

± 500 kV 永富直流输电工程分极送电接地方案造价分析

吴子怡, 周 唯

(西南电力设计院, 四川 成都 610021)

摘 要: ± 500 kV 永富直流输电线路采取分极送电云南、广西电网时, 由于两侧负荷需求及特性不一致可能导致两极输送功率不一致, 从而带来较大的不平衡电流, 与常规直流工程设计存在极大差异。因此, 结合永富直流分极送电时的不平衡电流规模、持续时间, 对直流工程采用双极两端中性点接地方案或采用双极金属回线方案进行造价分析比较, 从而为相似直流输电工程的投资决策提供参考。

关键词: 直流输电线路; 分极送电; 造价分析; 不平衡电流; 接地极

Abstract: Because of different load demand and different transmission power, there are vast differences between the grounding scheme of ± 500 kV Yongfu DC power transmission project and the conventional design. So the costs are compared and analyzed for bipolar two-terminal neutral grounding scheme or bipolar metallic return scheme of DC transmission project based on the unbalanced current and duration time of split electrode power transmission, which provides some useful references for the investment decision of similar DC power transmission projects.

Key words: DC transmission line; split electrode power transmission; cost analysis; unbalanced current; earth electrode

中图分类号: F407.6 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2014)06-0032-04

0 引 言

滇西北五地州水电资源丰富, 可开发电源装机容量约 60 000 MW, 将成为云南省重要的水电基地, 滇西北电网将成为南方电网“十二五”及中长期西电东送的主要送端电网。根据当前云南水电开发情况, “十二五”及“十三五”期间, 金沙江中、下游以及澜沧江流域梯级电站将陆续建成投产。根据当前电力平衡计算, 在满足当地用电需求的基础上, 滇西北地区“十二五”期间将有超过 10 000 MW 电力需要送出, 现有的输电通道无法满足外送条件。在建的 ± 500 kV 永富直流输电线路正是肩负着分极送电云南、广西电网的重要任务, 采用了双极两端中性点接地的设计方案, 对类似工程的设计起到了借鉴作用, 为加强中国 ± 500 kV 直流网架建设提供了技术创新^[1-3]。

1 永富直流运行方式特点

永富直流额定电压为 ± 500 kV、额定输送功率为 3 000 MW, 存在 3 种运行方式, 交流侧接线示意

图分别如图 1~图 3 所示。

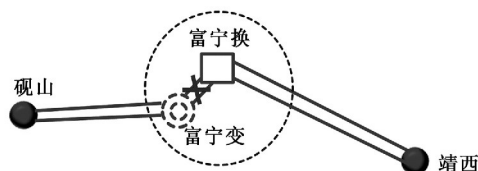


图 1 永富直流 3 000 MW 全送广西时受端换流站接线方式

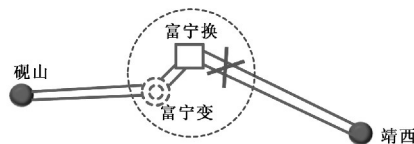


图 2 永富直流 3 000 MW 全送云南时受端换流站接线方式

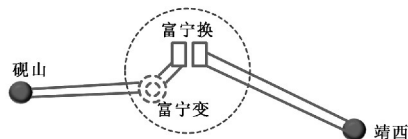


图 3 永富直流送云南、广西各 1 500 MW 时受端换流站接线方式

永富直流全送广西、全送云南运行方式的不平

衡电流规模、持续时间均与常规的 $\pm 500\text{ kV}$ 、3 000 MW 直流相同。永富直流两极分送两异步交流电网方式,由于两侧电网负荷需求不一致,有可能导致两极输送功率不一致而不平衡电流规模较大,对接地极系统或金属中线系统提出了更高要求。这里主要对永富直流两极分送方式的不平衡电流规模及持续时间进行估算,为永富直流的接地极系统和金属中线的设计提供参考意见^[4-5]。

2 最大规模不平衡电流

永富直流两极分送两个异步电网方式,直流最小功率按双极 10% (300 MW)、单极 20% (300 MW) 考虑最极端情况下,永富直流两极分送时的最

大规模不平衡电流需满足 1.1 倍的长期过负荷能力、2 h 的 1.3 倍过负荷能力、3 s 的 1.4 倍暂态最大过负荷能力^[6]。

3 两极分送时永富直流持续不平衡电流规模及时间

永富直流两极分送云南、广西时,除由控制误差以及由故障引起的不平衡电流外,能持续导致两极不平衡电流较大的方式主要由直流受端云南、广西两侧负荷需求规模以及需求特性差异引起,根据两极分送时的云南、广西两侧的负荷需求及特性,最大、最小持续不平衡电流、年运行按时数、等效损耗小时数如表 1 所示。

