

# 金属氧化物避雷器带电测试干扰分析

杨殿成

(云南电力试验研究院(集团)有限公司, 云南 昆明 650051)

**摘要:** 金属氧化物避雷器带电测试相比传统的停电直流测试具有极大的优势,但周围带电设备对被试避雷器的影响以及避雷器自身存在的相间干扰则是目前带电测量方式遇到的最大困扰。针对普遍存在的“一”字形排列避雷器,分析了其在外界干扰环境下的持续电流特性,指出在现场干扰条件下是无法准确测得泄漏电流的阻性分量的,而避雷器带电测试的关键是确定阻性电流的增量。

**关键词:** 避雷器; 带电测试; 阻性电流

中图分类号: TM862

文献标志码: B

文章编号: 1001-1609(2009)05-0130-03

## Study on Interphase Interference to On-line Measurement of Metal Oxide Arrester

YANG Dian-cheng

(Yunnan Electric Power Test & Research Institute Group Co., Ltd., Kunming 650051, China)

**Abstract:** On-line measurement of metal oxide arrester is superior in many respects to conventional off-line DC test. However, on-line measurement faces the interference from the electriferous equipments around MOA and the interphase interference from MOA itself. For the MOAs that are generally arranged in line, this paper analyzes the leakage current characteristic of the MOAs under the interfering environment. The result shows that the resistive component of leakage current of MOA is difficult to be accurately measured under the interfering environment. While measuring the increment of the resistive current is the key to on-line measurement of MOA.

**Key words:** metal oxide arrester(MOA); on-line measurement; resistive current

### 0 引言

避雷器是电力系统重要的过电压保护设备,它的正常运行关系着电力系统的安全、稳定供电。近年来,金属氧化物避雷器(MOA)以其优越的非线性特性和通流能力,在电力系统得到广泛的应用。为了保障系统的安全运行,电力工业部部颁标准 DL/T 596-1996《电力设备预防性试验规程》中规定,每年雷雨季节前进行避雷器的绝缘电阻、底座绝缘、直流 1 mA 电压及  $0.75U_{1mA}$  下的泄漏电流测试<sup>[1]</sup>。但随着电力系统的迅猛扩张,这种停电检测的弊端就越发的突出。由于周围带电设备以及被试避雷器自身存在的相间干扰,带电测试无法准确测得泄漏电流的阻性分量。使得测量值难以真实反映避雷器的性能状况,尤其是难以发现设备的早期故障。

金属氧化物避雷器性能变差的原因主要有以下两个:一是避雷器结构密封不严导致设备内部受潮,其特征量是系统正常运行电压下的阻性电流增大,基波量增大更为明显;二是氧化锌电阻片长期承受工频电压而逐渐老化,使其非线性特性变差,其特征值也是系统运行电压下的阻性电流增大<sup>[2]</sup>。因此,检测金属氧化物避雷器运行是否正常的正确关键是正确确定泄漏电流中的阻性电流分量,即确定阻性电流的增量。

目前获得持续电流中的阻性分量普遍采用的是谐波法、补偿法和投影法<sup>[3]</sup>,都没有考虑周围带电设备对被试避雷器产生的耦合容性干扰电流,因此无论采用哪种方法都不能准确测得三相“一”字形排列的避雷器持续电流中的真实阻性电流分量,笔者就这一现象进行了深入的定性分析,并提出合理的解决建议。

收稿日期:2009-03-05

作者简介:杨殿成(1979),男(锡伯族),助理工程师,从事发、变电设备的检测和试验工作。

### 1 单相金属氧化物避雷器阻性电流 $I_R$ 与 $\alpha$ 的关系

金属氧化物避雷器(以下简称避雷器)小范围等值电路见图1,其中  $I_R$ 、 $I_C$ 、 $I_X$  分别为其阻性电流、容性电流和持续电流。单相避雷器基波向量关系见图2,其中  $I_{R1}$ 、 $I_{C1}$ 、 $I_{X1}$  分别为对应以上参数的基波。

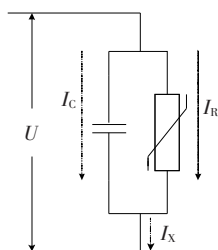


图1 单相避雷器等值电路

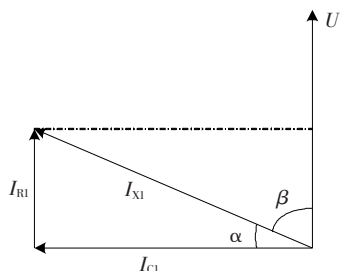


图2 单相避雷器基波向量关系

图2中  $\beta$  为持续运行电流与电压的夹角,从三角关系可知,  $I_{R1} = \cos\beta \times I_{X1}$ , 故  $\beta$  的测量对  $I_{R1}$  的测量起着决定性的作用,如果能够准确测得  $\beta$ , 就可以得到准确的  $I_{R1}$  电流值。但是在现场强电场干扰的情况下,  $\beta$  的测量势必受到影响。表1为一组型号为 Y20W5-444/1063W 的避雷器预防性试验数据。

