

## GIS 电磁式电压互感器的励磁特性试验

赵华鑫, 吉亚民, 邵新苍

(江苏省电力公司检修分公司, 江苏 南京 211002)

**摘要:**介绍了某 110 kV 线路 GIS 电磁式电压互感器(TV)励磁特性曲线产生的"异常"现象,通过与出厂试验数据比对,定性分析了由于容性电流与感性电流复合影响的原因,为 GIS 电磁式 TV 励磁特性试验提供参考。

**关键词:**GIS; 电磁式 TV; 励磁特性曲线; 电容

**中图分类号:**TM451

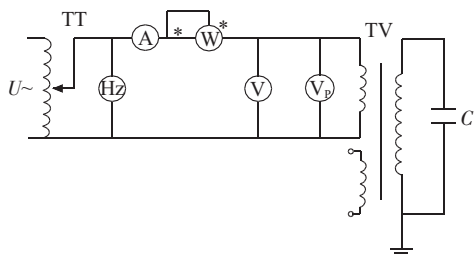
**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2013)04-0060-02

GIS 配套用电磁式电压互感器(TV)接于相与地之间,作为电压、电能测量及继电保护用,其励磁特性试验是保证其良好运行并准确服务于二次保护测量的重要手段。励磁特性是 TV 空载运行时空载电压和空载电流的关系。用励磁特性来验证 TV 铁心的设计计算、工艺制造是否满足标准和技术条件的要求,同时检验铁心制造是否存在缺陷,如局部过热、局部绝缘不良等。根据 TV 感应耐压试验前后两次空载试验测得的空载损耗比较,判断绕组是否有匝间短路情况等。TV 励磁特性是由空载试验确定的,从二次绕组施加波形是正弦波、额定频率的不同基准电压、一次绕组开路,从而得出不同基准电压下的励磁电流所形成的  $V-A$  曲线。

## 1 特征分析试验及数据采样

某 220 kV 变电站 110 kV 线路 A 相 TV 是 GIS 中的一个组成元件,型号为 SVTR-10C。现场按照图 1 所示进行试验接线,测量点依据规程要求选取。试验过程中发现当试验电压从 0 V 升至 1.0 倍额定电压的过程中,励磁特性曲线呈上升趋势,从 1.0 倍额定电压升至 1.2 倍额定电压的过程中,励磁特性曲线呈下降趋势,在励磁电压继续升高至 1.5 倍额定电压的过程中,励磁特性曲线重新呈上升趋势。



TT 为自耦调压器; V 为有效值交流电压表;  
W 为低功率因数功率表;  $V_p$  为平均值交流电压表;  
A 为交流电流表; Hz 为频率表;  
TV 为被试电压互感器; C 为等值电容量。

图 1 TV 励磁特性测量接线图

在 1.0 倍额定电压至 1.5 倍额定电压之间多点采样,共取了 10 个测量点重新进行测试,  $V-A$  曲线与生产厂家所提供 TV 空载励磁特性曲线基本一致,厂家所提供 TV 空载励磁特性曲线如图 2 所示。

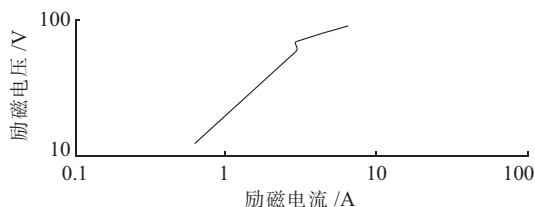


图 2 生产厂家提供的 TV 励磁特性曲线图

对相同的另外 6 只 TV 进行励磁特性试验,经横向比较,现象极为相似且均与出厂试验报告基本一致。对照规程要求,可判断该批 TV 励磁特性试验是合格的。

## 2 特征分析

由于 TV 铁心使用的是一种铁磁材料性质的电工刚带,其空载电流主要由电工刚带的  $B-H$  曲线决定,分析空载电流时,可以略去磁滞回线的面积,得到电工刚带的  $B-H$  曲线,如图 3 所示。

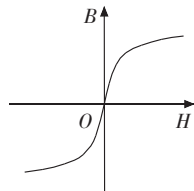


图 3  $B-H$  磁化曲线

由于电工刚带的  $B-H$  曲线是非线性的,因此在正弦励磁下,单相 TV 的空载电流也是非线性的,如图 4 所示<sup>[1]</sup>。

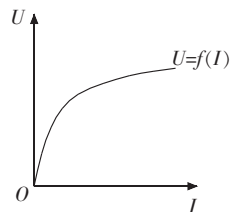


图 4 通常情况下的励磁特性曲线

图2与通常情况下的励磁特性曲线图4不相符合。针对此异常现象进行分析,TV在空载情况下,空载电流主要包括阻性电流和激磁电流两部分,即阻性电流 $I_r$ 、激磁电流 $I_m$ 。激磁电流 $I_m$ 在铁心中产生磁通,而气体绝缘TV高压端还存在对地电容 $C$ ,因此空载电流中还包含一个电容电流 $I_c$ <sup>[2]</sup>。现场测试时的等值电路如图5所示。

