

# 影响绝缘电阻试验结果的因素分析

沈阳工程学院 高振国 王丽君 邱 巍 孟垂懿

[摘 要] 本文介绍了兆欧表的结构及工作原理, 阐述了测量绝缘电阻时应注意的问题, 分析了外界电磁场干扰及表面泄漏等因素对绝缘电阻测量结果的影响, 提出了正确使用兆欧表、消除测试误差的方法。

[关键词] 绝缘电阻 测量 兆欧表

## 1 引言

电气设备的绝缘状况对电力系统的安全运行至关重要。为避免突发性故障和停电事故, 电力行业主要采用预防性试验和检修体制。绝缘电阻测试是一个应用非常普遍的试验项目, 通过测量电气设备的绝缘电阻, 可以及时地发现电气设备内部导电部分影响绝缘的异物、绝缘局部或整体受潮、绝缘油脏污和严重劣化以及绝缘击穿等缺陷。

然而在现场测量中, 测试人员往往忽视接线方法以及周围电磁场等的影响, 因而产生测量误差, 甚至导致判断错误, 给电力系统安全运行带来隐患。

本文介绍了兆欧表的结构及工作原理, 阐述了测量绝缘电阻时应注意的问题, 分析了外界电磁场干扰及表面泄漏等因素对绝缘电阻测量结果的影响, 提出了正确使用兆欧表、消除测试误差的方法。

## 2 兆欧表的结构及工作原理

兆欧表是用于检测电气设备绝缘电阻的一种可携式仪表, 其结构如图1所示。兆欧表带有手摇的直流发电机, 亦称摇表。它的测试电压等级有100V、250V、500V、1000V、2500V及5000V等几种。一般额定电压在500V以下的电气设备, 应选用500V或1000V仪表; 额定电压在1000V以上的设备应选用2500V或5000V的仪表。选用兆欧表测量范围时, 一般不要使测量范围过多地超出所需测量的绝缘电阻值, 以减少测量产生的误差。

兆欧表的接线柱共有三个: 一个为“L”即线路端子, 一个为“E”即接地端子, 还有一个“G”即屏蔽端子。一般被测绝缘电阻都接在“L”和“E”端子之间, 与电流测量线圈及限流电阻相串联, 接至手摇发电机两端。当被测设备绝缘表面漏电严重时, 还要将其绝缘表面加装屏蔽环并与“G”端子相联接。这样表面泄漏电流就经屏蔽端子“G”直接流回发电机的负端形成回路, 而不再流过兆欧表的电流测量线圈。

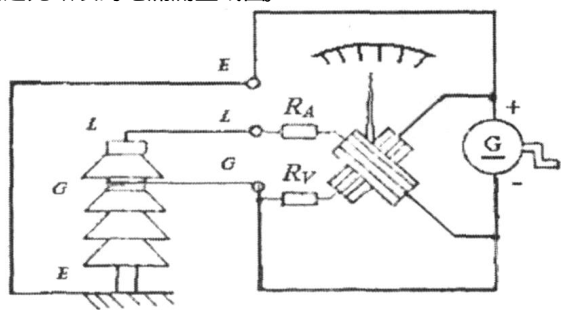


图1 兆欧表结构原理图

## 3 绝缘电阻测试结果的影响因素

利用兆欧表能简便而有效地检测出电气设备绝缘的贯通性和受潮缺陷。然而在现场测量中, 周围电磁场干扰、天气条件以及接线方法等都将对绝缘电阻测试结果产生影响, 本文对此进行了分析讨论和试验研究。

### 3.1 外界干扰

在现场使用兆欧表测量绝缘电阻时, 有时附近存在强磁场或未停电的设备, 由于电磁场的干扰会引起很大的测量误差。引起误差的原因是:

(1) 电磁耦合。由于兆欧表没有防磁装置, 外界磁场对发电机里的磁钢和表头部分的磁钢的磁场都会产生影响。外界磁场

越强, 影响越严重, 误差越大。

(2) 电容耦合。由于带电设备和被试设备之间存在耦合电容, 将使试品中流过干扰电流。带电设备电压越高, 距被试品越近, 干扰电流愈大, 因而引起的误差也越大。干扰电流可能导致试验数据失真, 或指针不稳, 无法得到稳定的绝缘电阻值。

