

新型小电流接地系统选线消谐装置的研制

王建贇, 吴启涛, 纪延超, 柳焯

(哈尔滨工业大学, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 在中性点非直接接地电网中, 单相接地及由电压互感器 (PT) 引起的谐振过电压均是多发性的事故。且由于二者往往均表现为中性点出现位移电压, 尤其是基波谐振更不易与单相接地区分。这是造成目前小电流接地选线与 PT 谐振消谐装置均存在误判的主要原因。为克服以上不足, 本文利用两种故障时的零序电流特征, 提出了一种小电流接地选线与 PT 谐振的综合判据, 据此开发的选线消谐装置在实际运行中也取得了良好效果。

关键词: 小电流接地系统; 单相接地; 铁磁谐振

中图分类号: TM773

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2001)05-0034-03

1 概述

在中性点非直接接地电网 (又称小电流接地系统) 中, 单相接地故障率最高, 由于三相线电压对称, 而且故障点电流很小, 对负荷的供电没有影响。因此在一般情况下允许再继续运行 1~2h, 而不必立即跳闸, 但单相接地后, 其它两相对地电压升高 $\sqrt{3}$ 倍, 长时间带故障运行将影响系统的安全, 甚至引发严重事故^[1]。

另外, 在中性点不接地系统中, 常通过测量系统三相对地电压来监视绝缘。为此发、变电站母线上接有 Y0 接线的电磁式电压互感器。电磁式电压互感器 (以下简称 PT) 具有很高的励磁阻抗, 在某些切换操作后, 或接地故障消失之后, 它与线路电容或其它设备的杂散电容间形成特殊的共振回路, 引发铁磁谐振^[2]。

上述两种故障均是小电流接地系统的多发性故障, 对电网的安全运行威胁较大, 所以接地选线与抑制和消除 PT 铁磁谐振具有重要的实际意义。目前, 接地选线与铁磁谐振消谐均是由各自独立的装置来完成, 由于接地与谐振 (特别是基波谐振) 的故障特征相似, 区分单相接地故障与基波铁磁谐振的方法主要是依据中性点位移电压的大小, 认为基波谐振时零序电压的值一般比单相接地时高。然而, 在许多情况下基波谐振表现为两相电压接近于 $\sqrt{3}$ 倍, 开口三角电压接近于 1 倍, 即形成所谓“虚幻接地”现象。此时利用 PT 开口三角零序电压来区分工频谐振和单相接地是不可能的, 这也是造成现有选线及消谐装置效果不尽理想的主要原因。为克服上述不足, 本文利用两种故障时的零序电流特征, 提出了一

种小电流接地选线与 PT 谐振的综合判据, 据此开发的选线消谐装置在实际运行中取得了良好效果。

2 接地选线与铁磁谐振的综合判据

2.1 小电流系统单相接地的故障特征

2.2.1 中性点不接地系统

当中性点不接地系统出现接地故障时 (设 A 相

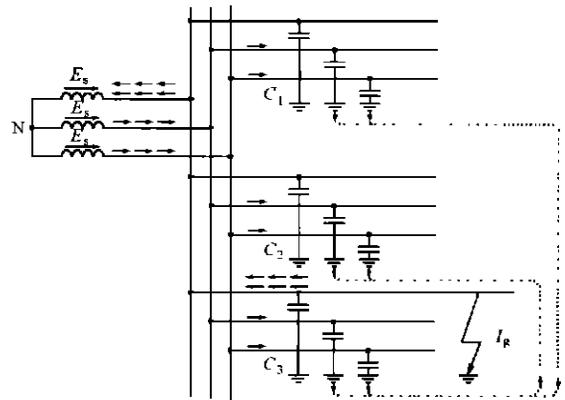


图1 单相接地时电容电流的分布
发生接地故障), 系统电容电流的分布情况如图 1 所示。由相量分析可得以下结论:

判据 1:

(1) 中性点不接地系统发生单相接地后, 故障相对地电压为零; 非故障相对地电压升高至线电压; 电网出现零序电压, 其大小等于电网正常工作时的相电压, 线电压保持对称性。

