

# 10 kV 配电网单相接地电容电流的工程计算法探讨

陈立军

(广东电网公司惠州供电局, 广东 惠州 516300)

**摘要:** 10 kV配电网中性点采用经小电阻接地方式或经消弧线圈接地方式, 关键问题是 10 kV 母线接地电容电流值的计算是否正确。简要介绍了配电网中的小电流接地系统中的单相接地电容电流的组成, 论述了电容电流工程计算法是判断新建工程项目是否装设小电阻或消弧系统的有效手段, 分析了不同情况下单相接地电容电流的算法, 通过对 110 kV 变电站 10 kV 母线电容电流进行现场测量并和计算值对比的实例, 分析和验证了该工程计算方法具有很高的精度, 可以大力推广应用。

**关键词:** 配电网; 小电阻接地; 消弧线圈接地; 单相接地; 电容电流

**中图分类号:** TM744 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2006) 15-0083-03

## 0 引言

配电网中小电流接地系统中的单相接地电容电流由电力线路(电缆和架空线路)及电力设备(同步发电机、大容量同步电动机和变压器等)两部分的电容电流组成。此外, 旋转电机的过电压保护用的吸收电容、高压真空断路器中用于限制操作过电压的 RC 吸收装置的电容, 其值也要计算在内。架空线路的电容电流比同样长度下的电缆电容电流小得多, 而电力设备的电容电流比电力线路小得更多, 故通常只计算电缆和架空线路的电容电流。如果电网中有同步发电机或大容量同步电动机时, 也应计算其电容电流; 或是按经验统计数据, 估算因电力设备

引起的电容电流值。现将 10 kV 及以下配电网单相接地电容电流的工程计算法介绍如下。

## 1 6~10 kV 电力线路电容电流

6~10 kV 电缆线路每公里长度的单相接地电容电流按下列公式计算:

$$6 \text{ kV 电缆 } I_{c6} = U_n (95 + 2.84S) / (2200 + 6S)$$

$$10 \text{ kV 电缆 } I_{c10} = U_n (95 + 2.84S) / (2200 + 6S)$$

式中:  $S$  为电缆芯线截面,  $\text{mm}^2$ ;  $U_n$  为额定电压,  $\text{kV}$ 。

为简化计算, 6~10 kV 电缆线路每公里长度的电容电流值列于表 1 中。

表 1 6~10 kV 电缆线路单位长度的电流

Tab 1 The current per kilometer of 6~10 kV cable

A/km

额定电压 /kV	电缆芯线截面 / $\text{mm}^2$											
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
6	0.33	0.37	0.46	0.52	0.59	0.71	0.82	0.89	1.10	1.20	1.30	1.50
10	0.46	0.52	0.62	0.69	0.77	0.90	1.00	1.10	1.30	1.40	1.60	1.80

## 2 6~10 kV 架空线路单位长度的单相接地电容电流

1) 6~10 kV 架空线路的单位长度单相接地电容电流为

$$6 \text{ kV 线路: } I_{c6} = 0.017 \text{ A/km}$$

$$10 \text{ kV 线路: } I_{c10} = 0.029 \text{ A/km}$$

2) 6~10 kV 架空线路单相电容电流经验数据如表 2 所示。

3) 6~10 kV 交联聚乙烯绝缘电力电缆接地电

## 电容电流计算

表 2 架空线路单相电容电流

Tab 2 One-phase capacitive current of overhead line  
A/km

额定电压 /kV	单回路		双回路	
	无地线	有地线	无地线	有地线
6	0.02		0.028	
10	0.03		0.042	

前述各公式主要用于油浸纸绝缘电力电缆, 而目前广泛采用的交联聚乙烯绝缘电力电缆, 由于其结构特点, 其单相接地电容电流比同截面的纸绝缘

电缆的电容电流大,根据厂家提供的参数和现场实测数据,大约增大 20%左右,其值见表 3。

表 3 6~10 kV 交联聚乙烯绝缘电缆的接地电容电流

Tab 3 Grounding capacitive current of 6~10 kV

polyethylene insulation join-cable

标称截面 / mm <sup>2</sup>	6 kV		10 kV	
	电容 /	电流 /	电容 /	电流 /
	$\mu\text{F} \cdot \text{km}^{-1}$	$\text{A} \cdot \text{km}^{-1}$	$\mu\text{F} \cdot \text{km}^{-1}$	$\text{A} \cdot \text{km}^{-1}$
16	0.17	0.58		
25	0.19	0.65		
35	0.21	0.72		
50	0.23	0.79	0.2	1.19
70	0.26	0.89	0.22	1.31
95	0.28	0.96	0.25	1.49
120	0.30	1.03	0.27	1.61
150	0.33	1.13	0.29	1.73
185	0.36	1.23	0.32	1.91
240	0.40	1.37	0.35	2.09
300			0.39	2.33
400			0.43	2.57
500			0.47	2.81

