

# 用低频电源测量高安匝数电流互感器的伏安特性

郑立群, 郑永寅

(牡丹江互感器厂, 黑龙江 牡丹江 157005)

## Measuring V-A Characteristic of Current Transformer with High Ampere-turns Using Low-frequency Generator

ZHENG Li-qun, ZHENG Yong-yin

(Mudanjiang Instrument Transformer Factory, Mudanjiang 157005, China)

**摘要:** 介绍了利用低频率发电机测量高安匝数电流互感器保护用二次绕组伏安特性的原理、设计过程和应用实例,并验证了其可行性

**关键词:** 低频率同步发电机; 频率稳定性; 伏安特性

**中图分类号:** TM452

**文献标识码:** B

**Abstract:** This article introduces the principle, and a practical example of measuring V-A characteristic of current transformer with high ampere-turns using low-frequency generator.

**Key words:** low-frequency synchronization generator; frequency stability; V-A characteristic

## 1 前言

GB1208-1997《电流互感器》规定:“根据用户的要求,制造厂应提供保护用电流互感器的伏安特性”<sup>[1]</sup>。实际上,互感器制造厂都提供伏安特性的实测值,并规定实测值必须大于或等于设计值,以便间接地控制保护用电流互感器二次绕组的准确限值系数(如5P或10P级)及时间常数(如TPY级)等,同时用户还可以根据提供的伏安特性选择伏安特性相近的互感器进行配组安装。因此,保护用电流互感器二次绕组伏安特性试验是制造厂出厂试验中必须要做的项目之一。但是,在试验高安匝数电流互感器二次绕组的伏安特性时,其电压往往超过国家标准规定的匝间绝缘耐受电压值(4.5 kV),有的二次绕组电压甚至超过规定值的数倍(10 000~20 000 V以上),致使试验无法进行。

根据感应电势  $E=4.44fNSB \times 10^{-4}$  的公式可知:当绕组匝数  $N$ 、铁心截面积  $S$ 、铁心中磁通密度  $B$  保持不变时,感应电势  $E$  与频率  $f$  成正比,即降低试验电源的频率,就能使被测二次绕组的感应耐受电压不超过允许值<sup>[2]</sup>。根据这种原理,制定了相关参数,

订购了一套10 Hz低频发电机组,自1996年使用至今,效果良好。

## 2 低频发电机组的主要技术参数

### (1)同步发电机

额定容量 50 kV·A,三相(定子出线6根),4极,额定电压 800/462 V (Y/△接线),924 V (单相V接线,容量不小于 34 kV·A);额定频率 10 Hz;额定转速 300 r/min;功率因数 0.2~0.8(滞后);效率不低于 85%(当  $\cos\phi$  不小于 0.8 时);线电压波形正弦畸变率不大于 4%;户内使用,可连续运行,采用硅整流励磁装置。

### (2)异步电动机

额定功率 55 kW,4极;额定电压 380 V;转速 1 480 r/min。

### (3)减速箱

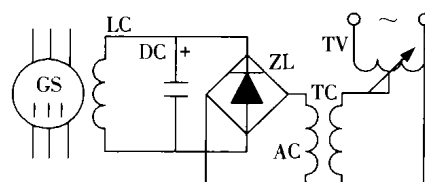
功率 51.5 kW,减速比 4.94。同步发电机和异步电动机装置于一块底板架上,两机间藉减速箱连接。

### (4)中间变压器

由于同步发电机的最高输出电压为 800 V (三相)及 924 V (单相),对有些试验,这个电压值是不够的,因此自制了一台 10 Hz,34 kV·A 的中间变压器,其输入电压与发电机匹配,输出电压为 20~4 000 V。

### (5)同步发电机的励磁装置

采用调压器和硅整流器组成可变励磁调节装置,见图1。其励磁电压在(5%~110%) $U_N$ ( $U_N$ 为额定



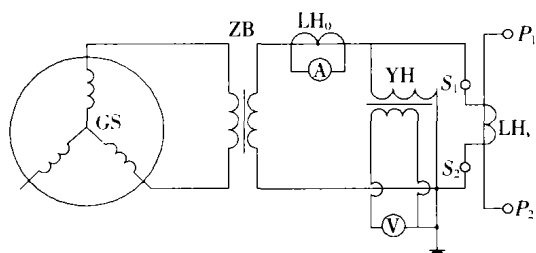
GS——10 Hz 同步发电机 ZL——硅整流器 TC——整流变压器  
TV——自耦调压变压器 LC——发电机励磁绕组

