

变频谐振装置用于带电作业工具 及母线瓷瓶耐压试验等效性研究*

连逊章 王中汉 郑维邦 庄清臣 朱庆翔 李 刚

(郑州工学院情报中心 450002)

(河南电力局科试所 450000)

摘 要: 鉴于500千伏带电作业工具整体耐压试验在本地进行时,需启用变频谐振装置。本文论述了变频谐振装置用于带电作业工具及母线瓷瓶耐压试验的等效性。

关键词: 变频谐振装置, 带电作业工具, 母线, 瓷瓶, 等效性

中图分类号: TN77

1 引言

省电力局科试所高压大厅拥有500千伏工频试验设备一套,用它可以完成220千伏电压等级以下带电作业工具的整体耐压试验任务,但对500千伏电压等级的带电作业工具却只能分段进行耐压试验;科试所另有一套825千伏串联谐振试验装置,该电压等级能够完成500千伏带电作业工具的整体试验任务,且串联谐振试验装置体积小,重量轻,适合现场试验;但由于串联谐振试验装置输出电压的频率范围在100赫兹—300赫兹之间,它与工频50赫兹的耐压等效性如何?是否会因为电源频率的变化而引起试品沿面闪络电压或内部击穿电压的改变,造成对试品绝缘性能的误判断?为此选择了带电作业工具及母线瓷瓶不同试品,用工频50赫兹及串联谐振装置106赫兹—306赫兹不同频率下进行闪络对比试验,找出串联谐振试验装置用于带电作业工具及母线瓷瓶耐压试验的等效性。

2 研究方法

根据电力部标准DL408-91的要求,对带电作业工具进行检验时,其一是在一分钟所加电压下是否发生击穿或闪络,其二是施加电压一分钟后检验带电作业工具是否发热。据此用统计学的方法与温升的方法,选择一定试品在相同的试验环境及试验条件下进行对比试验,分别用变频装置106赫兹—306赫兹与工频50赫兹在带电作业工具及母线瓷瓶上,确定闪络电压的等效性如何?

2.1 统计的方法

将试品上施加串联谐振试验装置输出的电压而得到的闪络电压与试品上施加50赫兹工频试验装置输出的电压而得到的闪络电压相比较,其偏差在2—8%范围之内,再根据国标GB3361-82数据的统计处理和解释:在成对观测值情形下两个均值的态,符合规定者即认为被试品在该频率下与50赫兹工频下的耐压试验等效,否则不等效。

2.2 温升的方法

* 收稿日期: 1995-06-09

采用引进日本的红外成像测试仪, 分别观测被试品在所施工频电压下和串联谐振试验装置输出电压下, 5 分钟内试品温度的变化情况, 查看试品分别施加两种电压所引起温度变化大小, 看此不同的温度变化是否足以引起我们对试品的误判断; 反之将认为两种频率下的耐压试验等效。

3 试品的选取

带电作业工具的种类较多, 所用材料各不相同, 但比较常用的带电作业工具一般都是环氧树脂材料制成的各种硬质绝缘工具(比如操作杆、绝缘梯、绝缘拉板等)和由蚕丝编制而成的各种软质绝缘工具(如滑子绳、绝缘软梯等), 为了简化试验程序, 选择了有代表性的试品若干件进行试验, 试品种类如下:

- 3[#] 试品 带电作业工具用绝缘板
- 5[#] 试品 带电作业工具用绝缘管
- 8[#] 试品 带电作业工具用操作杆(带金属头)
- 10[#] 试品 带电作业用蚕丝绳
- 11[#] 试品 10 千伏母线用支柱瓷瓶(粗)
- 12[#] 试品 10 千伏母线用支柱瓷瓶(细)

4 试验次数的确定

对表面清洁的绝缘工具, 在均匀升压的情况下其表面放电电压是服从正态分布的, 这在许多高电压理论书籍中已得到充分的证明。因此要求某一距离下的击穿放电电压, 只需取 n 次试验结果的平均数, 并将作为母体估计值即可。显然试验次数愈多, 子样平均值愈接近, 估计的准确度愈高。但试验工作量将随试验次数 n 的增大而增大, 试验时间也将增长, 更重要的是试验条件容易发生变化。因此必须合理选择试验次数的问题。

既然在这种情况下绝缘杆表面放电电压服从正态分布, 因此不管子样大小如何, 子样平均数总服从正态分布的。若母体标准偏差估计值为

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(u - \bar{u})^2}{n - 1}} \tag{1}$$

