

# 疆南 750 kV 电网延伸前后电源故障 低电压问题分析

辛超山, 吕 盼, 张增强, 宋新甫, 付高善  
( 国网新疆经济技术研究院, 新疆 乌鲁木齐 830047 )

**摘 要:** 疆南电网位于新疆电网南部, 网架结构薄弱, 网内支撑电源较少, 预计 2015 年年底 750 kV 主网延伸至疆南电网。主要分析疆南电网电源发生故障跳机后对疆南电网的影响。分析结果表明, 喀发 3 期机组故障对疆南电网影响较大, 故障时暂态电压跌幅达到 30 ~ 60 kV, 电压跌落严重, 电网抗风险能力差, 严重依赖稳控装置。南部 750 kV 网架补强后, 疆南、阿克苏地区短路容量水平均大幅提升, 南部 750 kV 库车—喀什工程建成后电网抗风险能力明显提升, 南部 750 kV 网架补强后喀发 3 期电厂机组具备大功率运行的能力。

**关键词:** 疆南电网; 机组故障; 低电压分析

**Abstract:** Southern Xinjiang power grid is located in southern area of Xinjiang power grid, its grid structure is weak and it has less support power network, its 750 kV main grid is expected to be extended to southern Xinjiang power grid by the end of 2015. The impact after a fault trip in southern Xinjiang power grid on its own power grid is analyzed. The analysis results show that the failure of third stage units in Kashi Power Plant has a greater influence on southern Xinjiang power grid, at that time the transient voltage declines to 30 ~ 60 kV during the failure, the voltage drop is severe, the anti-risk ability of power grid is poor, and it heavily depends on the stability control device. After the reinforcement of 750 kV power grid in southern area, the short-circuit capacity levels are significantly improved in southern Xinjiang and Aksu prefecture, after the completion of 750 kV Kuche - Kashi project, its ability to resist the risks has improved significantly, and after the reinforcement of 750 kV southern grid, the third stage units of Kashi Power Plant have the ability to run with high power.

**Key words:** southern Xinjiang power grid; unit failure; low voltage analysis

中图分类号: TM72 文献标志码: B 文章编号: 1003 - 6954(2016)03 - 0045 - 04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.03.010

## 0 引 言

疆南电网位于新疆电网末端, 主要供电范围为喀什地区、克孜勒苏自治州和兵团农三师各团场, 疆南电网通过 220 kV 线路与新疆主电网及和田电网联接, 网架结构薄弱, 供电可靠性低, 低电压、停电问题严重。截至 2014 年年底, 疆南电网已形成以喀什市和阿图什市为中心, 向东约 300 km 至农三师图木舒克市, 向西约 100 km 至康苏镇, 向南约 350 km 至和田地区皮山县, 供电面积覆盖两地州大部分地区的电网, 见图 1。

## 1 故障前电网概况

目前, 疆南电网电源支撑以水电为主, 且多为径

流式, 仅喀发 3 期 2 台 350 MW 机组为稳定电源支撑。

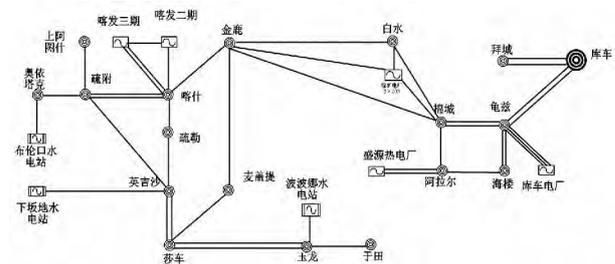


图 1 疆南电网网架结构图

正常运行方式下疆南电网开机方式以及各电厂出力情况如表 1 所示。

故障前近区电网电压情况如表 2 所示。

## 2 故障过程分析

### 2.1 故障过程分析

表1 故障前各机组出力情况

机组名称	额定/MW	有功/MW	无功/Mvar
波波娜1号	50	39.7	1.31
波波娜2号	50	39.6	3.69
下坂地1号	50	42.6	9.63
下坂地2号	50	30.3	7.52
喀发2期1号	50	32.7	-0.21
喀发3期5号	350	185.1	2.79
喀发3期6号	350	289.7	8.93
前海1号	50	35.9	9.58
前海2号	50	45.1	8.04

