

# 准东地区电网短路电流面临的形势及对策

关洪浩, 宋新甫, 张增强, 吕 盼

( 国网新疆电力公司经济技术研究院, 新疆 乌鲁木齐 830011)

**摘 要:** 准东地区电网为新疆大型能源基地, 目前该区域大用户较多, 且均配套建设相应的自备电源, 造成电网短路电流问题突出。对准东地区电网短路电流现状进行了详细的分析计算, 结合准东电网“十三五”发展规划分别从电网运行方式调整、加装串联电抗器、电源转接 3 个方面对短路电流的下降情况进行详细的分析。计算表明: 解决电网短路电流的根本措施为分散电源接入, 合理分配 750 kV 变电站的电源装机容量。

**关键词:** 短路电流; 装机规模; 限流电抗器; 断路器额定开断能力

**Abstract:** Zhundong power grid is the power base of Xinjiang autonomous region. With the connection of so many self-provided generators to the power grid, short-circuit current problem becomes more and more severe. The current situation of short-circuit current in Zhundong power grid is analyzed in detail. Three methods are introduced to lower the short-circuit current in Zhundong power grid, that is, adjusting operating mode of power grid, installing series current-limiting reactors and transferring the self-provided generators to a new power substation. The results show that the most effective way to solve the problem of short-circuit current is to disperse the generators and make sure the capacity of generators to one substation should not be too large.

**Key words:** short-circuit current; installed capacity; current-limiting reactor; rated breaking capacity of circuit breaker

中图分类号: TM713 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2015)05-0076-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2015.05.017

## 0 引 言

由于大规模高能耗企业的入驻及配套自备电厂的投运, 五彩湾地区电网短路电流未来面临的形势非常严峻。根据《新疆电网 2015 年年度运行方式》到 2015 年年底新疆电网全接线方式下 220 kV 彩虹变电站三相短路电流已超过 50 kA, 已超过断路器额定开断电流能力(额定值为 50 kA)。随着远期能源基地的建设和特高压直流配套电源的大规模投产, 该地区短路电流问题将进一步凸现。

在系统运行和局部电网建设中, 控制短路电流比较常用的方法是增加变压器等元件的阻抗、引入限流电抗器或采用解环运行的方式等。这些方法在日常运行中比较有效, 但更应该从电网规划的角度控制短路电流<sup>[1]</sup>。

目前, 关于限制电网短路电流的相关文献较多, 相关控制短路电流的措施也相对成熟。文献[2]为限制短路电流的措施的综述; 文献[1, 3-5]结合实际电网分析了短路电流存在的问题, 同时对各种限

制短路电流措施的效果进行了探讨; 文献[6]以 220 kV 短路电流不超过 50 kA 为约束, 分析了几种典型 220 kV 接线模式不同变压器容量及阻抗下电源最大接纳能力, 为电源的接入和变电站分片运行提供了重要参考; 文献[7]对大电源接入不同电压等级对短路电流的影响进行了分析, 提出了有效限制短路电流的大电源接入原则。

对目前准东地区短路电流水平进行详细计算, 分析短路电流超标的主要原因。结合“十三五”电网发展规划对几种限流措施适应性进行详细分析, 得出解决准东五彩湾片区短路电流问题最根本的措施为转带五彩湾片区电源, 分散电源的接入。

