

试验研究

# PT二次电压不平衡现象浅析

李 陆

(济钢集团有限公司 能源动力厂, 山东 济南 250101)

**摘 要:** 从中性点不接地电力系统中的绝缘监测功能单元及铁磁谐振角度出发, 对安装消谐电阻器后引起的电磁式电压互感器星三角接线二次侧三相电压不平衡现象进行了分析和计算, 由于三相PT的伏安特性不同, PT二次侧电压存在误差是正常的, 安装三次谐波限制器可限制PT二次侧开口三角两端的三次谐波电压。

**关键词:** 电压互感器; 铁磁谐振; 零序电压; 不平衡现象

中图分类号: TM451

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2010)05-0039-02

## 1 前 言

济钢能源动力厂电网大部分为10(6)~35 kV系统, 一般属于中性点绝缘(中性点不接地)电网, 属于小电流接地系统。优点是在发生单相接地时, 能继续工作一段时间。这是因为电网的相电压和相间电压不仅量值维持不变, 且相位角仍具有120°; 缺点是电网中性点没有固定电位, 三相对地电压不稳定。在单相接地的情况下, 完好相对地电压将上升为线电压。另外, 单相接地点若为断续电弧接地, 还有可能将电网另一相的绝缘弱点击穿, 造成相间短路。

在近几年电网运行的过程中, 电压互感器(PT)在投入运行后, 有时会出现PT某相(假设额定一次电压10 000 V, 额定二次电压100/√3 V, 剩余电压绕组额定电压100/3 V)对地测量电压偏高, 剩余电压绕组即开口三角端有电压。经确认系统无故障。为此对以上问题进行分析。

## 2 原因分析

图1为中性点不接地电网PT的简单三相电路,  $U_a, U_b, U_c$ 为三相对称电势,  $C_0$ 为相对地电容,  $L_a, L_b, L_c$ 为PT励磁电感,  $U_0$ 为中性点对地电压。由于三相 $C_0$ 相等, 三相电势对称, 所以 $U_0=0$ 。

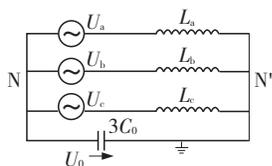


图1 简化三相电路原理

三相电压不平衡时, PT三相励磁电感不等, 此

时三相系统已不再对称, 将会出现零序电流、中性点电压偏移和对地电位 $U_0$ 。任何不对称的三相系统都可分解为三个对称分量: 零序分量、正序分量和负序分量。正序分量和负序分量向量和为零, 最后只剩下零序分量。即开口三角就有了零序电压, 零序电压叠加在二次侧三相电压上, 就出现了二次侧三相电压不平衡的现象。

1) 当感抗和容抗参数匹配恰当时即会发生的谐振。电力系统出现铁磁谐振时, 会在电感和电容两端出现高于额定电压和额定电流几倍至几十倍的过电压和过电流, 这时铁芯就非常饱和了, 使得某一相或两相的激磁电流大幅度增加, 三相电感不等, 就会与电网相对地电容构成谐振回路。通过PT的电流远大于激磁电流, 最后烧坏PT及其他设备。因此, 为了防止铁磁谐振, 现场运行的PT都装上了消谐器。消谐器是高容量非线性电阻器, 其阻尼有限流作用, 星角接线的PT一般都会装消谐器。

PT一次绕组电流分布如图2所示, 可用数字式万用表测量开口三角两端的频率, 测到的频率是50 Hz或150 Hz, 若频率是50 Hz, 说明三相PT的伏安特性相差过大, 以至三相励磁电流的基波值很不平衡, 改善方法是选择三相PT的伏安特性基本一致的编成一组。但一般情况下, 由于三相PT的伏安特性相差过大, 造成开口三角电压升高的情况不多, 大多数情况下测到的频率是150 Hz, 即三次谐波电流造成开口三角电压升高。若基波的模相同, 则有:

$$\begin{aligned} I_{1AM} + I_{1BM} + I_{1CM} &= I_{1M\angle 0^\circ} + I_{1M\angle 120^\circ} + I_{1M\angle -120^\circ} = 0; \\ I_{3AM} + I_{3BM} + I_{3CM} &= I_{3M\angle 0^\circ} + I_{3M\angle 3 \times 120^\circ} + I_{3M\angle 3 \times (-120^\circ)} = \\ &= 3 \times I_{3M\angle 0^\circ} \neq 0. \end{aligned}$$

即在三相PT的伏安特性完全相同(理想状态)的情况下, 仍有一定的三次谐波电流通过PT, 通过消谐器。实际上, 三相PT的伏安特性不可能完全相同, 即三相励磁电流中的基波向量和不为零。这就是说正常运行时PT二次侧电压也不平衡, 也存在误

