

电网电容电流外加信号单频测量法的研究与应用

王志金, 王宗信*

(河北工程大学 基建处, 河北 邯郸 056038)

摘要: 针对高压电力系统发生单相接地时, 流经故障点的电流急剧增加, 产生很强的间隙弧光接地过电压问题, 对电网电容电流外加信号测量控制器的方法进行了详细的分析, 充分论证了测量电网电容电流的必要性, 对电网电容电流外加信号单频测量控制器的方法进行了研究, 将外加信号单频测量法的原理计算分析与其他测量方法进行了比较。研究表明, 电容电流外加信号单频测量法具有测量准确, 特别是电网系统阻尼大, 回路 Q 值低或位移电压很小时, 更能显示外加信号单频测量法的优势, 为进一步进行优化电网电容电流测量法的设计与应用奠定了基础。

关键词: 电网; 电容电流; 外加信号; 单频测量

中图分类号: TM712

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)01-0097-03

Research and application of power grid capacitance current plus signal single-rate measuring method

WANG Zhi-jin, WANG Zong-xin

(Department of Infrastructure, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

Abstract: When high-voltage power system grounded for single-phase, the current flowing through the point of failure increases dramatically, this resulted in a very strong ground over-voltage arc gap. In order to solve this problem, the method of capacitive current plus signal power measurement was analyzed in detailed, the necessity of measurement of the power capacitor current was fully demonstrated and the additional signal power single-frequency capacitive current method of measuring the controller was reserved, the plus single-frequency signal measurement with the other methods of measure was compared. The results show that the capacitive current plus single-frequency signal measurement is more accurate, especially when the large power system damping, or the displacement of low-Q circuit voltage is very small, single-frequency signal is applied to show the advantages of measurement better, laying the foundation for the design and application of the grid capacitive current measurement.

Key words: grid; capacitive current; external signal; single-frequency measurement

0 引 言

我国 6 kV、10 kV 和 35 kV 等电力系统, 采用中性点不接地方式运行, 当系统发生单相接地时, 可允许一定时间带电故障运行。随着电力系统的扩大, 电缆、出线不断增多和加长, 系统分布电容随之加大, 单相接地

后流经故障点的电流急剧增加, 以至产生很强的间隙弧光接地过电压, 使电力设备损坏^[1-2]。为使系统发生单相接地时不起弧或自然灭弧, 大多在中性点对地加装补偿消弧线圈, 通过测量系统的电容电流, 对消弧线圈进行预调, 将系统单相接地时的电感电流和电容电流相抵消后的残流控制在起弧电流以下。

测量系统电容电流的方法有多种, 但都有一定的

收稿日期: 2011-07-14

作者简介: 王志金(1968-), 男, 河北邯郸人, 高级工程师, 主要从事供用电工程技术方面的研究. E-mail: wzj58@126.com

通信联系人: 王宗信, 男, 教授, 博士生导师. E-mail: wangshihua1979@yahoo.com

局限性,本研究将介绍一种新型的外加信号测量法。

1 消弧线圈调档测量计算法的分析

中性点加装补偿消弧线圈的系统,电容电流测量虽有幅值法、相位法、幅值相位法之分。但其基本原理都是通过调整消弧线圈的档位(即调整 RLC 串联回路的电感量)而进行测量与计算^[3-4]。简化原理电路如图 1 所示。现将个各种测试法简述如下。

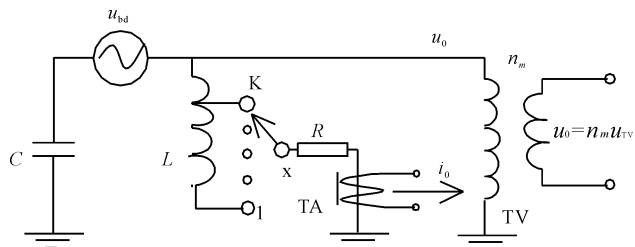


图 1 消弧线圈的档位调整法

$u_{b,d}$ —系统不对称电压; C —电网对地分布电容; L —消弧线圈电感; R —消弧阻尼电阻; TV —电压互感器; TA —电流互感器

1.1 幅值法

本研究通过调整消弧线圈档位,找出 RLC 串联回路电流 i_0 (或中性点位移电压 u_0) 的最高点,即谐振点,利用谐振点容抗 X_C 和感抗 X_L 相等而得知容抗 X_C 和电容电流 i_c 。一般再高调一档,使系统处于过补状态,当系统变化,使 $i_0(u_0)$ 变化超过设定值范围时,再重新调档,求取新的电容电流。

1.2 相位法

本研究通过调档,测取 RLC 回路两档的电流 i_{01} 、 i_{02} 和两档之间的相位差 Φ ,算出电容电流 i_c ,利用残流 i_d 起调,将消弧线圈一次调到使残流小于接地起弧电流的档位。当外系统发生变化时,相位随之改变,利用新的回路电流和相位差,重新计算 i_c ,进而调档。

1.3 幅值相位法

本研究通过调档找 $i_0(u_0)$ 最高点,即谐振点,从而得知系统电容电流 i_c ,并高调一档,使之处于过补状态,然后监视回路电流 i_0 和相位 Φ 。当系统外电路发生变化时,相位 Φ 随之改变,利用相位改变量,计算出新的电容电流,更新显示并利用残流起调。