## 1 准东地区电网短路电流现状

目前准东五彩湾区域大型工业企业较多, 包括神火、其亚、宜化等, 且均已配套建成相应的自备机组, 并通过 220 kV 电压等级接入新疆主电网。

预计 2015 年年底, 准东五彩湾区域电网网架结构将如图 1 所示。

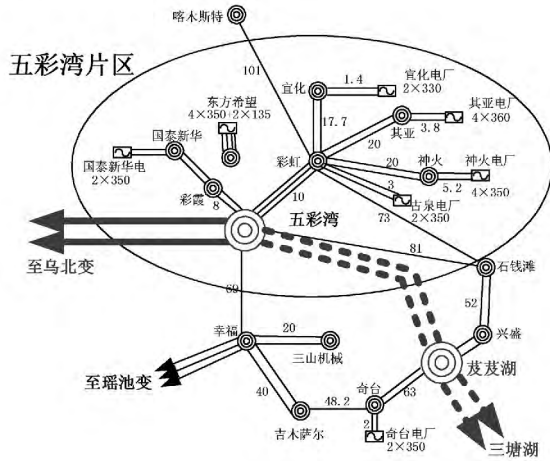


图1 2015年年底准东五彩湾区域电网结构图

根据《新疆电网2015年年度运行方式》,2015年年底,环天山东部750kV大环网建成后全接线方式下准东五彩湾区域短路电流如表1所示。

表1 准东五彩湾区域全接线方式短路电流水平

母线名	三相/kA	单相/kA	遮断容量/kA	
五彩湾	750kV侧	27.56	27.38	63
	220kV侧	57.59	63.63	63
芨芨湖	750kV侧	22.62	22.47	63
	220kV侧	19.88	24.50	63
彩虹	220kV侧	56.16	53.42	50
彩霞	220kV侧	45.93	42.23	63
石钱滩	220kV侧	14.07	13.33	50
兴盛	220kV侧	13.16	11.30	50

根据五彩湾区域全接线方式下短路电流计算结果,短路电流相对突出的变电站主要有750kV五彩湾变电站和220kV彩虹变电站,而750kV芨芨湖变电站、220kV兴盛变电站、石钱滩变电站短路电流相对较小。其中全接线方式220kV彩虹变电站、750kV五彩湾变电站220kV侧短路电流已经超过断路器额定开断电流水平。

以五彩湾750kV变电站220kV侧为研究对象,对应短路电流分支系数如表2所示。

根据短路电流分支系数计算情况表:通过750kV侧提供给750kV五彩湾变电站220kV侧短路电流为20.4kA,占750kV五彩湾变电站220kV侧短路电流35.4%,通过220kV彩虹一、二、三线提供的短路电流为28.95kA,占750kV五彩湾变电站220kV侧短路电流50.3%,是造成准东五彩湾区域

短路电流超标的主要因素。

表2 750kV五彩湾变电站220kV侧短路电流分支系数

序号	支路名称	分支系数	短路电流/kA
1	2号主变压器	0.17399	10.02
2	3号主变压器	0.17399	10.02
3	220kV彩虹一线	0.16756	9.65
4	220kV彩虹二线	0.16756	9.65
5	220kV彩虹三线	0.16756	9.65
6	220kV彩福线	0.03629	2.09
7	220kV彩钱线	0.00712	0.41
8	220kV彩霞一线	0.05296	3.05
9	220kV彩霞二线	0.05296	3.05
10	合计	1	57.59

## 2 准东地区电网短路电流超标原因分析

### 1) 电源装机容量过大,且接入点单一

根据前述全接线方式短路电流和分支系数计算情况,通过彩虹变电站接入的大型电源对五彩湾变电站短路电流起到决定性作用。仅考虑直接接入彩虹变电站的机组已经达到12台,装机容量合计达到4240MW。而220kV石钱滩变电站、兴盛变电站由于没有电源的接入,短路电流很小,断路器开断裕度非常充裕。

### 2) 网架结构不断增强,网内电气联系日趋紧密

目前新疆750kV主电网仍处于发展的初期,其中750kV五彩湾变电站于2014年年底建成投产,根据规划,2015年年底准东地区将围绕五彩湾变电站建成环绕天山东段的750kV双环网,以满足准东区域大型能源外送的需求,届时五彩湾区域与新疆主电网的联系将进一步增强,短路电流问题将更加突出。

## 3 限制电网短路电流水平的措施

限制电网短路电流水平的措施可从电网规划、设备选型、运行方式3个方面综合考虑。

### 1) 电网规划

合理规划电源接入电压等级、接入方式。电源接入不宜过度集中,接入点的选择应充分考虑对系统短路电流水平的影响,注意给电网短路电流水平

留有一定的发展空间,发电厂宜以单元接线型式接入系统,大电厂间尽可能不要有直接的联络线,大电厂不宜串在环网中运行。网内新建大容量电源应尽可能采用高电压等级接入。

合理规划电网网架结构。对网架合理的分层、分区可以有效地控制短路电流。在更高电压等级骨干网架形成后依托该电压等级变电站采取低电压等级电网分片运行能有效抑制电网短路电流水平。

### 2) 设备选型

采用高阻抗变压器。负荷中心地区网络紧密,可适当提高电厂升压变压器的短路阻抗,从源头上控制注入电网的短路电流。同时对于电源接入相对集中的变电站亦可考虑采用高阻抗变压器抑制分支短路电流水平。

加装限流电抗器。加装限流电抗器对限制短路电流亦具有一定的效果,但限流电抗器的限流效果与电网运行方式密切相关。限流电抗器通常加装在线路潮流较轻而对系统短路电流影响较大的线路中,可有效地减少局部区域系统短路电流。