则子样平均值的标准偏差为 $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ 。根据 t 分布理论, 取置信系数为 $1 - \alpha$, 则 u_j 的置信区间为:

$$(u - ta \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad u + ta \frac{\sigma}{\sqrt{n}}) \tag{2}$$

这就是说, 在置信系数为 $1 - \alpha$ 时, \bar{u} 与 u_j 之间最大误差为 $ta \cdot \sigma / \sqrt{n}$, (其中 ta 可由 t 分布数值表查得)。若给定估计值的允许偏差为 e 则有:

$$\frac{ta \cdot \sigma / \sqrt{n}}{u_j} \leq e \quad \text{于是有 } n \geq \left(\frac{ta \sigma}{eu_j}\right)^2 \tag{3}$$

在试验之前要估计试验次数, 可先对母体标准偏差系数作近似估计(σ / u_j), 根据上式 (3) 与表可预估计一个合适的试验次数。在试验之后, 试验结果不能满足 (3) 式时, 再增加试验次数。

在我们的试验中试验次数选择为 20 次, 并在试验过后对试验次数进行了验证, 证明 20 次试验次数足以满足 95% 的置信度, 并使平均值 \bar{u} 与母体 u_j 的相对偏差达到 $e < 3\%$, 完全满足条件要求。

5 试验结果及统计分析

5.1 统计方法的结果

用工频 50 赫兹与串联谐振试验装置在 106 赫兹、121 赫兹、141 赫兹、181 赫兹、222 赫兹、250 赫兹、270 赫兹及 306 赫兹频率下对 3[#] 试品、5[#] 试品及 8[#] 试品分别在 16 公分、20 公分、30 公分、40 公分、50 公分等不同闪络距离下使其闪络 20 次得出闪络电压，总计试验数据 3000 多个。

根据试验结果，计算出各种试品在不同频率和不同距离下的闪络电压的平均数，并求出闪络电压与频率的关系曲线，见图 1、图 2、图 3、图 4。从曲线上可以看出，在不同距离下，频率从 50 赫兹开始一直升到 270 赫兹，随电源频率的增加，试品的闪络电压基本没有变化；根据国标 GB311.3-83 规定，我们设标准偏差为 4%，经过 GB3361-82 规定方法进行比较计算得出频率在