表 1 永富直流分极运行时的不平衡电流及持续时间

项目	最大不平衡电流 /A	最小不平衡电流 /A	年运行按时数 /kAh	年等效损耗小时数 (h,等效至 3 000 A)
情景 1(按两地区负荷特性差异估算)	640	30	1 656	68
情景 2(按富宁变电容量的两地区负荷特性差异估算)	1 000	590	5 222	478
情景 3(按富宁变电站下网容量的两地区负荷特性差异估算)	1 580	1 030	9 168	1 473

注:上述计算不包括由控制误差引起的不平衡电流以及由故障引起的不平衡电流。

表 2 金属中线方案投资估算

单位:万元

序号	项 目	直流线路 (不架设金属中线)	同塔架设 JNRLH60/ LB1A-800/70	同塔架设 JNRLH60/ LB1A-630/55
1	架空输电线路本体工程	109 987	136 737	135 207
2	辅助设施工程	590	590	590
1~2 项小计	小 计	110 577	137 327	135 797
3	编制期价差	5 527	7 851	7 689
4	其他费用	38 654	41 280	41 158
	其中:建设场地征用及清理费	18 846	18 847	18 846
5	基本预备费 2%	3 095	3 729	3 692
6	特殊项目	0	0	0
1~6 项合计	工程静态投资	157 854	190 188	188 336
7	动态费用	4 237	5 104	5 055
7.1	价差预备费	0	0	0
7.2	建设期贷款利息	4 237	5 104	5 055
1~7 项合计	工程动态投资	162 091	195 292	193 391

表 3 武屯极址及接地极线路投资估算比较表

序号	单极大地回路方式 持续运行时间	不平衡 安时数	接地极投资 /万元	接地极线路投资 /万元	接地极和接地极线路 总投资 /万元
1	1 个月	1 656 kA · h/a	5 100	7 058	12 158
	3 个月		6 400		13 458
	5 个月		7 800		14 858
2	1 个月	5 222 kA · h/a	7 000	7 058	14 058
	3 个月		8 900		15 958
	5 个月		9 800		16 858
3	1 个月	9 168 kA · h/a	/	7 058	/
	3 个月		16 400		23 458
	5 个月		/		/
4	1 个月	1 656 kA · h/a 运行 30 年 , 5 222 kA · h/a 运行 10 年	/	7 058	/
	3 个月		6 551		13 609
	5 个月		/		/

表 4 郎冲极址及接地极线路投资估算比较表

序号	单极大地回路方式 持续运行时间	不平衡 安时数	接地极投资 /万元	接地极线路投资 /万元	接地极和接地极线路 总投资 /万元
1	1 个月	1 656 kA · h/a	7 585	4 117	11 702
	3 个月		8 683		12 800
	5 个月		9 842		13 959
2	1 个月	5 222 kA · h/a	8 497	4 117	12 614
	3 个月		9 385		13 502
	5 个月		10 567		14 684
3	1 个月	9 168 kA · h/a	/	4 117	/
	3 个月		10 358		14 475
	5 个月		/		/
4	1 个月	1 656 kA · h/a 运行 30 年 , 5 222 kA · h/a 运行 10 年	/	4 117	/
	3 个月		9 385		13 502
	5 个月		/		/

表 5 总投资比较表

序号	不平衡 安时数	接地极方案工程总投资 A			金属中线方案	B - A 差值
		直流线 路投资	接地极及 线路投资	工程 总投资	金属中线 方案 B	
1	1 656 kA · h/a	162 091	26 258	188 349	195 292	6 943
2	5 222 kA · h/a	162 091	29 460	191 551	195 292	3 741
3	9 168 kA · h/a	162 091	37 933	200 024	195 292	-4 732
4	1 656 kA · h/a 运行 30 年 , 5 222 kA · h/a 运行 10 年	162 091	27 111	189 202	195 292	6 090

根据不平衡电流及持续时间的对比分析 ,综合考虑永富直流分极运行方式持续时间和输送功率的不确定性 ,从兼顾运行灵活性和节约工程建设投资考虑 ,在直流工程 40 年使用寿命可按情景 2 运行 10 年、情景 1 运行 30 年进行工程设计。

4 同塔架设金属中线投资估算

永富直流输电线路工程额定电流为 3 000 A ,最大过负荷电流为 3 300 A(即 1.1 倍额定电流) 。金属中线导线截面按允许载流量选择 ,导线允许载流量按最大过负荷电流(3 300 A) 考虑。初步选择 JNR-