加装变压器中性点小电抗。在变压器中性点加装小电抗便利,投资较小,该阻抗值在零序网络中将放大3倍,因此在单相短路电流过大而三相短路相对较小的场合很有效。

### 3) 电网运行方式调整

电网运行方式调整主要包括母线、变压器分列运行及线路开断等。由于基于以有的电网结构,不需要增加额外的投资费用,为限制电网短路电流水平,应深入挖掘运行方式调整的潜力;但通常运行方式调整措施是以牺牲电网可靠性为代价的,因此采取运行方式调整限制短路电流时需结合电网供电可靠性、供电能力等方面综合考虑,防止电网可靠性、供电能力等出现明显下降。

## 4 准东地区电网短路电流限制研究

### 4.1 准东地区电网远期短路电流水平

目前,五彩湾区域750 kV主网架处于发展初期,暂无750 kV电压等级火电电源接入。但由于该区域为新疆大型能源基地,根据《新疆“十三五”电网发展规划》,“十三五”末,该区域将建成2条±1100 kV特高压直流输电工程,额定输送容量将达到24000 MW。其中准东至皖南±1100 kV特高压

直流配套电源目前已经取得核准,电源合计7座,共20台机组,装机容量为13200 MW。

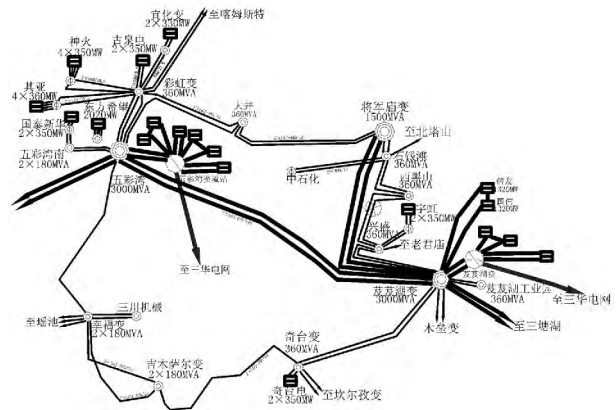


图2 “十三五”末准东区域电网结构图

考虑到未来准东区域两条特高压直流建成后,“十三五”末期全接线方式短路电流将如表3所示。

表3 远期短路电流水平(全接线方式)

母线名	750 kV / 220 kV 侧	全接线	
		三相/kA	单相/kA
五彩湾	750 kV 侧	56.12	55.90
	220 kV 侧	69.69	77.06
芨芨湖	750 kV 侧	53.35	53.13
	220 kV 侧	47.85	55.11
彩虹	220 kV 侧	65.45	62.40
彩南	220 kV 侧	54.41	52.55
石钱滩	220 kV 侧	24.30	21.90
兴盛	220 kV 侧	33.99	31.01

### 4.2 准东地区短路电流限制措施研究

#### 1) 电网运行方式调整

针对五彩湾区域短路电流问题,优先考虑通过电网运行方式调整。采取的措施主要在750 kV/220 kV电磁环网解环运行的基础上进一步考虑母线、变压器分列运行。

750 kV/220 kV电磁环网解环方案如下:①750 kV五彩湾变电站至幸福变电站线路断开,吉木萨尔变电站至奇台变电站线路断开,解开750 kV五彩湾变电站、芨芨湖变电站与750 kV乌北变电站之间的电磁环网。②220 kV西黑山变电站至兴盛变电站的双回线路断开,解开750 kV将军庙变电站至芨芨湖变电站之间的电磁环网。③750 kV五彩湾变电站至大井变电站以及220 kV彩虹变电站至大井变电站的线路断开,解开750 kV五彩湾变电站至大井

变电站的电磁环网。

在上述解环方案的基础上考虑将750 kV五彩湾变电站220 kV母线分列运行,短路电流下降情况如表4所示。

表4 短路电流水平(采取运行方式调整)

母线名	全接线		运行方式调整后	
	三相/kA	单相/kA	三相/kA	单相/kA
750 kV 侧	56.12	55.90	56.01	55.85
五彩湾 220 kV I 母			58.83	61.95
	69.69	77.06	38.67	41.30
220 kV II 母			53.34	53.13
	53.35	53.13	47.85	55.11
苕苕湖 750 kV 侧			47.85	55.11
	47.85	55.11	65.45	62.40
220 kV 侧			57.35	54.86
	65.45	62.40		
彩虹 220 kV 侧				