注: 此表适用于 6~10 kV 小电流接地系统中铜导体交联聚乙烯绝缘电缆,电缆的绝缘厚度为 4.5 mm。接地电容电流  $I_c = 2 \cdot f \cdot 3C_{11} \times 10^{-6} U_X (\text{A/km})$ ,  $C_{11}$  为计算电容 ( $\mu\text{F/km}$ ),  $U_X$  为相电压 (kV)。

4) 因变电所电气设备引起的电容电流增加值见表 4

表 4 因变电所电气设备引起的电容电流增加值

Tab 4 The increased capacitive current caused by electric equipment of substation

标称电压 /kV	6	10	35	66	110	220
电容电流增值 / (%)	18	16	13	12	10	8

5) 变压器典型值每相 4 000 pF。

6) 浪涌吸收电容器每相按 0.5~1.0  $\mu\text{F}$  计算。

### 3 实例分析

采用 SDJ-1 型配网电容电流测试仪 (直接从 PT 二次侧测量配电网的电容电流) 对广东惠州 110 kV 多祝变电站的 10 kV 配电网对地电容电流进行测量,并将测量结果与理论计算值进行对比验证。

该站仅一段 10 kV 母线,该段母线共 8 回出线。根据统计的输电线路参数 (长度及线径等),对不同类型的电缆和架空线路按照本文 (表 3 中) 提出的方法分别进行计算 (计算方法见备注),其电容电流理论计算的值为 11.394 4 A。采用 SDJ-1 型配网电容电流测试仪对该配电网的电容电流进行了 3 次测量,均能保持较高的准确度测量结果如表 5 所示。用相同的方法对其他变电站的各段母线电容电流分别进行了计算 (如表 6 所示) 和现场测量,通过对比分析,计算值与测量结果均大致吻合,验证了本计算方法基本符合实际。

表 5 110 kV 多祝变电站 10 kV M 母线电容电流理论计算与测量结果比较

Tab 5 Comparing the theoretical calculation with real measurement of capacitive current in 10 kV main bus in 110 kV Duozhu substation

母线编号	电流理论计算值 /A	第一次测量		第二次测量		第三次测量	
		电流测量值 /A	相对误差	电流测量值 /A	相对误差	电流测量值 /A	相对误差
10 kV M	11.394 4	11.05	3.1%	11.09	2.7%	11.14	2.3%

表 6 110 kV 变电站 10 kV 各段母线电容电流理论计算与测量结果比较

Tab 6 Comparing the theoretical calculation with real measurement of capacitive current in each 10 kV main bus in 110 kV substation

变电站名称	母线段编号	测试仪三次测量平均值 /A	电容电流计算值 /A	电力电缆 /km									
				300 mm <sup>2</sup>		240 mm <sup>2</sup>		120 mm <sup>2</sup>		70 mm <sup>2</sup>		架空 km	
				长度	计算值 /A	长度	计算值 /A	长度	计算值 /A	长度	计算值 /A	长度	计算值 /A
平海	IM	17.812 6	18.187 9										
	IIM	9.927 3	9.568 7										
多祝	IM	11.093 3	11.394 4										
	IIM	49.739 7	48.647 4										
吉隆	IM	23.294 1	22.735 0										
	IIM	10.342 7	10.638 5										
稔山	IM	22.752 2	22.175 7										
	IIM	52.685 5	54.147 5										