LH60/G3A - 300/40、JNRLH60/LB1A - 800/70、JNR-LH60/LB1A - 630/55 等 3 种导线进行分析比较 ,综合考虑系统远期规划及长期运行安全 ,推荐采用与极导线弧垂匹配性较好且载流量储备较充足的 JNRLH60/LB1A - 800/70 耐热导线方案。采用 JNRLH60/LB1A - 800/70、JNRLH60/LB1A - 630/55 两种导线的金属中线方案投资估算比较见表 2 所示。

5 极址及接地极线路投资估算

5.1 武屯送端接地极及接地极线路投资估算
武屯接地极按长环异形考虑 ,长边约 1 200 m ,

表 6 各方案特点及问题汇总表

项目	对系统运行方式的影响	优势	存在问题
接地极方案	仅能满足情景 1(最大不平衡电流 640 A)、情景 2(最大不平衡电流 1 000 A) 2 种可能存在的运行方式,难以满足情景 3(最大不平衡电流 1 580 A)的运行方式。但是,即使是不平衡较小的情景 1,国内接地极亦无长期的运行经验,存在一定的风险。	1) 投资比金属中线方案低; 2) 线路损耗比接地极方案低; 3) 有成熟的运行经验。	1) 系统运行方式受到限制; 2) 对环境影响大,近年暴露出腐蚀管道等问题; 3) 长期较大电流入地,土壤温度升高对当地居民生产生活存在长期的不利影响; 4) 外部因素增多,施工和运行易受影响; 5) 武屯极址离中学约 150 m; 郎冲极址距西侧洞司村约 130 m,距尾洞村约 200 m,现有一些换流站接地极工程已暴露出与周边村庄协调难度大的问题。
金属中线方案	能满足不平衡电流大于 1 580 A 的各种正常或不正常运行方式; 除非出于节能降耗考虑,运行方式基本不受限制。	1) 运行方式灵活,基本不需要限制系统运行方式; 2) 对环境影响小,利于环保; 3) 便于运行维护。	1) 国内尚无同塔架设金属中线的先例,国外运行经验也较少,需进一步开展金属中线防雷保护、绝缘配合、电磁环境、交叉跨越及对地距离等研究工作; 2) 投资较比接地极方案高; 3) 线路损耗比接地极方案高。

短边 240 m,环长约 2 800 m,埋深约 5 m。武屯极址接地极线路长度 65 km,全线 10 mm 冰区。武屯极址及接地极线路投资估算比较表详见表 3 所示。

5.2 郎冲受端极址及接地极线路投资估算

郎冲极址的极环采用水平紧凑型,三同心圆环布置(半径 165/115/80 m)。外环分为四段,中环和内环分为两段,并由导流电缆从极环中心引接至馈电棒处,加装均流电阻。郎冲极址接地极线路长度 51.5 km,全线 5 mm 冰区。郎冲极址及接地极线路投资估算比较表详见表 4 所示。

6 总 结

接地极方案与金属中线方案总投资比较见表 5 所示。

在表 5 总投资比较表中,金属中线方案相对接地极方案而言,在不平衡安时数小于 9 168 kA·h/a 情况下,具有总投资低的特点,但国内尚无同塔架设金属中线的先例,国外运行经验也较少,需进一步开展金属中线防雷保护、绝缘配合、电磁环境、交叉跨越及对地距离等研究工作。通过对永富直流输电工程采用双极两端中性点接地方案或采用双极金属回线方案进行的技术经济比较,总结归纳出的比较结

论及方案特点,也为以后拟建相似工程的投资决策提供参考。各方案特点及问题汇总详见表 6 所示。

参考文献

[1] 黄成果. 云南电网十年展望[J]. 硅谷, 2012(3): 33 - 34.

[2] “十二五”云南多直流送端电网研究[J]. 云南电力技术, 2013, 41(8): 97.

[3] 李品清, 郑外生, 吴安平, 等. 云南“十二五”500 kV 规划电网结构和特征分析[J]. 南方电网技术, 20104(1): 35 - 38.

[4] 鲁志伟. 直流放射形水平接地体接地电阻的简化计算[J]. 华东电力, 1990, 18(10): 24 - 26.

[5] 黄海鹏. 500 kV 直流系统单极运行地电流对中性点接地变压器的影响及处理措施[J]. 广东输电与变电技术, 2004(1): 25 - 27, 28.

[6] 王子强, 巫玲玲, 李豹, 等. 接地极线路不平衡保护分析及改进措施[J]. 电工技术, 2013(11): 34 - 37.

作者简介:

吴子怡(1981), 硕士, 工程师, 从事电网工程造价设计工作;

周 唯(1982), 硕士, 工程师, 从事输电线路技术设计工作。

(收稿日期: 2014 - 07 - 28)

欢迎订阅 欢迎投稿