从表4可以看出:仅通过运行方式调整难以满足远期准东区域短路电注控制要求,220 kV彩虹变电站短路电流超过断路器额定开断能力。

### 2) 加装限流电抗器

由于限流电抗器在投入使用时需消耗一定的无功功率,对无功功率平衡、电压调整具有一定的影响<sup>[4]</sup>。针对准东地区用户特点,神火、其亚、宜化等大用户均建设相应的自备电厂,并接带相应的用电负荷,正常方式下与主电网功率交换较少,因此考虑限流电抗器加装在用户与主系统220 kV联络线之间。

图3为考虑在神火电厂至彩虹变电站的送出线路上考虑加装不同阻值限流电抗器后短路电流下降情况。

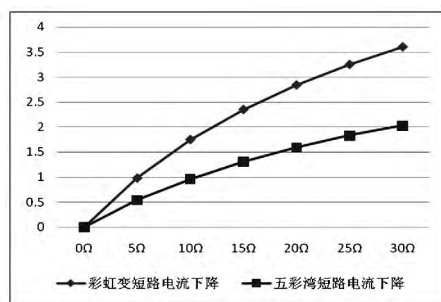


图3 加装限流电抗器后短路电流下降效果

通过图3可以看出:限流电抗器的限流效果与阻值大小呈现非线性关系,随着阻值的增大,短路电流下降趋势越来越不明显。

考虑在750 kV/220 kV分区解环的基础上五彩湾区域自备电厂与系统联络线之间各加装20 Ω限流电抗器后短路电流下降情况如表5所示。

根据表5:考虑准东五彩湾区域自备电厂各加装20 Ω的限流电抗器后220 kV彩虹变电站的短路电流仍超过50 kA,难以适应远期电网发展的需求。

### 3) 电源转带

由于电网短路电流由电源提供,而准东地区电源数量较多,装机容量较大,为限制电网短路电流水平,最有效的措施为分散电源接入,将接入彩虹变电站的部分电源转由其他变电站接带。

表5 短路电流水平(加装限流电抗器)

母线名	全接线		加装限流电抗器后	
	三相/kA	单相/kA	三相/kA	单相/kA
五彩湾 750 kV 侧	56.12	55.9	55.23	55.26
	69.69	77.06	59.16	68.41
220 kV 侧			53.22	53.07
	53.35	53.13	47.75	55.02
苕苕湖 750 kV 侧			47.75	55.02
	47.85	55.11	65.45	62.4
220 kV 侧			52.06	51.01
	65.45	62.4		
彩虹 220 kV 侧				

表6为在750 kV/220 kV分区解环的基础上考虑将准东五彩湾区域自备电厂转由750 kV将军庙变电站接带,即将750 kV五彩湾变电站至彩虹变电站的220 kV线路与220 kV大井变电站至彩虹变电站的线路短接,断开750 kV五彩湾变电站至彩虹变电站的双回线,采取上述措施后短路电流下降情况如表6所示。

表6 短路电流水平(电源转带)

母线名	全接线		电源转接后	
	三相/kA	单相/kA	三相/kA	单相/kA
五彩湾 750 kV 侧	56.12	55.90	50.92	50.70
	69.69	77.06	41.46	46.71
220 kV 侧			31.24	30.95
	29.44	29.21	24.80	27.54
将军庙 750 kV 侧			53.38	53.20
	17.50	20.04	48.94	55.25
220 kV 侧			34.41	33.73
	53.35	53.13		
苕苕湖 750 kV 侧				
	47.85	55.11		
220 kV 侧				
	65.45	62.40		
彩虹 220 kV 侧				

通过表6可以看出:将五彩湾区域自备电源转由750 kV将军庙变电站接带后准东区域短路电流出现明显下降,主要750 kV及220 kV变电站短路电流均降至合理范围内,且具有一定的遮断裕度,能适应远期电网发展短路电流控制要求。

## 5 结 论

准东五彩湾区域由于自备电源的大规模投产,目前区域短路电流问题日趋严重,制约了能源基地的快速发展,报告对准东地区短路电流现状进行了分析,结合准东电网“十三五”规划分别从电网运行方式调整、加装限流电抗器、电源转接3个方面对短路电流下降效果进行详细分析。计算表明:解决短

路电流问题最根本的措施是分散区域电源接入,将五彩湾区域自备电厂转由750 kV 将军庙变电站接带,合理分配接入750 kV 变电站的220 kV 电源。

参考文献

[1] 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.