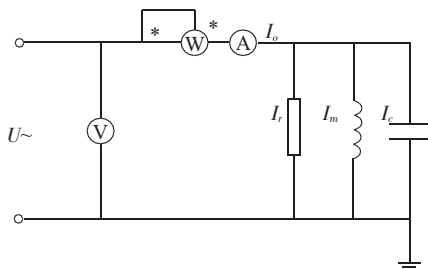


图5 TV励磁特性测量等值电路图

从TV励磁特性测量等值电路图可以看出是 $I_0=I_r+I_m+I_c$ 。线圈电阻和铁心损耗随着电压的上升而上升,这些有功损耗对于1.0倍额定电压升至1.2倍额定电压的过程中的曲线拐弯回折的特殊情况没有影响。为了分析方便,可先忽略线圈电阻和铁心损耗以及高次谐波的影响,仅考虑被试TV电容与电感的影响。即认为电路电流 $I=I_L+I_c$ ,图5等值电路图可以简化成电感 $L$ 和电容 $C$ 的并联电路图,如图6所示。

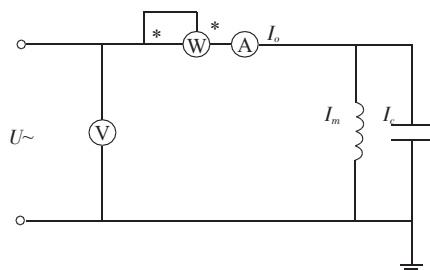


图6 简化后等值电路图

由于随着电压的升高,铁心磁导率逐渐下降,所以TV的电感具有非线性特性,其电感值随电压升高逐渐下降,而整个实验过程中电容 $C$ 的大小不会发生变化。TV伏安特性试验时铁心线圈电感的电压电流曲线和电容电流的电压电流曲线如图7所示。流过电容的电流超前电压 $\pi/2$ ,流过铁心线圈的电流滞后电压 $\pi/2$ ,因为电容电流与电感电流的相位相反,所以总电流为二者之差,由曲线 $U_L(I)$ 减去 $U_c(I)$ 直线即得出整个电路的伏安特性曲线 $U(I)$ 。

随着试验电压的逐步上升,在起始阶段 $I_c>I_L$ ,电流超前于电源电压 $U$ ,电路呈容性,电压大于 $U_d$ 点 $I_c<I_L$ ,电流滞后于电压 $U$ ,电路呈感性。

在随试验电压上升电路由容性向感性变化过程中,试验中测得的功率因数也应该有一个先上升后下降的过程。

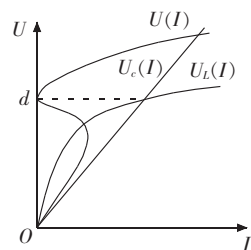


图7 励磁曲线图(忽略线圈电阻和铁心损耗)

### 3 实例

以新竹变110kV II母压变数据为例,根据现场试验数据的计算,也证明了以上的猜想。具体数据如表1所示。

表1 TV空载功率因数

二次绕组	电压/V	A相功率因数	B相功率因数	C相功率因数
1a1n	28.8	0.496	0.491	0.517
	46.2	0.526	0.523	0.548
	57.7	0.662	0.684	0.653
	69.2	0.670	0.775	0.669
	86.6	0.306	0.358	0.299
2a2n	28.8	0.506	0.517	0.512
	46.2	0.526	0.548	0.537
	57.7	0.650	0.636	0.654
	69.2	0.667	0.785	0.675
	86.6	0.308	0.347	0.318
dadn	50	0.483	0.528	0.500
	80	0.529	0.511	0.546
	100	0.630	0.630	0.652
	120	0.664	0.748	0.682
	150	0.292	0.331	0.318

如果考虑线圈电阻和铁心损耗的影响,由于线圈电阻与铁心的损耗随电压上升而逐渐增大,即有功电流会随电压上升而增大。将有功电流与无功电流相叠加后,励磁曲线电流的异常突变相对于图7就变得较为平滑,以B相1a1n的曲线为例,如图8所示。故图2所示的TV励磁特性曲线异常拐弯现象可以得到满意解释,属于正常现象。