图1 低频发电机励磁系统示意图

电压)范围内均匀可调。

### 3 10 Hz 低频发电机组的运行和频率稳定问题

10 Hz 低频发电机的输出电压可通过调整发电机的励磁电压进行调节,发电机的输出给中间变压器供电,再由中间变压器给被试品供电,由此组成的试验回路见图2。



GS——10 Hz 低频发电机 LH<sub>0</sub>——被测电流互感器  
ZB——中间变压器 A——电流表 V——电压表  
LH<sub>0</sub>——电流互感器(5 000 V, 0.5~50/5 A, 0.2 级)  
YH——10 Hz 电压互感器(5 000/50 V, 0.2 级)

图2 试验回路图

10 Hz 低频发电机组输出频率是否稳定取决于发电机的转速,而发电机是由电动机带动的,因此问题的焦点是拖动电机的选择,对此曾有两种方案:

(1) 选用同步电动机,优点是当电网频率一定(不波动)时,发电机的输出频率恒定。但缺点也较多,如:①需要有独立的励磁电源。②电机轴上装有电刷和滑环,存在滑动接触的隐患。③发电机组常需频繁起动,短时运行,而同步电动机起动时操作复杂。④运行和维护条件苛刻,可靠性较低。⑤价格是异步电动机的2倍以上。

(2) 选用异步电动机拖动则无上述缺点,如所选用的 Y250-4 型 55 kW 异步电动机,其额定转速为 1 480 r/min,空载转速为 1 493 r/min。当考虑到机组运行时实际负载约为 0.25~0.8 倍额定负载,取转速比为 4.94 时,发电机的转速在空载时为  $1\,493/4.94=302.2$  r/min,在满载时为  $1\,480/4.94=299.6$  r/min,又发电机的输出频率  $f=np/60$ 。式中:  $f$  为频率;  $n$  为发电机转速;  $p$  为发电机的极对数(该发电机极对数为 2)。于是可得,空载时:  $f=302.2 \times 2/60=10.073$  Hz; 满载时:  $f=299.6 \times 2/60=9.987$  Hz。

由此可算得频率波动的最大绝对值为 0.086 Hz,相对值(相对 10 Hz 而言)为 0.86%。由于异步电动机和同步发电机之间是藉减速箱连接的,所以只要将减速箱的减速比设计适当,发电机的输出频率即

可为这两个数值。

### 4 10 Hz 和 50 Hz 电源试验结果的比较

比较方法如下:把同一台电流互感器的二次绕组,用 10 Hz 低频电源测量后所得数据换算到 50 Hz 时的数值,再与直接用 50 Hz 电源测量的结果进行比较。为了使正常绝缘的二次绕组能承受 50 Hz 电源直接试验时的高电压,经过计算,将 LB7-220W 型,额定电压 220 kV,额定电流比  $2 \times 1250/1A$ ,额定频率 50 Hz 电流互感器的 5P20 和 TPY 级二次绕组绝缘进行了加强处理,并浸在变压器油中,试验结果见表 1。

表 1 5P20 级、TPY 级二次绕组的试验结果

I/A		$U_{10}/V$		$U'_{50}/V$		$U_{50}/V$		f/%	
5P20	TPY	5P20	TPY	5P20	TPY	5P20	TPY	5P20	TPY
0.05	0.50	63.0	906	315.0	4 530	308.5	4 458.0	2.06	1.59
0.10	0.70	87.0	1 266	435.0	6 330	425.5	6 250.0	2.18	1.26
0.20	0.75	95.5	1 362	477.5	6 810	468.0	6 708.0	1.99	1.50
0.30	0.80	99.5	1 433	497.5	7 165	489.5	7 057.5	1.61	1.50
0.45	0.85	99.7	1 496	498.5	7 480	488.5	7 390.0	2.01	1.20

注:①  $I$  为励磁电流;  $U_{10}$  为 10 Hz 时的实测电压值;  $U'_{50}$  为 10 Hz 折算到 50 Hz 时的电压值;  $U_{50}$  为 50 Hz 时的实测电压值;  $f$  为相对误差

② 10 Hz 时的实测值乘以 5 即为折算到 50 Hz 时的电压值。

③ 相对误差  $f = |U'_{50} - U_{50}| \times 100\% / U_{50}$ 。

### 5 结语

(1) 用 10 Hz 低频发电机组测量高安匝数电流互感器二次绕组的伏安特性时,一般不会有超过国家标准规定的匝间绝缘耐受电压值的危险,因此试验安全。

(2) 10 Hz 时电压测量值折算到 50 Hz 后的电压值较直接用 50 Hz 电源测量值的相对误差在 1.2%~2.2% 之间,这个误差可能还包括发电机实际输出频率波动引起的误差,因为折算是按额定输出频率 10 Hz 求得的,如果试验时采用数字频率计进行测量,并用实测频率折算,则频率波动引起的误差无疑可以更小。

### 参考文献:

- [1] GB1208-1997. 电流互感器[S].
- [2] JB/T5356-2002. 电流互感器试验导则[S].

作者简介:郑立群(1969-),男,工程师,黑龙江牡丹江人,现从事互感器设计及标准工作。