为了正确测量干扰环境下的绝缘电阻, 可采用以下4种方法: 1) 远离强电磁场进行测量; 2) 采用高电压级的兆欧表, 例如使用5000V或10000V的兆欧表进行测量; 3) 选用抗干扰能力强的兆欧表, 目前具有较强抗干扰能力的兆欧表已广泛应用在电力生产中; 4) 利用整流设备, 根据外加电压和泄漏电流计算绝缘电阻。

### 3.2 温度变化的影响

温度对绝缘电阻测量的影响较大, 当温度升高时, 绝缘介质中的电导增加, 致使绝缘电阻值降低, 绝缘电阻将按指数规律下降。因此, 热状态下测得值比冷状态下要低。通常温度增加10℃, 绝缘电阻要降低1.5倍。它们的关系为

$$R_{t_2} = R_{t_1} \times 1.5^{(t_1 - t_2)/10}$$

式中  $R_{t_1}$  ——温度为  $t_1$  时的绝缘电阻值;

$R_{t_2}$  ——温度为  $t_2$  时的绝缘电阻值。

为便于比较每次的测量结果, 最好能在相近的温度下进行测量, 当现场无法满足上述条件时, 可对测量结果按上式进行换算。对于体积比较小、内部油量较少的电气设备, 本体温度同环境温度相差较少, 可利用测量环境温度来进行换算。而对变压器, 尤其是大型变压器, 不但要记录环境温度, 还必须记录本体油温, 用本体油温进行换算, 才能保证试验数据的正确性。

### 3.3 湿度变化的影响

湿度也是影响绝缘电阻测量的重要因素之一, 它主要对表面泄漏电流有较大影响。当试品温度低于周围空气的“露点”温度时, 潮气将在绝缘表面结露, 形成水膜, 增加了表面泄漏, 绝缘电阻也要降低, 空气相对湿度越大, 绝缘电阻降低越多, 这是不容忽视的问题。

为了避免表面泄漏电流的影响, 测量时应在绝缘表面加等电位屏蔽环。然而, 现场调研结果表明, 屏蔽环的不当使用会造成绝缘电阻测量结果虚增的现象, 导致有些绝缘缺陷无法及时发现, 给电力系统的安全可靠运行带来隐患。

现场测试时较普遍的接线方法是, 将屏蔽环装在靠近L端处。这样的接线方法, 可以减轻兆欧表的负载, 使兆欧表的输出电压不至于因为加装屏蔽环而造成明显的下降。然而理论分析和试验研究表明, 这将导致绝缘电阻测量结果虚增的现象。将屏蔽环装设位置过分靠近E端, 同样会带来较大的正误差。因此, 应针对不同电气设备的结构特点进行反复探索, 总结出屏蔽环的正确使用方法。

### 3.4 测试时间的影响

对于小容量的试品, 摇测绝缘只需几秒钟的时间, 绝缘电阻读数即稳定下来不再上升。对于大容量的试品, 则有非常明显的吸收现象, 绝缘电阻读数需要经过较长时间才能上升到稳定值。

测量变压器的吸收比, 即60s和15s时绝缘电阻值的比值, 可用来判断变压器是否受潮。这是因为绝缘材料干燥时, 泄漏电流成分很小, 吸收电流影响就比较大, 15s和60s时的绝缘电阻值相差悬殊, 所以吸收比就较大; 而绝缘受潮时, 泄漏电流分量大大增加, 随时间变化的吸收电流影响相对减弱, 15s和60s时的绝缘电阻值非常接近, 即吸收比降低。

而对于大型变压器, 则应该使用极化指数的测量 (即  $R_{10min} / R_{1min}$ ) 来代替吸收比, 以解决了大 (下转第109页)

### 5 终止进化准则

在遗传算法迭代求解过程中,有时最优解可能在未达到最大遗传代数的时候就已经出现,此时应及时从迭代过程中跳出。本文针对这种情况提出了最大遗传代数 $N$ 与最优个体适应值连续保持不变的最小保留代数 $N_p$ 相结合的终止迭代准则,在给定的遗传代数限定范围内来搜索最优解,并确定该解经过后面的多次迭代后仍为最优,则退出进化,否则继续搜索,直到满足最优个体最小保留代数为止。如果在最大遗传代数 $N$ 限定范围内没有满足最优个体最小保留代数的解,则输出当前得到的最优解。