表2 近区母线电压情况 单位: kV

	喀什	金鹿	棉城	白水	龟兹	台远	牙哈
220 kV 母线	237	240	236.4	237.4	237.9	237.4	236.1
110 kV 母线	118.9	119.8	118.9	117.3	119.9	117.5	119.1

喀什电厂压力故障,高排压比保护跳机逻辑为并网状态下 $<1.73$ 延时60s跳机,故障过程中高排压比最终下降至1.71附近触发保护延时60s后保护动作,22:34:6号汽轮机跳闸,电子间ETS柜首出记录为高排压比低保护动作,6号发电机解列。

经现场检查确认为进入保护逻辑的调节级压力取样管处泄漏,导致调节级压力突降,高排压比值突降,最终触发高排压比低保护动作,机组跳闸解列。

### 2.2 故障 PMU 数据分析

喀发3期6号机组跳闸后,南疆片区的下网功率突增,白鹿+徐鹿+棉鹿断面有功功率增加至603 MW(突增量为291.9 MW),兹棉断面有功功率增加至629.8 MW(突增量为226.8 MW),鹿喀+鹿麦断面有功功率增加至510.5 MW(突增量为247.5 MW)。金鹿、棉城、喀什变电站的220 kV母线电压跌落比较严重。

稳控动作共切除147.9 MW负荷,各站的电压恢复,其中金鹿变电站稳控动作切除金鹿变电站93.9 MW负荷后,棉城变电站稳控动作切除棉城变电站46 MW负荷,电压情况PMU图如图2、图3所示。

在故障的过程中,金鹿变电站的电压跌落最为严重,最大跌幅达到了32.1 kV;喀什变电站由于有电源的支撑,故障中电压的变化最小为10.3 kV。

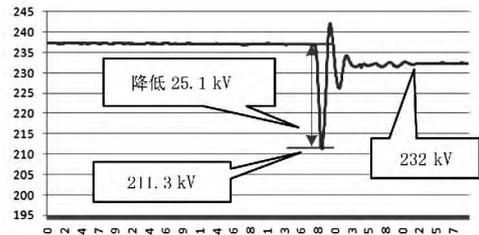


图2 故障中棉城变电站母线电压 PMU 图

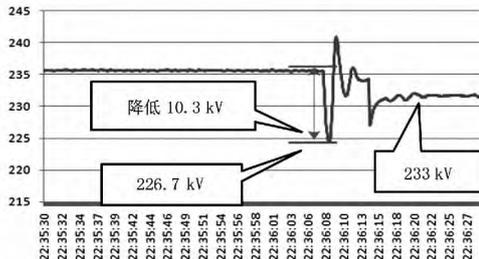


图3 故障中喀什变电站母线电压 PMU 图

故障后,南疆片区电压跌落,其中喀什3期5号机端电压跌落了0.46 kV,盛源2号机的机端电压跌落了0.58 kV,造成机组的励磁系统动作,机组励磁电压增加,励磁机组的机端电压恢复,如图4所示。

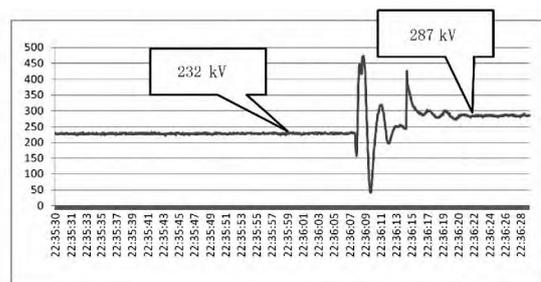


图4 故障过程喀发3期5号机的励磁电压

系统切负荷后,喀发3期5号机励磁电压由232 V升高至287 V,盛源2号机的励磁电压由150.4 V升高至167.3 V,喀发3期5号机机端电压升高了0.27 kV,盛源2号机端电压升高0.14 kV。

### 2.3 仿真验证

根据PMU数据信息调整数据包与故障前的电网的方式及潮流信息保持一致,设置1s后电网发生喀发3期6号机组跳闸故障。当金鹿站电压跌落至0.99 p.u.以下,在0.2s后切除金鹿站48.2 MW负荷;当棉城站电压跌落至0.99 p.u.以下,在0.4s后切除金鹿站48.2 MW、棉城站的101.3 MW的负荷。

