

「变电站」

变电站短路电流计算及应用

文/喀什大学物理与电气工程学院 张智勇

国网新疆电力有限公司经济技术研究院 常 鹏 李 阳 余 金

国核电力规划设计研究院 赫 冲

准北750 kV变电站是新疆电网的重要组成部分，可以满足盈余电力外送需要，促进可再生能源大规模开发。短路电流计算对变电站电气设计具有重要的意义，一旦变电中发生短路故障，短路电流比正常负荷电流大许多倍，严重危害电网的正常运行。短路电流计算是变电站电气设计的重要组成部分，导体选择对实际变电站具有一定的指导意义。

北疆三地市位于新疆维吾尔自治区最北部，距离新疆维吾尔自治区首府乌鲁木齐市约400~600 km。阿勒泰电网、塔城电网和克拉玛依电网处于新疆电网北部最末端，从北至南顺序相接经奎屯电网与新疆主电网相连，因此有必要将以上3个区域电网（以下简称北疆三地市电网）统筹考虑，统一规划。三地市地处西部边陲，基础设施建设相对滞后，北疆三地市电网是新疆电网的北部末端电网，与主电网间220 kV线路送电距离远，网架结构较为薄弱，制约了地区经济发展。三地市有着丰富的水力资源、煤炭资源和风能资源，依托区域优势资源，多个电源项目将逐步建成发电，带动北疆三地市电网电力盈余迅速增加。

北疆三地市电网存在的主要问题如下。

1) 与新疆主电网联系薄弱，亟须建设高电压等级输电通道。

2) 随着用电负荷持续快速增长，亟需补强内部网架结构。

短路电流计算对变电站电气设计具有重要的意义，一旦变电中发生短路故障，短路电流比正常负荷电流大许多倍，当通过电气设备时，温度急剧上升，会使绝缘老化或损坏，同时产生电动势，会使设备载流部分变形甚至损坏。短路电流计算是确定电气系统接线方式、校验和选择电气设

备、整定和校核继电保护的基础。其结果的准确性直接影响导体和电气设备选择、继电保护装置整定及灵敏度校验、接地装置计算等诸多问题，因此，短路电流分析和计算是变配电设计的重要内容之一。

工程概况

1. 工程建设规模

准北750 kV变电站远期建设规模1 500 MV·A主变压器2组，本期2组；750 kV出线规划8回，本期2回，采用一个半断路器接线，采用线路-变压器组接线，安装8台断路器；220 kV出线规划18回，本期10回，采用双母线双分段接线，安装16台断路器；本期安装750 kV高压电抗器 2×300 Mvar，66 kV低压电抗器 4×90 Mvar，66 kV低压电容器 2×60 Mvar，66 kV规划采用单母线接线，装设总断路器，安装10台断路器，

2. 接线方式及主变参数

当线路、变压器等连接元件总数为6回及以上，且变电所在系统中具有重要地位时，宜采用一个半断路器接线，准北工程750 kV配电装置电气主接线采用了此接线方式。220 kV按双母线双分段接线规划，主变压器低压侧66 kV电气接线采用以主变压器为单元的单母线接线。

淮北750 kV变电站采用的是单相自耦无励磁调压变压器，额定容量为500/500/150 MV·A，额定电压和分接范围 $765/\sqrt{3}/(230/\sqrt{3} \pm 2 \times 2.5\%)/63$ kV，分接头不同位置，空载损耗105.6 kW，出线端高中低压的电压电流如表1所示。

短路电流的计算原则与步骤

1. 短路电流计算的原则
- 1) 在验算电器和导体的开断电流、动稳定和热稳定时，应按照该工程的设计规划容量进行计算。一般情况，以最大运行方式下的三相短路电流为依据，以电网的远景发展规划为参考，本工程考虑系统远景在2030年最大运行方式下。
- 2) 在确定系统短路电流，应按可能发生最大短路电流的正常接线方式。

- 3) 一般情况将元件中的电阻忽略不计。
- 4) 计算系统中某一电压级的短路电流时，采用平均电压。
2. 短路电流的计算步骤
- 1) 选择计算短路点。
- 2) 对各个元件进行编号，并绘出等值网络。
- 3) 对等值网络进行化简。
- 4) 电抗进行计算。
- 5) 对无限大容量的电源供给的短路电流周期分量的标么值进行计算。
- 6) 对其他三相短路电流和短路容量进行计算。
- 7) 对短路电流进行冲击值计算。

淮北变电站短路电流计算

淮北站750 kV、220 kV母线短路计算结果如表2所示。

表1 出线端高中低压的电压电流

高压			中压			低压	
电压/kV	电流/kA	分接位置	电压/kV	套管中电流/kA	公共线圈中电流/kA	电压/kV	电流/kA
765/ $\sqrt{3}$	1 132.06	1	241.5/ $\sqrt{3}$	3.58	2.45	6.3	2.38
		2	235.75/ $\sqrt{3}$	3.67	2.54		
		3	230/ $\sqrt{3}$	3.76	2.63		
		4	224.25/ $\sqrt{3}$	3.86	2.72		
		5	218.5/ $\sqrt{3}$	3.96	2.83		

