

# 0.1 Hz 超低频试验装置电压和容量的确定

Determination for the Voltage and Capacity  
of 0.1 Hz Super - low Frequency Testing Set

黑龙江省火电四公司 (154005) 石卓宏

安徽水利职工大学 (233400) 陈化钢

**摘 要** 介绍了 0.1 Hz 超低频试验电压和容量的确定方法。

**关键词** 试验电压 容量 绝缘

0.1 Hz 超低频交流电压作为高压试验电源具有许多优点, 主要是: ①它与 50 Hz 交流电压对绝缘的作用有很好的等效性; ②能降低试验设备的容量, 对试验变压器而言, 从理论上讲可使其容量减少为 50 Hz 交流容量的 1/500; ③用于局部放电测量时可抑制 50 Hz 交流的干扰。基于上述原因, 我国从 1975 年就开始将 0.1 Hz 超低频用于发电机耐压试验。目前, 国内外又研究将 0.1 Hz 用于交联聚乙烯 (XLPE) 电缆耐压试验、变压器局部放电试验, 甚至有人采用 0.1 Hz 超低频电压作为测量介质损耗因数  $t_g \delta$  的试验电源。由此可见, 利用 0.1 Hz 超低频交流电压作高压试验电源是一项很有前途的预防性试验技术。因此国内外都在致力于 0.1 Hz 超低频试验装置及其应用的研究。我国西安交通大学电气工程学院, 大连理工大学特种电源厂先后研制出新型的 0.1 Hz 超低频电压试验装置, 为在现场应用 0.1 Hz 超低频电压进行测试提供了条件。根据现场需要, 主要介绍 0.1 Hz 超低频试验电压和容量的确定方法。

## 1 试验电压的确定

试验电压的确定是进行 0.1 Hz 超低频交流耐压试验最关键的问题, 因为只有施加的试验电压正确, 才能得出正确的结论。

0.1 Hz 超低频交流试验电压的大小与被测试设备的种类、电压等有关, 下面分别介绍几种设备的试验电压。

### 1.1 发电机

研究表明, 发电机的 0.1 Hz 超低频交流试验电压可用下式计算:

$$U_{0.1} = \beta \sqrt{2} U_{50} \text{ (峰值)}$$

式中  $U_{50}$  ——预定的 50 Hz 交流试验电压值 (如表 1 和表 2 所示);

$\beta$  ——等价系数, 《电力设备预防性规程》推荐取 1.2。

这样, 上式可以写成:

$$U_{0.1} = 1.2 \sqrt{2} U_{50} \text{ (峰值)}$$

表 1 发电机大修前的 50 Hz 交流试验电压

运行情况	试验电压
运行 20 a 及以下	$1.5 U_n$
运行 20 a 以上与架空线路直接连接	$1.5 U_n$
运行 20 a 以上不与架空线路直接连接	$(1.3 \sim 1.5) U_n$

表 2 全部更换定子绕组并修好后的 50 Hz 交流试验电压

容量/ (kW 或 kVA)	额定电压 $U_n / V$	试验电压 / V
小于 10 000	36 以上	$2 U_n + 1 000$ 但最低为 1 500
	6 000 以下	$2.5 U_n$
10 000 及以上	6 000 ~ 18 000	$2 U_n + 3 000$
	18 000 以上	按专门协议

表 3 交联聚乙烯电缆 50 Hz 交流试验电压推荐值

额定电压 $U / kV$	3	6	10	35
试验电压 $U_{50} / kV$	4	8	13	46

注: 试验电压持续时间为 5 min。

表4 交联聚乙烯绝缘单芯电力电缆的电容

μF/km

额定电压/kV	线芯标称面积/mm <sup>2</sup>											
	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	270	400
10	0.15	0.17	0.18	0.19	0.21	0.24	0.26	0.28	0.32	0.38	-	-
35	-	-	-	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	-

  