续表 6

平山	IM	58 207 4	56 954 5			16 33	34 131 79	3 281	5 282	11 26	14 75	96 107	2 787 1
	IIM	37 157 8	37 993 7	6	13 98	7 872	16 452 48	1 17	1 884	4 16	5 45	7 86	0 227 94
白花	IM	57 032 7	55 695 9	12 5	29 06	5 654	11 816 86	1 79	2 882	4 68	6 131	200 392	5 811 37
	IIM	44 256 1	45 321 1			12 07	25 234 66	2 724	4 386	9 776	12 81	99 8	2 894 2
黄埠	IM	9 589 7	9 811 8			3 3	6 897		0	1 8	2 358	19 2	0 556 8
	IIM												
宝口	IM	11 723 6	11 413 2				0		0		0	393 56	11 413 2

备注：(10 kV 母线电容电流的计算方法)

$$\text{电容电流计算值 (A)} = [\text{各标称截面电缆长度 (km)} \times I_{c10} (\text{对应标称截面电缆电容电流值 A/km})] + \text{架空线路长度 (km)} \times I_{c10} (\text{对应架空线路电容电流值 A/km})$$

以 110 kV 白花变电站为例, 10 kV I 段母线接有各标称截面的电力电缆和架空线路 (统计结果见表 5)。其母线电容电流:

$$I_c = [\text{各标称截面电缆长度 (km)} \times I_{c10} (\text{对应标称截面电缆电容电流值 A/km})] + \text{架空线路长度 (km)} \times I_{c10} (\text{对应架空线路电容电流值 A/km}) = [12.47 (\text{km}) \times 2.33 (\text{A/km}) + 5.654 (\text{km}) \times 2.09 (\text{A/km}) + 1.79 (\text{km}) \times 1.61 (\text{A/km}) + 4.68 (\text{km}) \times 1.31 (\text{A/km})] + 200.392 (\text{km}) \times 0.029 (\text{A/km}) = [29.055 (\text{A}) + 11.81686 (\text{A}) + 2.8819 (\text{A}) + 6.1308 (\text{A})] + 5.811368 (\text{A}) = 55.695868 (\text{A})$$

#### 4 结束语

电容电流工程算法是判断新建工程项目是否装设小电阻或消弧系统的有效手段, 值得大力推广应用。对网络相对封闭的工业企业, 其计算的准确度通常会令人满意和符合实际情况。这时要充分考虑企业 5~10 年的发展, 预留安装接地系统的安装位置和零序保护设施; 对于现有企业用户可采用工程算法与直接测定法相结合的方法, 有助于继电保护定值的整定和正确选择接地方式。

#### 参考文献:

- [1] 李润先. 中压电网系统接地实用技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2002  
LI Run-xian Practical Technology of Grounding in Middle Voltage Power Network [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2002
- [2] 刘力, 孙结中. 一种测量配电网电容电流的新方法 [J]. 电网技术, 2001, 25 (5): 63-65.  
LIU Li, SUN Jie-zhong A New Method for Measure Capacitive Current in Distribution Network [J]. Power System Technology, 2001, 25 (5): 63-65.
- [3] 唐艳波. 10 kV 配电网单相接地电容电流补偿方式的研究 [J]. 电力自动化设备, 1999, 19 (4): 54-57.  
TANG Yan-ba Study on Compensation Method of One-phase Grounding Capacitive Current in 10 kV Distribution Net [J]. Electric Power Automation Equipment, 1999, 19 (4): 54-57.

收稿日期: 2006-06-28

作者简介:

陈立军 (1977-), 男, 助理工程师, 工程硕士, 从事电力系统自动化工作。E-mail: c ljz21@sina.com

### Measuring method of one-phase grounding capacitive current in 10 kV distribution network

CHEN Li-jun

(Huizhou Power Supply Branch, Guangdong Power Grid, Huizhou 516300, China)

**Abstract:** As for 10 kV distribution network with small neutral point grounding resistor or arc-suppression coil, the key problem is whether the calculation of grounding capacitive current in 10 kV main bus is right. This paper introduces the composition of one-phase grounding capacitive current in weak current grounding system, and points out the calculation method of capacitive current is an effective way for judging if it needs to equip the small grounding resistor or arc-suppression coil in a new project. The different calculation methods of one-phase grounding capacitive current in various condition are analyzed. The real case that comparing the theoretical calculation with practical measurement of capacitive current in 10 kV main bus in 110 kV substation verifies the measuring method is very precise, and it is worthy to be applied widely.

**Key words:** power distribution network; small resistance grounding; arc-suppression coil grounding; single-phase grounding; capacitive current