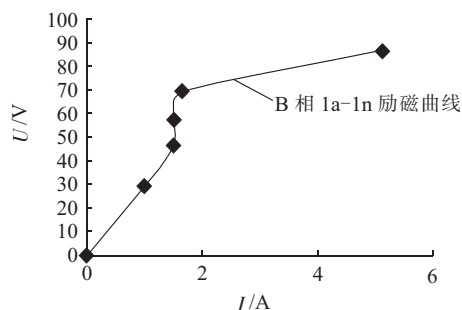


图8 励磁曲线图(包括线圈电阻和铁心损耗)

WDPF 的 DCS 与 DEH 一体化升级改造,完整地转换了原系统的控制与保护逻辑,实现了与原系统完全一致的联锁保护和顺序控制,改造后机组于 2012 年 6 月底正式并网运行,控制系统运行平稳,AGC 等控制性能大有提高。实践表明,改造方案完全可行,提高了全厂自动化水平,达到机组的安全、稳定运行要求。本项目成功案例,对现役控制系统改造有较强的借鉴意义。

#### 参考文献:

- [1] 静铁盐. 热工控制系统运行手册(Ovation 控制系统)[M]. 北京:中国电力出版社,2008.  
[2] 孙奎明,时海刚. 热工自动化[M].2 版. 北京:中国电力工业出版社,2009.

- [3] 李 菁. Ovation 控制系统的应用[J]. 计算机光盘软件及应用, 2011(11).  
[4] 林 刚,郑 松. TelepermXP 电站控制系统技术特点与调试[J]. 电力建设,2001,22(10):17-19,23.  
[5] 蔡云达,张培华. 西门子 TelepermXP 控制系统分析与实践[J]. 电力科学与工程,2003(3):71-73.  
[6] 朱又生. 双抽汽冷凝式汽轮机的微机控制[J]. 测控技术,2000, 19(10):21-23.

#### 作者简介:

朱又生(1965),男,安徽蚌埠人,高级工程师,从事大中型电站安全生产技术管理工作。

## Integration Retrofit of DCS and DEH for 630 MW Unit

ZHU You-sheng

(Jiangsu Guoxin Group, Nanjing 210005, China)

**Abstract:** Unit #1 of Yangzhou 2nd Power Plant was put into service in 1998. The DEH and DCS were constructed respectively using WDPF control system and TXP distributed control system. Due to the long service time, aging issues along with the increasing faulty rate may have severe effects on the safety of the power plant. A comprehensive research was conducted, and Ovation control system is employed for the integration retrofit of DCS and DEH. After retrofit, unit #1 was put into operation in July 2012, and it is found that the current key performance indicators can reach or even exceed the previous system.

**Key words:** Ovation control system; TXP control system; 630 MW subcritical power plant; DEH

(上接第 61 页)

## 4 结束语

TV 的空载试验电流值与一次绕组高压端的电容有关。在对与 GIS 配套的气体绝缘 TV 进行励磁特性测量时,励磁电流中包含了容性电流和感性电流这两部分无功分量。容性电流随试验电压升高而线性增长,感性电流与铁心的饱和程度有关,随电压升高到一定值后逐渐迅速增加。因此这两部分电流叠加的结果是起初电压增加时以容性电流为主,接近均匀增大,到一定电压值后,由于感性电流增大,两者抵消的结果使总电流出现减小的趋势,随后由于感性电流逐渐增加

使得总电流又转为感性并呈现快速增大趋势。

#### 参考文献:

- [1] 保定天威保变电气股份有限公司. 变压器试验技术[M]. 北京:机械工业出版社,2004.  
[2] 吴尊东,朱 旭,王晓明. 电磁式电压互感器空载励磁电流异常的原因分析[J]. 浙江电力,2010(1):18-21.

#### 作者简介:

赵华鑫(1968),男,江苏泰州人,工程师,从事电气试验工作;  
吉亚民(1972),男,江苏盐城人,高级工程师,从事高电压与绝缘技术工作;  
邵新苍(1989),男,江苏无锡人,助理工程师,从事电气试验工作。

## Test for Excitation Characteristic of GIS Electromagnetic Voltage Transformer

ZHAO Hua-xin, JI Ya-min, SHAO Xin-cang

(Jiangsu Electrical Power Maintenance Branch Company, Nanjing 211002, China)

**Abstract:** The abnormal phenomenon of excitation characteristics curve of a GIS electromagnetic voltage transformer on 110 kV line is introduced. By comparing with test data from the factory, a qualitative analysis about the composite of capacitive current and inductive current is made, providing reference for the test of excitation characteristics of electromagnetic voltage transformer in GIS.

**Key words:** GIS; electromagnetic voltage transformer; excitation curve; capacitance