

[配电网接地]

10 kV配电网中性点接地方式选择

文/国网苏州供电公司苏州电力设计研究院有限公司 周佳威 归三荣 周林康 王春柳 徐超平 任 银

计算了变电站混合出线的电容电流，给出了配电网接地方式选择的建议，并对对比分析了10 kV配电网中性点不接地方式、中性点经消弧线圈接地和中性点经小电阻接地方式的优缺点。实践表明，随着电缆线路的普及，合理选择中性点接地方式，已成为中压配电网安全稳定运行的关键因素。

目前，在江苏省10 kV配电网中，中性点接地方式以不接地和经消弧线圈接地两种方式为主，在极个别地区存在少数经小电阻接地的线路，如苏州和无锡地区。随着配电网的发展，特别是随着电缆线路的日益普及，系统对地电容电流不断增大，接地电弧如果不能自熄灭，极易发生弧光接地过电压或铁磁谐振，使得单相接地故障发展为连锁故障，严重影响配电网的供电可靠性。因此，有必要对电容电流进行计算，合理选择10 kV配电网中性点接地方式，保障配电网的安全可靠供电。

电容电流理论推导

采用镜像法，可得架空线路的单相等效电容为

$$C_0 = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2h}{r}} (F/m) \quad (1)$$

式中， ϵ_0 为空气介电常数； h 为架空线的平均对地高度； r 为架空线导线半径。

电缆线路的单相等效电容为

$$C_0 = \frac{2\pi\epsilon_r\epsilon_0}{\ln \frac{r_2}{r_1}} (F/m) \quad (2)$$

式中， ϵ_r 为电缆绝缘材料的相对介电常数； r_1 和 r_2 分别为电缆线芯半径和外皮内半径。

据此，配电网对地电容电流为

$$I_c = \frac{3\omega C_0 U_c L}{\sqrt{3}} = 543.9 C_0 U_c L \quad (3)$$

式中， I_c 为对地电容电流； U_c 为系统额定线电压； C_0 为电缆或架空线路单相对地电容； L 为电缆或架空线路的长度。

采用理论方法可以得到准确的对地电容电流值，但在实际处理中，不同厂家的线路绝缘水平、外皮内径存在差异，运行地点的环境对参数也会产生影响，一般采用近似估算法来进行数值计算及设备选型。

实践估算方法

1. 架空线电容电流计算

对于10 kV架空线路，其电容电流可表示为

$$I_c = (2.7 \sim 3.3) U_c L \times 10^{-3} \quad (4)$$

在实际处理中，需根据线路设备及实际运行情况进行修正：①因水泥标、铁塔线路增加10%；②2.7的系数适用于无架空地线的线路，3.3的系数适用于有架空地线的线路；③10 kV同杆双回线路需增加30%；④10 kV变电所中电气设备所引起的电容的增加值约为16%；⑤夏季比冬季增加10%。

2. 电缆线路电容电流计算

对于电缆线路，同样在10 kV电压等级下，每公里电容电流是架空线的25~30倍。其电容电流为

$$I_c = U_c (95 + 1.44S) / (2200 + 0.23S) L \quad (5)$$

基金项目：苏州电力设计研究院有限公司科技项目《苏州市中性点小电阻接地改造对于配电设计影响分析》

式中， S 为线芯截面积，单位为 mm^2 。

中性点接地方式的选择

变电站出线方式分为纯电缆出线、纯架空出线和混合线路三种。经调研，江苏省10~35 kV变电站出线由架空线路和电缆线路组成的混合线路占主导，占总数的75%以上。纯电缆出线和纯架空出线可以看作是混合线路的特殊情况，其电容电流为

$$I_A = \alpha(1 + \beta) \sum_{i \in N} L_i I_{ci} \tag{6}$$

式中， α 为配电网裕度系数，按具体情况取值为1.1~1.5； β 取1.15~1.20； N 为架空线路和电缆线路集合，架空线路包括架空绝缘线路和架空裸导线，电缆线路包括不同标称截面积、不同材质的电缆； I_{ci} 为第 i 类线路（架空或电缆）单位长度的电容电流值； L_i 为第 i 类线路（架空或电缆）对应的长度。

计算10 kV变电站混合出线的电容电流大小见表1。

表1 10kV变电站混合出线的电容电流大小

电容电流 /A		架空线路的总长度/km										
		10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
电 缆 线 路 的 总 长 度 /km	1	3.436	3.797	4.521	5.244	5.968	6.691	7.415	8.138	8.862	9.585	10.31
	5	15.73	16.09	16.82	17.54	18.26	18.99	19.71	20.43	21.16	21.88	22.6
	10	31.1	31.46	32.19	32.91	33.63	34.36	35.08	35.8	36.53	37.25	37.97
	30	92.58	92.94	93.67	94.39	95.11	95.84	96.56	97.28	98.01	98.73	99.45
	60	184.8	185.2	185.9	186.6	187.3	188.1	188.8	189.5	190.2	190.9	191.7
	100	307.8	308.1	308.8	309.6	310.3	311	311.7	312.5	313.2	313.9	314.6
	120	369.2	369.6	370.3	371	371.8	372.5	373.2	373.9	374.7	375.4	376.1
	160	492.2	492.6	493.3	494	494.7	495.4	496.2	496.9	497.6	498.3	499.1
	200	615.2	615.5	616.2	617	617.7	618.4	619.1	619.9	620.6	621.3	622

中性点接地方式主要有三种：中性点不接地运行方式、中性点经消弧线圈接地方式和中性点经小电阻接地方式。配电网不接地方式的最大优点在于系统可以在一定时间内（2 h）带故障运行，一般适合于纯架空线路或混合线路且对地电容电流小于10 A的系统；经消弧线圈接地运行方式可以有效降低

间歇电弧接地过电压，适合于纯架空线路或混合线路且对地电容电流在10~150 A之间的系统；经小电阻接地方式，对设备耐压水平要求不高，选线简单，适用于电缆线路或混合线路且接地电容电流大于150 A的系统。因此，混合出线的10 kV变电站的接地方式选择建议见表2。

表2 10 kV变电站混合出线的接地方式选择

电容电流/A		架空线路的总长度/km										
		10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
电 缆 线 路 的 总 长 度 /km	1	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(2)
	5	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	10	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	30	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
	60	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
	100	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
	120	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
	160	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
	200	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)

注：（1）中性点不接地；（2）中性点经消弧线圈接地；（3）中性点经小电阻接地。

结束语

配电网中性点选取是涉及供电可靠性、安全性、设备耐压等级及人身安全等方面的综合问题，电容电流计算是正确选择中性点接地方式、合理进

行设备选型的理论依据。本文通过计算电容电流数值，提出了10 kV配电网接地方式选取的建议，可为配电网的升级改造提供参考。EA

（收稿日期：2021-12-21）