仿真结果表明,在喀发3期6号机组跳闸故障,南疆地区电网功率突增,附近站点220 kV母线的电

表3 仿真与实时故障电压对比 单位: kV

母线名	故障前		故障时最大跌落		故障后稳态电压	
	PMU	仿真	PMU	仿真	PMU	仿真
喀什 变电站 220 kV 母线电压	237.0	223.0 (跌14)	226.7 (跌10.3)	230.6	233	
金鹿 变电站 220 kV 母线电压	240.7	208.6 (跌32.1)	208.6 (跌32.1)	228.9	227	
棉城 变电站 220 kV 母线电压	235.8	213.7 (跌22.1)	211.3 (跌25.1)	228.6	231	

压跌落,仿真结论与PMU录波数据基本吻合。

### 3 750 kV 电网延伸前后喀发跳机对近区电网影响

#### 3.1 喀发3期6号跳机后稳控不动作仿真分析

仿真喀发3期6号跳机后稳控不动作,故障后金鹿变电站220 kV电压跌至179.5 kV,在187 kV(220 kV的0.85 p. u.)以下持续700 ms,达到低压减载装置动作定值(85%  $U_n/0.5$  s)将切负荷,见图5所示。由于恢复电压过低,低于正常运行电压220 kV下限,南疆电网抗干扰能力较弱,易造成静态稳定破坏,引发南疆电网失稳,大面积停电。若二道防线不动作,三道防线切负荷后疆南电网仍存在一定的垮网风险。

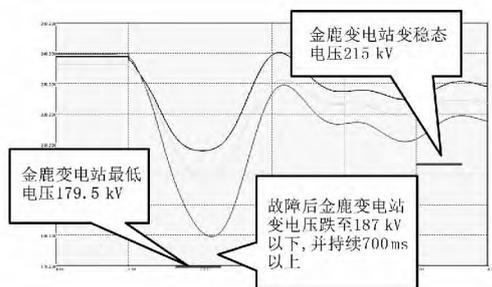


图5 故障近区电网电压曲线

#### 3.2 改变南疆机组的开机方式情况对比分析

通过同一数据平台下,分析南部较大电厂不同开机方式下,喀发3期6号跳机故障后对周边220 kV变电站电压影响开展对比分析,具体情况如下:

##### 1) 全开机方式

在喀发2期、盛源、徐矿电厂全开机的情况下发生喀发3期6号机跳机故障后,金鹿、棉城变电站的母线电压跌落情况和发电机的励磁系统动作情况:

全开机方式系统短路容量大,机组备用充裕,在喀发3期6号机跳机情况下金鹿变电站电压跌幅最低至218.9 kV,仅有功率突变量超出80 MW,不会触发金鹿变电站稳控策略。

##### 2) 电厂单机方式

在喀发2期、盛源、徐矿电厂都单机运行的情况下发生喀发3期6号机跳机故障后,喀什、金鹿、棉城变电站的母线电压跌落情况和发电机的励磁系统动作情况:单机方式系统短路容量变小,机组备用空间下降,在喀发3期6号机跳机情况下金鹿变电站电压跌幅最低至200.3 kV,其中到达金鹿变电站稳控策略电压217.8 kV的阈值,金鹿变电站稳控装置动作切负荷。

##### 3) 电厂单机方式下励磁系统不发挥性能的情况

在喀发2期、盛源、徐矿电厂都单开机方式下,机组励磁控制系统调节能力不发挥性能的情况下发生喀发3期6号机跳机故障后,金鹿、棉城变电站的母线电压跌落情况:该方式系统短路容量最小,机组无功功率备用不足,在喀发3期6号机跳机情况下金鹿变电站电压跌幅最低至192.5 kV,棉城变电站电压跌幅最低至203.5 kV,其中金鹿变电站、棉城变电站、喀什变电站稳控策略均动作,稳控装置通过切负荷抬升系统电压。

通过对3种方式下发生喀发3期6号机跳机故障后,系统电压和机组励磁动作情况的对比可知:在全开机发生机组跳闸故障时,机组励磁系统动作效果最为有效,对抬升系统电压能力最强。其中220 kV金鹿、棉城、喀什变电站电压跌落情况见表4。

上述开机方式下,喀发3期6号机跳机故障后运行机组励磁调节情况数据见表5。

通过不同开机方式对系统影响对比分析得出以下结论:

1) 在喀发、盛源、徐矿3个电厂的单开机方式对系统故障情况下的电压波动影响明显,其中在单机励磁无效方式下稳控动作后电压跌幅最严重,稳控装置动作后金鹿变电站最低电压仍然跌至192.5 kV。