(2) 故障线路与非故障线路出现零序电流, 非故障线路零序电流等于本身的对地电容电流, 故障线路零序电流为全系统非故障线路对地电容电流的总和。

(3) 非故障线路零序电流超前零序电压 90° ; 故

障线路零序电流滞后零序电压 90°,即故障与非故障零序电流相差 180°。

(4) 当系统发生非金属性接地时,各线路零序电压、电流受接地电阻的影响;故障线路与非故障线路零序电压与零序电流相位仍与无过渡电阻时相同。

可见,对于中性点不接地系统,由零序电压及线路零序电流的幅值和方向即可判断故障线路、非故障线路或者是母线故障。

2.2.2 中性点经消弧线圈接地系统

由于消弧线圈的接入,系统发生单相接地后,仅从基波零序电压、电流的特征无法区分故障线路与非故障线路。但是,单相接地后,相电压升高,变压器铁芯的饱和度提高了,激磁电流中含有较大的高次谐波成分,在经消弧线圈接地的系统中是按基波电容电流来调整消弧线圈,因此对于高次谐波存在

$$k_0 L > \frac{1}{3k_0 C_0} \quad (k \text{ 为高次谐波次数}) \quad (1)$$

即高次谐波只有一小部分被补偿掉,零序电流中的高次谐波仍有以下关系:

判据 2:

(1) 非故障线路的零序电流谐波分量数值上等于本身对地的谐波电容电流,方向由线路流向母线,即超前于相应零序谐波电压 90°。

(2) 故障线路的零序电流谐波分量数值上近似等于非故障线路的谐波电容电流的和,方向由母线流向线路,即滞后于相应零序谐波电压 90°。

(3) 如果线路零序电流谐波分量方向均流向母线,则为母线接地^[3]。

2.2 铁磁谐振的故障特征

中性点不接地系统中 PT 引起的铁磁谐振的原理如图 2 所示。

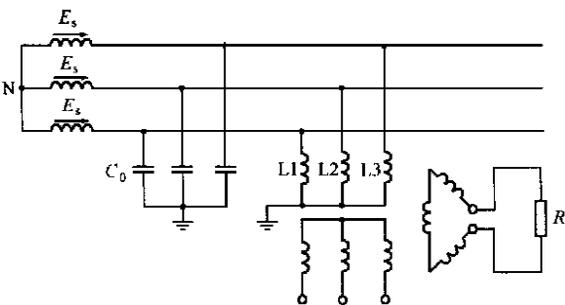


图 2 中性点不接地系统中 PT 引起的铁磁谐振的原理图

PT 饱和引起的铁磁谐振过电压主要有以下几个特点:

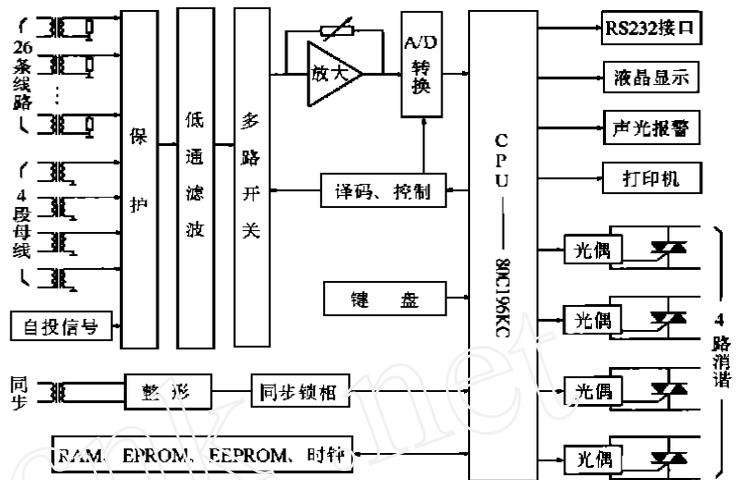


图 3 装置硬件框图

(1) 谐振只在零序回路中产生,相间电容和线路负载对谐振不起作用;

(2) 谐振过电压是一种周期性的交变电压,常见频率有 1/2 次分频谐振和基频谐振,其次是 1/3 次分频谐振,3 倍频谐振较少见。中性点的位移造成虚幻接地,常与实际接地混淆不清^[4]。

可见,当发生分频或倍频谐振时很容易从系统零序电压的频率上判别出来。但是,基频谐振与单相接地时的零序电压没有本质区别,因此很难通过零序电压的高低对故障进行辨别,只能从零序电流的特性加以区分。