收稿日期: 2010-06-01

作者简介: 李陆, 男, 1983年生, 2007年毕业于昆明理工大学电气工程及自动化专业。现为济钢能源动力厂助理工程师, 从事电力系统及二次回路的研究工作。

差,这是无法消除的,只要误差在正常允许值范围内就可以了。

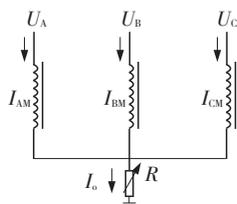


图2 PT一次绕组电流分布

2)变比与开口三角两端电压的关系。消谐电阻器是安装在PT一次绕组 $Y_0$ 接线中性点与地之间的,所以其电压作用在零序回路中(零序回路见图3)。此电压反应在开口三角两端,会使开口三角两端的电压升高。反映零序电压的PT开口三角两端的三次谐波电压为消谐电阻器上的电压除以变比 $K$ , $X_c \ll X_L$ ,可以忽略不计。一次绕组 $U_A=U_B=U_C=10\ 000/\sqrt{3}$  V,辅助绕组电压为 $(100/3)V \times 3=100$  V,变比为 $(10\ 000/\sqrt{3} V)/100 V \approx 57.7$ 。

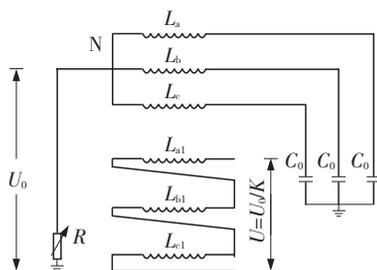


图3 零序回路

当三次谐波电流为0.6 mA,对照消谐电阻器的伏安特性得 $U_0=240$  V,开口三角两端电压为 $240 V/57.7=4.2$  V。三次谐波电流为3 mA,对照消谐电阻

器的伏安特性得 $U_0=613$  V,则开口三角两端电压为 $613 V/57.7=10.6$  V。电压偏差4.2 V以内属于正常,而偏差10.6 V偏高,需要调整。

### 3 不平衡现象的处理

安装三次谐波限制器来限制PT二次侧开口三角两端的三次谐波电压升高。安装方法是将三次谐波限制器背面的两接线端与压变剩余绕组开口三角两端用绝缘导线连接。PT开口三角两端接入三次谐波限制器后,根据电路等效原理,相当于在消谐电阻旁并联了一个电阻,这样开口三角两端的电压就可以降下来了。

### 4 运行与观察

装有消谐器的开关柜在运行的过程中,排除系统故障因素的情况下,当PT二次侧电压不平衡时,就要多注意观察PT开口三角两端的电压。1)检查二次侧开口三角两端是否被短路,此类故障在电网正常运行时不易发现,但时间稍长也会将三相PT烧坏。2)检查PT一次绕组中性点与地之间的接地线是否解开。这种情况多半是消谐电阻器接入后,一次绕组接的消谐电阻器被短路造成的。3)测量开口三角两端的电压。若频率是50 Hz,则是三相PT的伏安特性差别过大造成的,在选三相PT时,将伏安特性基本一致的三相PT放在一起使用。实际上,测出的频率更多的是150 Hz,这是由于PT励磁电流中的三次谐波过大造成的,消除的办法是安装三次谐波限制器。

## Analysis of PT Secondary Voltage Unbalance Appearance

LI Lu

(The Energy Power Plant of Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

**Abstract:** From the point of view of insulation monitoring unit and ferromagnetic resonance in neutral point without earthing power system, this article analyzed and calculated the unbalance appearance at the secondary side three-phase of electromagnetic voltage transformer after installation of harmonics removing resistor. Because of different PT three-phase volt-ampere characteristics, the errors in PT secondary voltages exist is natural. The installation of third harmonic limiter can limit the third harmonic voltage.

**Key words:** voltage transformer; ferroresonance; zero sequence voltage; unbalance appearance

信息园地

## 2011年《21世纪建筑材料》征订启事

《21世纪建筑材料》由中国建筑材料工业规划研究院、山东省建筑材料工业协会联合主办。系全国性建材科技期刊、“万方数据-数字化期刊群”核心期刊、中国学术期刊(光盘版)收录期刊。国内统一刊号:CN37-1464/TU,国际标准刊号:ISSN1003-1324。双月刊,大16开本,80页码。定价10元/期,60元/年度。邮局订阅,邮发代号:24-209。

办刊宗旨:以建材业为基础,以建筑业为重点服务对象,通过提供广泛的研究成果和资讯信息,促进行业实现健康、可持续发展。主要栏目:发展研究、建筑材料与技术、精

品建筑聚焦、建筑设计与施工、管理纵横、行业信息等栏目。欢迎投稿、订阅、投放广告!

◆银行转账

户名:《21世纪建筑材料》编辑部开户行:浦东发展银行济南市中支行账号:74040154800000026

◆随时直接向本社订阅

地址:山东省济南市经四路360-1号;邮编:250001;收款人:《21世纪建筑材料》编辑部;垂询热线:0531-83181026,87928527(兼传真);电子邮箱:21st-cbm@163.com