表2 短路计算结果

故障类型	三相短路电流/kA	单相短路电流/kA
淮北站750 kV母线	21.753	19.717
淮北站220 kV母线	46.969	43.606

其中，基准容量 $S_B = 100$ MV·A，基准电压 U_B 分别为765 kV、230 kV。

远景中淮北3台1 500 MV·A主变压器，220 kV三相短路电流为51.549 kA，考虑为电网发展留有一定的裕度，建议淮北站750 kV电气设备短路电流水平按50 kA设计，220 kV电气设备短路电流水

平按63 kA设计。

淮北750 kV变电站本期及远景建设规模描述如表3所示。

根据系统规划资料计算，系统远景2030年最大运行方式下，淮北站短路电流如表4所示。

远景若淮北变电站扩建第3台主变压器，220 kV三相短路电流为51.549 kA，因此根据以上计算结果并考虑到远期发展，并结合目前设备实际制造水平，750 kV设备短路电流水平取50 kA，220 kV设备短路电流水平取63 kA，66 kV设备短路电流

表3 淮北750 kV变电站建设规模

序号	项目	本期	远景
1	主变压器	2 × 1 500 MV·A	2 × 1 500 MV·A
2	750 kV出线（回）	2 回（至乌北2 回）	8 回
3	750 kV高压并联电抗器	至乌北2回各装 300 Mvar	8组
4	220 kV出线（回）	10	18
5	66 kV低压电抗器	2 × (2 × 90 Mvar)	2 × (4 × 90 Mvar)
6	66 kV低压电容器	2 × (1 × 60 Mvar)	2 × (4 × 60 Mvar)

表4 2030年短路计算结果

故障类型	三相接地		单相接地	
	短路容量/MV·A	短路电流/kA	短路容量/MV·A	短路电流/kA
750 kV母线	28 822.3	21.753	26 124.6	19.717
220 kV母线	18 710.6	46.969	17 370.9	43.606
66 kV母线	2 801.5	22.31	—	—

水平取40 kA。

导体选择

需选用的导体主要有各电压级的汇流母线、出线、主变压器引下线、各电压级的绝缘子等。选择的导体允许最高工作电压不应低于该回路的最高运行电压。一般按照 $U_N \geq U_{sN}$ 选择电气设备的额定电压。对于导体： $I_{a1} \geq I_{max}$ ；对于电器： $I_N \geq I_{max}$ 。导线选择基本原则：母线的载流量按系统规划要求的最大流通容量考虑，按发热条件选择导线的截面；各级电压设备引线按回路通过最大额定电流选择导线截面；750 kV导线截面需进行电晕校验及电晕对无线电干扰校验；220 kV导线截面需进行电晕校验及电晕对无线电干扰校验。

I_{max} 的计算方法如下。

(1) 母线

按实际功率分布进行计算。

(2) 旁路母线回路

I_{max} = 需要旁路回路的最大额定电流或最大持续工作电流。

(3) 主变压器的引下线

$I_{max} = 1.05I_{N\text{对应电压侧}}$

(4) 出线

1) 如为单回线，则

I_{max} = 最大负荷电流

2) 如为双回线，则

$I_{max} = (1.2 \sim 2)I_{\text{单回线路最大负荷}}$

(5) 分段回路

$I_{max} = 1.05I_{TN} \times K$ (I_{TN} 为变压器额定电流， $K = 0.5 \sim 0.8$)

主要导体选择计算结果如表5所示。

表5 导体选择表

电压/kV	回路名称	回路最大电流/A	选用导体		控制条件
			导线根数×型号	载流量/A	
750	母线	4 618	4×JGQNRLH55X2K-700	6 344 (120℃)	由无线电干扰水平、电晕及载流量控制
	串内	4 788	6063G-Φ200/184	5 610	由无线电干扰水平、电晕及载流量控制
	主变进线	1 472	4×JGQNRLH55X2K-700	6 344 (120℃)	由无线电干扰水平、电晕控制
	出线	4 788	4×JGQNRLH55X2K-700	6 344 (120℃)	由无线电干扰水平、电晕及载流量控制
220	母线	4 986	6063G-Φ250/230	7 841	由载流量控制
	主变进线	4 895	2×NAHLGJQ-1440/120	5 644 (150℃)	由载流量控制
	分段	4 986	2×NAHLGJQ-1440/120	5 644 (150℃)	由载流量控制
	母联	4 986	2×NAHLGJQ-1440/120	5 644 (150℃)	由载流量控制
	出线	1 596	2×(JL/G1A-400/50)	1 596	由载流量控制
		2 118	2×(JL/G1A-630/55)	2 118	
66	主变进线	3 307	2×NAHLGJQ-1440/120	5 644 (150℃)	由载流量控制
	母线	3 307	6063-Φ170/156	4 550	由载流量控制
	并联电抗器	825	2×(JL/G1A-400/50)	1 596	由载流量控制
	并联电容器	612.8	2×(JL/G1A-400/50)	1 596	由载流量控制
	站用变	11.5	JL/G1A-400/50	798	由载流量控制

结束语

准北750 kV变电站是新疆电网的重要组成部分，可以满足盈余电力外送需要，促进可再生能源大规模开发。先介绍了工程建设规模、接线

方式及主变参数，通过准北750 kV变电站工程实例，计算变电站的三相短路电流以及单相短路电流，并根据计算结果进行设备及导体选择。EA

(收稿日期：2018.03.17) (编辑：刘群彦)