判据 3: 铁磁谐振时 PT 电感与线路电容构成谐振回路,此时各线路对地容性电流为零。这与单相接地容性电流分布不同,据此可将基波谐振与单相接地区分开来。

2.3 综合判据

经过以上分析我们将单相接地与 PT 铁磁谐振的特点总结如下,并可依此得到选线、消谐的综合判据。

(1) 无论是单相接地还是铁磁谐振,电网中均出现零序电压。因此如果零序电压超过系统不对称所允许的限值,则认为发生故障。

(2) 对于中性点不接地系统,由于发生单相接地时的零序电压的基波分量和零序电流的基波分量满足判据 1 的特征,可据此进行选线。

(3) 对于中性点经消弧线圈接地系统,由于发生单相接地时的零序电压的谐波分量和零序电流的谐波分量满足判据 2 的特征,可据此进行选线。

(4) 对于 PT 铁磁谐振,当为分频或倍频谐振很容易从零序电压的频率判别出来;当发生基频谐振

时,系统零序电压的基波分量和零序电流的基波分量满足判据3的特征,可据此与单相接地区分开来。

3 选线、消谐装置的工作原理

装置的硬件组成如图3所示,装置首先采样各段母线的零序电压,如果某段母线出现大于门限值 U_0 的零序电压则认为出现故障,如果零序电压的频率为分频或倍频则发生的是铁磁谐振,进行消谐。否则需进一步判断是基波谐振还是单相接地,即同时采样该段母线的零序电压和其对应所有线路的零序电流,经快速傅立叶变换后,按基波或谐波(如中性点不接地系统采用基波判据,中性点经消弧线圈接地系统采用谐波判据)幅值大小将各线路的零序电流排队,并选出前3条线路,再进一步比较这3条线路零序电流的方向,如某线路零序电流方向与其它路相反,则认为该条线路是故障线路,如果3条线路同相,则再比较3条线路的幅值,如果3条线路的幅值很小且彼此接近,则认为是基波谐振,进行消谐。否则为母线接地故障。

消除PT铁磁谐振最理想的方法是将开三角绕组瞬间短接。本装置即是利用可控硅瞬时短接PT开三角绕组,使铁磁谐振在强阻尼作用下迅速消失达到消谐目的。

4 结论

本文总结了单相接地和PT铁磁谐振的故障特征,提出了接地选线与铁磁谐振的综合判据,圆满解决了长期以来困扰配电网的小电流接地选线及基波铁磁谐振的判别问题。并依据此原理开发出了微机选线、消谐装置,该装置具有单相接地故障选线和智能消除PT铁磁谐振双重功能,实际运行效果良好,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 张树文,李文毅,等. 小电流接地系统单相接地保护原理和技术综述. 电力情报, 1994, (4): 1 - 3.
- [2] 朱子述. 电力系统过电压. 上海交通大学出版社, 1995, : 88 - 92.
- [3] 郝玉山,杨以涵,等. 小电流接地微机选线的群体比幅比相原理. 电力情报, 1994, (4): 15 - 19.
- [4] 陈维贤,鲁铁成,花涛. 配电网互感器谐振及抑制新方法. 高电压技术, 1993, (9): 3 - 6.

收稿日期: 2000-09-28

作者简介: 王建隼(1972 -),男,讲师,主要研究方向为数字信号处理技术及电力电子技术在电力系统中的应用; 吴启涛(1974 -),男,博士研究生,主要研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用; 纪延超(1962 -),男,教授,博导,主要研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用; 柳焯(1929 -),男,教授,博导,主要研究方向为电力系统分析与控制、灵活交流输电技术。

A novel detector of ground fault and ferro-resonance in ungrounded distribution system

WANG Jian-ze, WU Qi-tao, JI Yan-chao, LIU Zhuo

(Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: In ungrounded distribution system the single - phase - grounding and the ferro - resonance caused by the PT (Potential Transformer) are of the frequent accidents. In both of the cases above, the shift voltage of neutral point often appears. So one does not differ from the other easily, especially for the fundamental frequency ferro - resonance. It is the primary cause that the present fault - feeder detector and the PT - resonance - eliminator judge wrongly sometimes. To overcome the disadvantage above, a new general criterion, which applies to detect both the fault - feeder and the PT resonance, is presented in this paper. This criterion utilizes the character of the zero - sequence current in the both cases. And the novel detector of ground fault and ferro - resonance, which is developed based on it, works efficiently in practice.

Key words: ungrounded distribution system; single phase grounding; ferro-resonance

(上接第33页)

The improvement on measurement method for the grounding resistance

ZHAO Nai-zhi, WU Xi-zai, LIU Hong-jun

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The different factors that cause abnormal and error measurement in measuring grounding resistance are described and analyzed in this paper. And the measures against them are presented. An idea that is to develop a new grounding resistance measuring instrument is proposed.

Key words: grounding resistance; grounding resistivity; skin effect