[2] 韩戈, 韩柳, 吴琳. 各种限制电网短路电流措施的应用与发展[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(1): 141-144.

[3] 陆建忠, 张啸虎. 加强电网规划, 优化电网结构, 限制短路电流[J]. 华东电力, 2005, 33(5): 292-295.

[4] 袁娟, 刘文颖, 董明齐, 等. 西北电网短路电流的限制

措施[J]. 电网技术, 2007, 31(10): 42-45.

[5] 潘思安, 何善谨. 上海220 kV 电网短路电流控制研究[J]. 华东电力, 2005, 33(5): 30-33.

[6] 祁万春, 奚巍民, 张谦, 等. 应用500 kV 高阻抗主变压器提高220 kV 片区供电能力[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(14): 96-98.

[7] 周吉安, 靳丹, 王维洲, 等. 大电源接入方式对短路电流的影响分析[J]. 电工电能新技术, 2012, 31(1): 48-51.

作者简介:

关洪浩(1986), 硕士, 工程师, 主要研究方向为电网分析与规划。

(收稿日期: 2015-07-14)

(上接第32页)

表5 乱序模式的各相电流

顺序	IA1 /A	IB1 /A	IC1 /A	IA2 /A	IB2 /A	IC2 /A
PSCAD	2 245	2 145	2 034	2 063	2 125	2 159
MATLAB	2 297	2 165	2 035	2 035	2 165	2 296

由上述3种典型排列可以看出, 逆序排列情况下的电流不平衡度最小, 这与理论推导及MATLAB数值计算的结论均保持一致。

### 3 结论

同塔双回甚至多回输电线路是节省线路走廊的重要方式之一, 在线路长度较短而未进行轮换位的情况下, 多根导体之间通过电磁场耦合所造成的线路参数不平衡严重影响了继电保护及二次测控系统。

通过对同塔双回输电线路的深入研究, 建立了导体的电感模型, 得到其电感矩阵并进一步求解了电磁方程, 从理论上给出了电流不平衡的形成机理, 并最终提出了逆序排列是降低参数不平衡的最优选择, MATLAB数值求解以及PSCAD电磁暂态仿真结果都证明了该方案的正确性, 为今后短距离不换位同塔双回输电线路最优相序排列提供了强有力的理论支撑。

参考文献

[1] 张嘉旻, 葛荣良. 同塔多回输电技术特点及其应用分析[J]. 华北电力, 2005, 33(7): 23-26.

[2] 肖立群, 顾顺炎, 张克宝. 同塔多回输电线路塔形结构研究[J]. 上海电力, 2009(2): 91-95.

[3] 刘建华. 六相输电线路的不平衡度评估[J]. 长沙电力学院学报, 2003, 18(3): 45-48.

[4] 戴雨剑. 基于EMTP的高压输电线路换位研究[J]. 电网技术, 2006, 30(8): 133-135.

[5] 汲亚飞, 邹军. 同塔多回线路垂直排列最优相序布置方式[J]. 2008, 34(1): 172-175.

[6] 张海. 同杆双回线路故障稳态分析及其单端量选相的研究[D]. 保定: 华北电力大学博士学位论文, 2013.

[7] 孙秋芹, 王冠, 李庆民, 等. 特高压双回线路耦合效应的计算与分析[J]. 高电压技术, 2009, 35(4): 737-742.

[8] 刘桂峰, 高戟, 郎需军, 等. 对高压架空送电线路一种优化换位方式的探讨[J]. 山东电力, 2001(5): 6-8.

[9] 韦刚, 张子阳, 房正良. 多回输电线路并架的不平衡性分析[J]. 高电压技术, 2004(10): 9-11.

[10] 韦刚, 黄金生. 同塔并架多回线路序参数及不平衡度计算[J]. 电网技术, 1998, 22(10): 811.

[11] Gross, E. T. B., and Hesse M. H. Electromagnetic Unbalance of Untransposed Transmission Lines [J]. IEEE Power Apparatus and Systems, 1995, 72(2): 1323-1336.

[12] Hesse M. H. Circulating Currents in Parallel Untransposed Multi Circuit Transmission Line: II—Methods for Estimating Current Unbalanced [J]. IEEE Trans. on PAS, 1996, 85(3): 812-820.

作者简介:

唐明(1986), 博士, 工程师, 主要从事电力系统稳定分析与控制的研究。

(收稿日期: 2015-07-08)