表1 某型号为 Y20W5-444/1063W 的避雷器预防性试验数据

位置	A		B		C	
	$U_{1mA}/kV$	$I_{0.75U_{1mA}}/\mu A$	$U_{1mA}/kV$	$I_{0.75U_{1mA}}/\mu A$	$U_{1mA}/kV$	$I_{0.75U_{1mA}}/\mu A$
上节	208.6	27.6	208.4	27.0	207.6	25.5
中节	206.9	29.5	206.9	29.5	207.3	23.5
下节	212.2	20.9	213.1	21.7	211.7	22.5

从数据分析,该组避雷器状态良好且性能相近。表2为该组避雷器正常运行状态下的阻性电流测试数据。

从该组避雷器的测试数据来看, A、C相全电流基波相等并略大于B相;相角  $\angle A < \angle B < \angle C$ ; 阻性电流基波值 A、B、C三相呈递减分布。该组避雷器的阻性电流基波 A相数值为C相的13倍,由此可见,现场环境对测试的影响是非常大的。

表2 某型号为 Y20W5-444/1063W 的避雷器运行状态下阻性电流测试数据

	A	B	C
全电流基波 $I_{Xp}/mA$	2.071	1.884	2.000
阻性电流基波 $I_{Rp}/mA$	0.481	0.245	0.037
容性电流基波 $I_{Cp}/mA$	2.014	1.868	2.000
相角/(°)	76.55	82.5	88.93

### 2 三相“一”字形排列的避雷器阻性电流 $I_R$ 与 $\alpha$ 的关系

#### 2.1 无干扰情况下三相“一”字形排列的避雷器持续运行电流分析

针对最普遍的“一”字形排列的避雷器,在不考虑邻相和周围带电设备的耦合干扰时,其等值电路见图3,向量关系见图4。

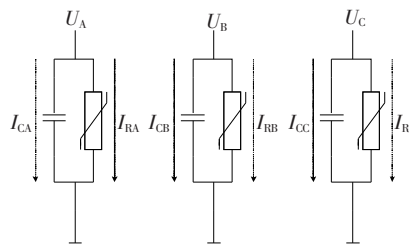


图3 无干扰情况下避雷器等值电路

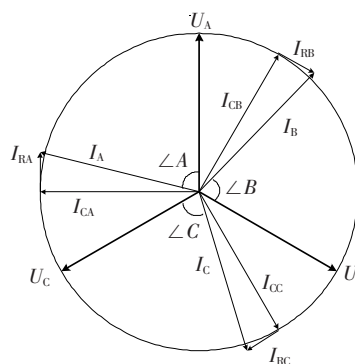


图4 无干扰情况下避雷器向量关系

从图4可以看出,三相电压向量  $U_A$ 、 $U_B$ 、 $U_C$  互成  $120^\circ$  夹角,容性电流  $I_{CA}$ 、 $I_{CB}$ 、 $I_{CC}$  超前各自电压相位  $90^\circ$ ,阻性电流  $I_{RA}$ 、 $I_{RB}$ 、 $I_{RC}$  向量与其电压同相位,持续运行电流  $I_A$ 、 $I_B$ 、 $I_C$  为该二者的合成向量,  $\angle A$ 、 $\angle B$ 、 $\angle C$  即为各相电压与持续运行电流的夹角。假设图中三相避雷器性能相同,则有  $I_{RA} = I_{RB} = I_{RC}$ 、 $I_A = I_B = I_C$ 、 $\angle A = \angle B = \angle C$ 。

#### 2.2 仅考虑本组相邻耦合干扰的三相“一”字形避雷器持续运行电流分析

三相“一”字形排列的避雷器运行工况下,相邻

相电压会对本相避雷器产生相间容性耦合，这种耦合现象的形成比较复杂。一是耦合电压非恒定值；二是耦合电路是非常复杂的电路。为研究的方便起见，仅考虑邻相之间的耦合干扰，并假设三相避雷器性能相同，耦合干扰用等值的电容电流表示，且其相位超前干扰电压源  $90^\circ$ ，其等值电路见图 5，向量关系见图 6。