2) 全开机方式时故障期间各发电厂机组励磁器控制效果均摊,对各220 kV变电站的电压支撑能力明显变强,变电站电压在6 s内便可快速恢复稳定运行。

#### 3.3 未来南部网架补强后抗风险能力分析

随着750 kV库车—阿克苏—巴楚—喀什输电

表 4 不同开机方式下故障电压对比

单位: kV

母线名称	故障前	事故时最大电压跌落			事故后稳态电压		
		全开机	单机运行	单机运行 (励磁无效)	全开机	单机运行	单机运行 (励磁无效)
喀什变电站 220 kV 母线电压	239.6	220.6 (跌 19)	217.3 (跌 22.3)	209.9 (跌 29.7)	232.4	231.3	228.6
金鹿变电站 220 kV 母线电压	239.6	218.9 (跌 17.8)	200.3 (跌 39.3)	192.5 (跌 47.1)	230	227.0	218.8
棉城变电站 220 kV 母线电压	236.4	227.3 (跌 9.7)	213.9 (跌 22.5)	203.5 (跌 32.9)	233.5	221.2	220.7

表 5 不同开机方式下励磁电压对比

单位: kV

机组名称	事故前/(p.u.)		事故时最大跌落/(p.u.)		事故后稳态电压/(p.u.)	
	全开机	单机运行	全开机	单机运行	全开机	单机运行
喀发 2 期 3 号	2.03	2.14	5.25(升 3.22)	6.52(升 4.38)	2.44	2.83
徐矿 1 号	1.57	1.98	3.68(升 2.11)	4.46(升 2.48)	1.67	2.47
盛源 1 号	1.31	1.82	2.16(升 0.85)	3.81(升 0.99)	1.45	1.97

线路及其配套工程的投运,南部电网 750/220 kV 断面供电能力加强,南部 220 kV 喀什变电站、金鹿变电站、棉城变电站、麦盖提变电站的短路电流水平有所提高,喀发 3 期机组出力 300 MW 故障跳闸对系统电压影响减弱。

后对系统的电压影响程度降低,其中疆南电网断面均在 300 MW 时发生跳闸故障后变电站电压变化情况见表 6。

表 7 新疆电网跳闸故障后变电站电压

场站名称	变电站电压变化最低值/kV	
	2015 年网架	2016 年网架
棉城	198.5	225.1
金鹿	179.7	220.3
喀什	207.7	230.1

在无稳控措施下,喀发 3 期 6 号机组出力 300 MW 故障跳闸后金鹿变电站 220 kV 电压均下降最大,其中在 2015 年网架情况下最低跌至 179.7 kV(跌幅 57.3 kV),南部 750 kV 库车—喀什工程建成后电压最低跌至 220.3 kV(跌幅 16.7 kV),表明南部 750 kV 网架补强后喀发 3 期电厂机组具备大功率运行的能力。

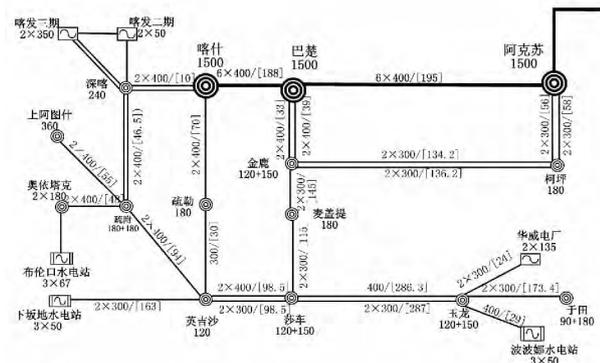


图 6 750 kV 网架延伸后局部电网图

图 6 为南部 750 kV 库车—阿克苏—巴楚—喀什工程建成投运后潮流情况,在无稳定控制措施下断面能力得到提升,其中楚喀+楚伽+鹿麦断面 800 MW 下网时喀发 3 期机组 300 MW 出力跳闸对系统电压跌落可以控制在 0.9 p.u. 以上。

表 6 新疆下网 80 万千瓦喀发故障近区电压(kV)