2 消弧线圈调档测量计算法的缺陷

(1) 利用调档找谐振点,求取 i_c 的方法,测量误差

较大,除回路电流 i_0 、中性点位移电压 u_0 的测量误差外, i_c 最大误差为消弧线圈两档电感电流差的一半。

(2) 回路阻尼电阻较大,无功功率 Q 值较低时,回路电流 i_0 或位移电压 u_0 曲线平坦,两档幅值相近,区分较难,谐振点不易找准。

(3) 采用高压电缆的电网系统,不平衡电压 u_{bd} 或中性点位移电压 u_0 特别小时,两档间的幅值差更小,更不容易测准。

(4) 当空气湿度发生变化,如阴天、下雨,系统阻尼等参数发生较大改变,使位移电压 u_0 或相位 Φ 发生变化而出现频繁调档。

3 外加信号单频测量法

3.1 原理分析与计算

简化原理电路如图 2 所示。

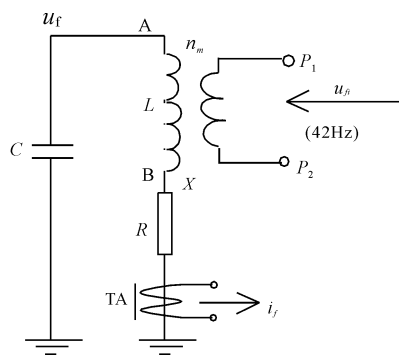


图 2 外加信号单频测量原理图

C —电网对地分布电容; L —消弧线圈电感; R —阻尼电阻; TA —电流互感器; P_1 、 P_2 —消弧线圈内附电压互感器 TV 引出端; n_m —TV 在各档变比

由图 2 可知,外加频率信号(42 Hz) u_{fi} 从 P_1 、 P_2 注入,消弧线圈两端的电压为:

$$u_f = n_m \cdot u_{fi} \tag{1}$$

RC 支路的等效电流为:

$$i_f = \frac{n_m u_{fi}}{\sqrt{R^2 + X_{cf}^2}} \tag{2}$$

由式(1,2)可得:

$$X_{cf} = R \sqrt{\left(\frac{n_m u_{fi}}{i_f R}\right)^2 - 1} \tag{3}$$

u_{fi} 、 i_f 可测, n_m 、 R 为已知,所以 X_{cf} 可算出。

X_{cf} 转换为 50 Hz 的容抗为:

$$X_c = X_{cf} \frac{f}{50} = X_{cf} \frac{42}{50} \quad (4)$$

系统的电容电流为:

$$i_c = \frac{u_{AB}}{\sqrt{3} X_c} \quad (5)$$

式中: u_{AB} —系统电压。

当阻尼电阻 R 远小于消弧线圈感抗 X_L 以及老式消弧线圈未接阻尼箱, $R \approx 0$ 时, X_{cf} 计算公式(3)可简化为:

$$X_{cf} \approx \frac{n_m u_{fi}}{i_f} \quad (6)$$

对 6 kV、10 kV 电网系统,本研究可采用固定变比为 n 的外附 TV 直接测量中性点对地电压,即直接测量分布电容 C 两端电压,则:

$$X_{cf} = \frac{nu_f'}{i_f} \quad (7)$$

式中: u_f' —外附 TV 次级电压。

3.2 实际测试与挂网运行

本研究采用外加信号单频测量法和 104 微型工控机的消弧线圈控制器,在某电力单位进行了全面测试。

本研究模拟 10 kV 配电网,接地变中性点接消弧线圈,改变消弧线圈档位和接入电容,对电容电流进行测试^[5-10],其结果如表 1 所示。

表 1 额定电压下系统电容电流测试结果

序号	消弧线圈感抗/ Ω	i_c 实际值 /A	i_c 测量值 /A	误差 /A
1	132.8	43.34	44.0	+0.66
2	121.0	48.95	49.6	+0.65
3	95.7	60.18	59.4	-0.78
4	63.3	81.04	81.0	-0.04
5	60.2	86.61	86.1	-0.51
6	60.2	94.10	93.7	-0.40
7	60.2	101.60	102.0	+0.40

本研究采用外加信号单频测量法的控制器,先后在十堰、威海等 20 余处挂网,其测量准确,运行稳定,操作调整简便,无频繁调档现象,深受用户好评,已投入批量生产。

4 结束语

电力系统电容电流外加信号单频测量法是目前测量精度较高的测量法,特别是电网阻尼大,回路 Q 值低或位移电压很小时,对测量更为有利。尤其在系统电容量过小或过大、消弧线圈档位调到最大、其他测量法不能测量时更显示其优越性。

研究表明,该研究为优化电网电容电流测量法的设计与应用提供了一定的帮助,在实际工程应用上具有一定的指导意义。

参考文献 (References):

- [1] 华智明,张瑞林. 电力系统[M]. 重庆:重庆大学出版社,2005.
- [2] 要焕年. 电力系统谐振接地[M]. 2版. 北京:中国电力出版社,2009.
- [3] 李福寿. 中性点非有效接地电网的运行[M]. 北京:水利电力出版社,1993.
- [4] 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,2000.
- [5] 吴一峰,吴国忠. 220 kV 交流联网线投运后舟山电网安全稳定控制系统的研究[J]. 机电工程,2010,27(7):120-122.
- [6] 张智军. 10 kV 接地系统电容电流测试方法的探讨[J]. 东北电力技术,2004(11):29-33.
- [7] MOMOH J A, ISHOLA A S. A new arcing fault modeling and detection technique for navy IPS power system[J]. **IEEE Power Engineering Society General Meeting**,2006(6):18-22.
- [8] 刘力,孙洁中. 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.
- [9] PENG F Z, AKAGI H, NABAE A. A new approach to harmonic compensation in power systems—a combined system of shunt passive and series active filters [J]. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 1990,26(6):983-990.
- [10] ANDERSON P M, FOUAD A A. Books in the IEEE PRESS SERIES on power engineering[J]. **IEEE PRESS Power System Control and Stability**,2003(1):23-27.

[编辑:李 辉]