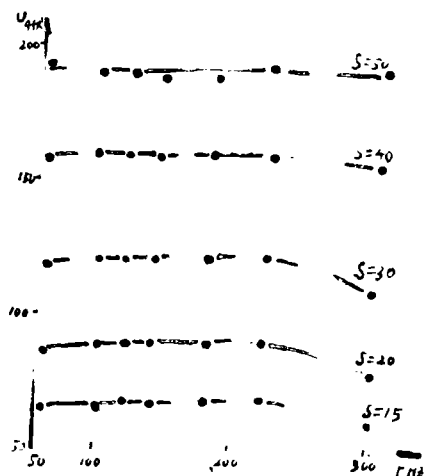


图 1 3[#]试品闪络电压频率 $u=f(F)$ 的关系曲线

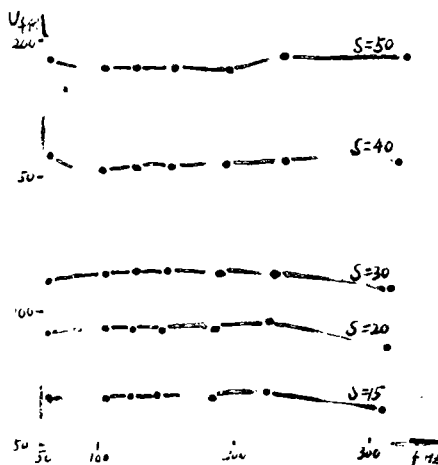


图 2 5[#]试品闪络电压与频率 $u=f(F)$ 的关系曲线

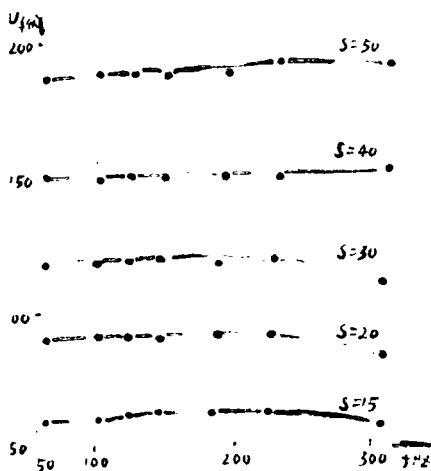


图 3 8[#]试品闪络电压频率 $u=f(F)$ 的关系曲线

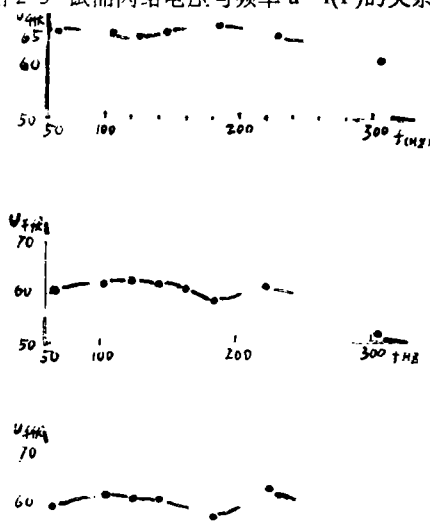


图 4 10[#]、11[#]、12[#]试品闪络电压与频率 $u=f(F)$ 的关系曲线

270 赫兹以下时的试品闪络电压与 50 赫兹时的试品闪络电压等效，而当频率为 306 赫兹时，即使将标准偏差设为 8%，也不能与 50 赫兹时的试品闪络电压等效，这一点从图 1—图 4 曲线中也可以看出，这是由于固体介质表面闪络致使试品闪络电压降低。

用串联谐振试验装置对 500 千伏以下带电作业工具进行耐压试验时, 装置的输出频率可以调整到 250 赫兹以下, 由于试验条件的限制, 对 270 赫兹—306 赫兹之间的频率没有再进行比较试验。

试品的闪络电压随闪络距离的增加而增加, 由于工频试验设备的限制, 比较试验的试品闪络距离仅从 15 公分做到 50 公分, 无疑当继续增加闪络距离, 试品的闪络电压也会随之增加, 但两者之间关系如何, 是否就是 50 公分以下试品闪络电压与闪络距离关系的线性延伸。

按照数理统计原理, 当研究变量与变量之间相关关系时, 可用回归分析的方法。根据试验数据分析得出同一试品闪络距离与闪络电压之间, 无论是在 50 赫兹工频下, 还是在变频串联谐振试验装置输出的某一频率下, 试品的闪络距离 S 与闪络电压 u 之间都可求出线性回归方程 $u = a + bs$, 这也就证明了试品闪络距离与闪络电压之间为线性关系, 因此对我们的研究结果可加以延伸。

5.2 温升方法的结果

对各试品在某一距离下加上不同频率 (50 赫兹—307 赫兹) 从升压时刻开始, 分别升到耐压电压, 耐压 1 分钟、2 分钟……5 分钟等各点用红外测试仪对试品进行测量, 以观察试品耐压段的温度变化。从红外测试仪的测量情况来看, 对于质量好, 表面清洁、干燥的试品耐压 1 分钟内温度基本没有变化, 耐压到 5 分钟, 仪器测出仅有 1°C — 2°C 的温度变化, 用手触摸无法感觉到此温度的变化, 且随电源频率的改变 (50 赫兹—306 赫兹的范围) 温度无明显的变化。

6 结论

课题的试验研究结果证明, 当变频试验装置的输出频率在 100 赫兹—270 赫兹范围内, 用变频试验装置对带电作业工具及母线瓷瓶试品进行耐压试验时与 50 赫兹工频下的耐压试验等效。

参 考 文 献

- 1 国家标准 GB311.3—83 附录 A. GB3361—82
- 2 清华大学应用数学系概率统计教研室编: 概率论与数理统计, 吉林教育出版社, 1987 年 9 月
- 3 陈幼松、杨位钦编: 实用数理统计方法及应用题详解, 北京科学技术出版社, 1983 年
- 4 颜怀梁编: 数理统计及其在高压技术中的应用, 重庆大学出版社, 1987.8
- 5 马逢时、何良材合编: 应用概率统计(讲义)
- 6 蒋英圣: 简论用变频谐振装置进行 GIS 现场试验的等价性, 高压电器, 1988 年 8 期

The research on the equivalence of HV test of the tools for live working and the insulator of the busbar using resonant test set with variable frequency

Abstract: When local test on the basis of totality HV test the tools for 500KV live working, it has to use the resonant test set with variable frequency, this paper deals with the equivalence of HV test of the tools for live working and the insulator of the busbar using resonant test set with variable frequency.

Keywords: VFSR the tools for live, working busbar insulator