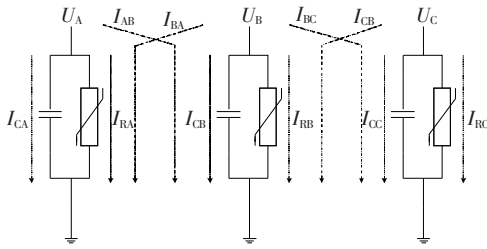


图 5 仅考虑本组相邻耦合干扰情况下的避雷器等值电路

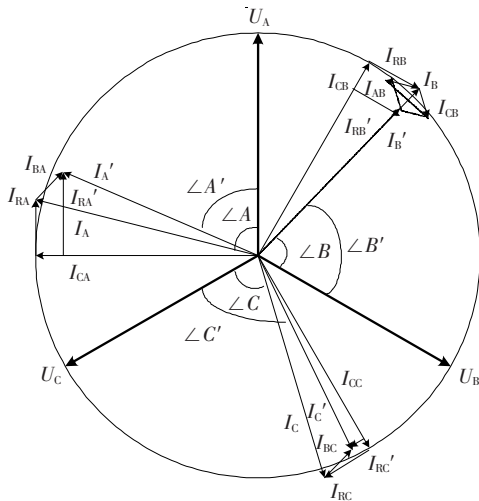


图 6 仅考虑本组相邻耦合干扰情况下的避雷器向量关系

由上图分析可知，在只存在本组邻相耦合干扰情况下，每一相实际所测电流值为本相容性电流、阻性电流及邻相耦合过来的干扰容性电流值的合成值。

在仅考虑邻相之间的耦合干扰，并假设三相避雷器性能相同的理想情况下。B 相对 A、C 相的干扰一致，即 B 相对 A 相的耦合电流  $I_{BA}$  与 B 相对 C 相的耦合电流  $I_{BC}$  幅值大小相同且向量关系平行。由此所造成的结果①A 相实测泄漏电流  $I'_A$  与 C 相实测泄漏电流  $I'_C$  的幅值均小于未受干扰影响下的泄漏电流  $I_A$  与  $I_C$ 。②使 A 相实测泄漏电流  $I'_A$  与  $U_A$  的夹角  $\angle A'$  小于  $\angle A$ ，A 相泄漏电流与电压的夹角偏小。③使 C 相实测泄漏电流  $I'_C$  与  $U_C$  的夹角  $\angle C'$  小于  $\angle C$ ，C 相泄漏电流与电压的夹角偏大。④由于阻性

电流、泄漏电流与夹角存在的  $\cos\beta$  关系，使得实测大于  $I_{RA}, I_{RC}'$  小于  $I_{RC}$ 。

A、C 相对 B 相的耦合干扰  $I_{AB}, I_{CB}$ ，幅值大小相同且关于  $I_B$  对称。由此所造成的结果①B 相实测泄漏电流  $I'_B$  小于未受干扰影响下的泄漏电流  $I_B$ 。②由于耦合干扰关于  $I_B$  对称，故  $\angle B' = \angle B$ 。

以上分析，符合现场实测数据所得规律，同表 2 所得。①A、C 相全电流基波相等并略大于 B 相。②实测相角  $\angle A' < \angle B' < \angle C'$ 。③阻性电流基波值 A、B、C 三相呈递减分布。

### 3 分析与结论

根据避雷器持续泄漏电流和其所加电压向量的夹角关系可知，要准确测得持续泄漏电流阻性分量，就必须准确测得持续泄漏电流幅值和其夹角。但是由于周围带电设备及邻相设备对被试品的耦合干扰影响，使得被测避雷器的持续泄漏电流的幅值和夹角都发生了复杂的变化。由于干扰设备的多种多样性，距离被试品的空间干扰距离等种种不确定性，因此耦合干扰的电容电流变化范围较大，导致不能准确测得各相泄漏电流与夹角，无法得到统一的定量规律。

在对运行中的避雷器进行阻性电流测试分析时，是不可能准确测得其阻性电流分量的。而且，对避雷器进行阻性电流测试的目的是判断避雷器性能的好坏，并非要得到其准确的阻性电流值。因此在目前条件下，准确测得阻性电流分量是不必要的也是不可能的。故可以在相同的被试环境下，通过对避雷器阻性电流测试值的增量来判断避雷器的健康状态及性能。

初次的避雷器阻性电流测试可以结合停电直流试验一同进行，此后可以只通过阻性电流测试的增量来监测被试品的性能状况，待发现异常后再结合停电直流试验来进行综合分析、判断。

### 参考文献：

- [1] DL/T 596-1996. 电力设备预防性试验规程[S].
- [2] 周 龙, 陈继东, 文远芳. 氧化锌避雷器阻性电流的谐波分析法[J]. 华东电力, 1997, 25(7): 44-45.
- [3] 丁品南, 钟雅风, 颜 文. 氧化锌避雷器阻性电流测试仪的研制及其应用[J]. 中国电力, 2000, 3(2): 48-50.