场站名称	金鹿	疏附	喀什	麦盖提
电压/(p.u.)	0.930 7	0.914 8	0.912 7	0.9

南部 750 kV 工程补强至喀什后,在不采取稳控措施下,喀发 3 期机组 300 MW 出力发生故障跳闸

## 4 结 论

1) 在本次喀发 3 期 6 号机组跳闸故障中稳控装置正确及时动作,切除 147.9 MW 负荷后系统恢复稳定运行,金鹿、棉城、喀什变电站的电压恢复到 225 kV 以上的运行水平,保证了电网的安全稳定。建议疆南电网的开机方式应以保证电网安全为前

(下转第 84 页)

开关遥控,从而减少了1个人的工作量,提高了变压器试验的效率。同时,该装置的使用减少了仪器操作人员和分接开关操作人员的中间呼唱环节,有效地提高了试验的准确性。

### 3 结 语

从有载分接开关挡位调节存在的弊端出发,提出了有载分接开关挡位遥控装置的研制,主要从通信方式的选择和控制方案的确定进行了分析,利用 Visual Basic 语言编写了控制程序。最后,通过实验室的调试和现场的应用,验证了控制程序的正确性和 ZigBee 无线通信的有效性。该装置已在现场进行推广使用,效果良好,减少了试验人员的工作量,提高了变压器试验的效率,达到了预期的目标。

(上接第48页)

提,在运行中尽量留足机组的旋转备用,增加电压的支撑点。

2) 南疆地区短路容量仅为乌北变电站的 16%~25%,在小负荷期间火电厂、水电厂开机减少进一步降低 220 kV 短路容量,在南疆断面下发生喀发 3 期大机组跳闸故障时暂态电压跌幅达到 30~60 kV,电压跌落严重,电网抗风险能力差,严重依赖稳控装置。

3) 南部 750 kV 网架补强后,疆南、阿克苏地区短路容量水平均大幅提升。喀发 3 期 6 号机组出力 300 MW 故障跳闸后金鹿变电站 220 kV 电压降幅最大,其中在 2015 年网架情况时最低跌至 179.7 kV(跌幅 57.3 kV),南部 750 kV 库车—喀什工程建成后电压最低跌至 220.3 kV(跌幅 16.7 kV),表明南部 750 kV 网架补强后喀发 3 期电厂机组具备大功率运行的能力。

#### 参考文献

[1] 郑超,汤涌,马世英,等. 网源稳态调压对暂态无功支撑能力的影响研究[J]. 中国电机工程学报, 2014, 34(1): 115-122.

#### 参考文献

[1] 蔡型,张思全. 短距离无线通信技术综述[J]. 现代电子技术, 2004, 27(3): 65-67.  
[2] 梁湖辉,张峰,常冲,等. 基于 ZigBee 的变电站监测报警系统[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(12): 122-124.  
[3] 李旭彦. 基于 ZigBee 的无线通信模块射频电磁场抗干扰性能研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2012.  
[4] 魏赞,魏邦农,冯婕,等. Visual Basic 语言模块化程序的设计[J]. 农业网络信息, 2014(10): 114-116.  
[5] 邱李华,曹青,郭志强,等. Visual Basic 程序设计教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.

作者简介:

邓浩(1986), 硕士, 从事变电检修、高压试验工作。

(收稿日期: 2016-01-07)

[2] 杨海涛,丁茂生,宋新立,等. 电力系统动态稳定机理和稳定措施分析[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(14): 35-39.  
[3] 董凌,王亦婷,成静. 750 kV 电网形成初期对青海电网影响[J]. 电网与清洁能源, 2010, 26(5): 30-34.  
[4] 夏翔,熊军,胡列翔. 地区电网的合环潮流分析与控制[J]. 电网技术, 2004, 28(22): 76-80.  
[5] 栾军,张智刚,寇惠珍,等. 提高 500 kV 电网输电能力的技术研究[J]. 电网技术, 2005, 29(19): 15-17.  
[6] 黄明良. 拉西瓦水电站接入系统与西北 750 kV 电网建设方案的研究[J]. 电网技术, 2005, 29(13): 20-25.  
[7] 孙宇光,郝亮亮,王祥珩. 隐极同步发电机励磁绕组匝间短路的多回路电感参数计算[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(13): 55-60.  
[8] 吴新振,王祥珩,罗成. 多相异步电机谐波电流与谐波磁势的对应关系[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2005, 45(7): 865-868.  
[9] 万书亭,李和明,李永刚. 转子匝间短路对发电机定子振动特性的影响[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(10): 122-126.

作者简介:

辛超山(1989), 硕士, 从事电网规划相关工作。

(收稿日期: 2016-01-07)