小于母线处的短路电流。其余断路器流过的短路电流将更小于母线处的短路电流。

从上面的分析可知, 实际流过 QF 的短路电流是小于母线处的短路电流。而在实际的工程中, 各处的断路器是按母线处的短路电流来校验与安装的。

### 3.3 开关设备

以前的开关设备以多油开关设备或者少油开关设备为主, 由于其开关设备自身性能作用需要留有 30% 的预度, 即短路电流 / 开关遮断电流 70% 的开关设备才算合格; 70% 的开关设备为不合格。而随着新工艺的发展, 目前开关为 SF<sub>6</sub> 开关, 此开关性能好。然而是否可以不留预度, 或者少留预度, 如 10% 的预度, 值得思考和斟酌。

## 4 限制短路电流的措施

### 4.1 目前限制短路电流的主要措施

1) 母线分段运行; 2) 串联电抗器; 3) 提高断路器的遮断容量; 4) 电磁解环运行; 5) 采用适当的电压调节手段; 6) 新型高压熔断器或者短路电流限制

器。

### 4.2 限制其短路电流的方案

上面介绍的几种常用限制短路电流的方法, 选其最常用的运用在红二电上, 从技术性、安全性和经济性三方面讨论采用这几种方法的优缺点。

#### 4.2.1 更换大的遮断容量断路器

更换大的遮断容量断路器, 此方法能马上解决红二电短路电流超标问题。但随着新疆 750 kV 电网建设的进度、电网网架的加强, 电网短路水平将继续增加, 更换断路器是不能从根本上解决短路电流的超标问题。而且此方法的造价也很大, 如设备价格和更换设备时造成停电等直接经济损失。

#### 4.2.1 电磁解环运行

电磁解环运行, 从方法的运用效果可以看出, 红二电的单相短路电流下降了 2.72 kA, 三相短路电流下降了 2.18 kA。从限制短路电流的目的来说, 解环很有利。从经济上讲, 文献 [17-18] 从理论上证明了解环运行将更经济。从安全稳定来说, 当新疆 750 kV 电网网架结构坚强了, 实现解环运行更有利于电网的安全运行。

#### 4.2.1 母线分列运行

母线分列运行, 此方法能有效地增大阻抗, 限制短路电流。而且也是最简单、最经济和最有效的方法。但此方法将削弱系统的电气联系, 降低电网安全裕度和运行灵活性。故障时, 母线突然分段运行, 这时可能将造成所接负荷分配不平衡, 严重过负荷时可能会使设备损坏, 给电网的安全运行带来的隐患。而如果故障发生在输电线的出线端时, 要等母线分段后方可将故障点的断路器跳开, 使故障持续时间延长, 将给电网运行造成严重的后果。

综上所述, 限制红二电短路电流即将超标问题上, 首先推荐考虑解开电磁环网运行, 而后是分母运行。

## 5 结论

对新疆电网的短路电流计算知, 电网的短路电流与 2009 年比明显上升。特别是与西北电网的联网运行使得短路电流进一步上升。从技术性、安全性和经济性等方面讨论了用于限制红二电的短路电流的几种方法, 得出首选解环运行, 而后是分母运行。短路

(下转第 39 页)

(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)