额定电压/kV	线芯标称面积/mm <sup>2</sup>											
	240	300	400	500	630	800	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000
110	0.132	0.143	0.161	0.177	0.197	0.219	0.265	0.202	-	-	-	-
220	0.107	0.114	0.122	0.131	0.141	0.152	0.180	0.190	0.198	0.200	0.212	0.22

注：110 kV及220 kV电缆的电容值为计算值。

## 1.2 交联聚乙烯电缆

目前国内研究甚少，根据国外试验资料介绍，0.1 Hz的试验电压为50 Hz时的(1.5~1.8)倍，

$$U_{0.1} = (1.5 \sim 1.8) U_{50}$$

式中  $U_{50}$  为预定的50 Hz交流试验电压值，这个值目前在《电力设备预防性试验规程》中尚未给出。为便于参考，给出下列数值。

a. 国标 GB12706.1-91 规定。额定电压  $U_0$  为3.6 kV及以下电缆： $U_{50} = 2.5 U_0 + 2$  (kV)；额定电压  $U_0$  为3.6 kV以上电缆： $U_{50} = 2.5 U_0$  (kV)。

b. 现场试验。一些参考文献中的推荐值如表3所示。

当  $U_{50}$  确定后， $U_{0.1}$  便可求得。

## 1.3 电气设备局部放电

目前在实际监测中所施加的0.1 Hz超低频试验电压，也是根据上述等价系数  $\beta$  的大小来确定的。

## 2 试验容量的确定

0.1 Hz超低频试验装置的容量由被测试设备的电容电流和试验电压来确定。

### 2.1 电容电流

被测试设备的电容电流可用下式计算

$$I_c = U_{0.1} \cdot \omega_{0.1} \cdot C_X$$

式中  $U_{0.1}$  ——0.1 Hz试验电压；

$\omega_{0.1}$  ——角频率， $\omega_{0.1} = 2\pi f_{0.1} = 2\pi \times 0.1 = 0.628$ ；

$C_X$  ——被测试设备电容，可测量、计算或查表。

对发电机，其定子绕组每相对地电容可用平板电容公式计算，即

$$C_X = \frac{\epsilon_r Z (2h + b) l}{3 \times 36\pi d \times 10^5} \mu\text{F}$$

式中  $\epsilon_r$  ——发电机定子绕组绝缘材料的介电系数；

$Z$  ——定子铁芯槽数；

$h$  ——定子线槽深度，cm；

$b$  ——定子线槽宽度，cm；

$l$  ——定子铁芯长度，cm；

$d$  ——线棒主绝缘单面厚度，cm。

将某300 MW发电机的有关参数代入上式后计算得

$$C_X = \frac{5 \times 468 \times (2 \times 24.4 + 2.84) \times 275}{3 \times 36 \times 3.14 \times 0.53 \times 10^5} = 1.85 (\mu\text{F})$$

实测  $C_X = 1.7 \mu\text{F}$ ，比按上式计算结果小8.8%。

若测量发电机定子绕组每相对地电容，可用电容电桥法或自放电法。

对于交联聚乙烯电缆可查表4。

### 2.2 试验电压

根据1.1和1.2中方法确定。试验装置的额定电压应大于试验电压，即  $U_Z > U_{0.1}$ 。

### 2.3 试验容量

试验容量可用下式计算

$$P_{0.1} = U_{0.1} \cdot U_{0.1} \cdot \omega_{0.1} \cdot C_X = U_{0.1}^2 \cdot \omega_{0.1} \cdot C_X$$

试验装置的容量应大于试验所需容量，即  $P_Z > P_{0.1}$ 。

## 参考文献

- 1 陈化钢. 超低频电压在高电压试验中的应用. 电世界, 1995.11
- 2 陈化钢编著. 电力设备预防性试验技术问答. 北京: 中国水利水电出版社, 1998
- 3 雷国富, 陈占梅等编著. 高压电气设备绝缘诊断技术. 北京: 水利电力出版社, 1994

## 作者简介:

石卓宏, 男, 工程师, 主要从事火力发电厂设备安装及试运。

(收稿日期 1998-12-07)