### 6 计算流程

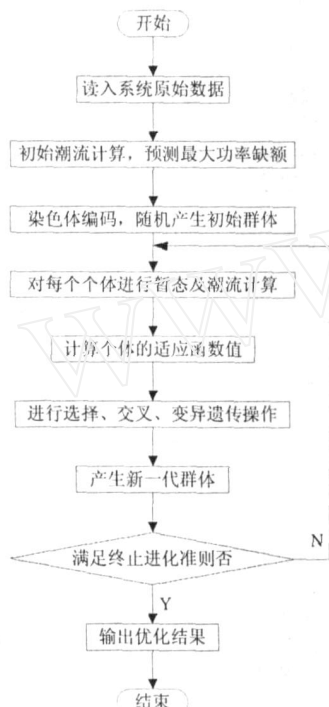


图1 基于遗传算法的低频减载求解流程图

### 7 结束语

本文研究了遗传算法的运算步骤、运算流程、编码方式、适应度函数、选择算子、交叉算子、变异算子、罚函数法。并对常规遗传算法进行了改进。采用实数编码方式,以减少个体的编码长度,选择算子采用两两竞争的选择策略以增加收敛到全局最优解的可能性,同时还采取了自适应调节交叉概率、高斯变异算子以提高算法的收敛速度。以上对常规遗传算法的改进,加快了算法的收敛速度,增强了算法的收敛性和优化效果,提高了算法的实用性。

### 参考文献

- [1] 张海潮, 颜红妮. 遗传算法及其在电力系统中的应用. 电力情报, 1995, 12(3): 54-58
- [2] 吴志远, 邵惠鹤, 吴新余. 一种新的自适应遗传算法及其在多峰值函数优化中的应用. 控制理论与应用, 1999, 16(1), 127-129
- [3] 王秀峰. 实数编码的遗传算法及其在逆变器馈电交流电机中的应用. 自动化学报, 1998, 24(2), 250-253
- [4] 周明, 孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999

(上接第107页)容量变压器吸收过程长,吸收比不易正确反映绝缘状况的问题。

#### 3.5 剩余电荷的影响

绝缘电阻测量要求测试前后必须将被测绕组与外壳短路充分放电,这是因为变压器的残余电荷与摇表中的异性电荷中和后会使得绝缘电阻降低。未将残余电荷放尽,充电电流会减少,绝缘电阻会虚假增大而吸收比减少。故要求应在第一次测量或直流泄漏试验后,要经2min甚至更长的时间放电后才能进行绝缘电阻的测量,一般规定放电时间应大于充电时间。

#### 3.6 测量顺序的影响

测量变压器绝缘电阻时,一般需要多次反复的测量。无论绕组还是绕组间的分布电容均被充电,当按不同的顺序测量高、中、低压绕组绝缘电阻时,绕组间电容发生的重新充电过程不同,会对测量结果产生不同的影响,导致附加误差产生。为消除此影响,要求测量必须有一定的顺序,且一经确定,每次试验均应按此顺序进行。这样,便于对测量结果进行比较。

#### 3.7 其他的影响

除上述主要影响因素外,为保证测量的准确性,在使用兆欧表时还应注意:

(1) 兆欧表的两根测试线要尽量避免绞接和接地;

(2) 在使用兆欧表时,还应注意不能将兆欧表的L和E端子的接线对调;

(3) 应采用绝缘电阻高的导线作为兆欧表的测试线。

在实际应用中,电动摇表以其稳定高效获得广泛应用。然而在使用电动兆欧表时,要注意电池电能不足带来的测量误差,电池电量不足往往使测量的绝缘电阻升高,产生虚假现象,因此经常在使用前对电池进行检查是很有必要的。

### 4 结束语

综上所述,在绝缘电阻测量试验中存在很多复杂的影响因素,在实际工作中要注意对试验方法和结果进行合理的分析判断,从而测出准确数据,避免不必要的重复和误判断,以提高绝缘诊断有效性,保障电气设备安全运行。

### 参考文献

- [1] 陈化钢. 电力设备预防性试验方法和诊断技术. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.
- [2] 石惟和. 兆欧表的使用和维护. 北京: 人民邮电出版社, 1985.
- [3] 黄兆龙. 使用屏蔽电极摇测绝缘电阻的正误差分析. 华东电力, 1998(3).