

电机故障诊断常见误区的剖析

中国北车集团永济新时速电机公司修配公司 王鑫

【摘要】把电机故障诊断中一些常见问题进行汇总,从理论和试验结果两个方面进行深入剖析,并给出明确答案,希望对广大技术人员分析和判断电机故障有所帮助。

关键词:极化指数 匝短 短路环 接地

0 前言

在电机修理和新造过程中,我们会遇到很多问题,也有很多常规的解决办法,这些办法究竟对不对?是不是存在一些误区?本文结合实践,对此进行分析,以供大家参考,不对之处,请多批评指正。

1 常见问题剖析

1.1 绝缘电阻低,分段查找故障点的本质是什么

整机绝缘电阻实质上是电机各部分绝缘电阻并联后的总电阻,所以整机绝缘电阻小于各部分绝缘电阻。例如:3K 主发电机转子的绝缘电阻测试:

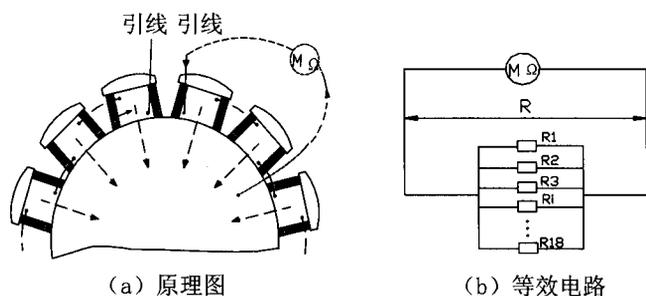


图1 绝缘电阻测试

如图1所示,18个磁极串联,兆欧表一端接磁极线圈引线,另一端接转子磁轭,手摇兆欧表发出直流电,电流从引线进入,分别就经过18个磁极线圈导线及绝缘,流入磁轭,最后回到兆欧表。等效电路如图1(b)所示, $R < R_i$,所以测出的总绝缘电阻小于任何一个磁极线圈的绝缘电阻。故查找故障点需要分段查找。这样的例子太多了,就不列举了。知道了这些原理,你就明白,整机绝缘电阻比电机任何一个部件绝缘电阻都要小,整机绝缘电阻低只能说明电机至少有一个部件绝缘电阻是低的,把那个部件

找出来,消除故障,整机绝缘电阻就上去了。

1.2 电机绝缘电阻达到1 000M 就没问题吗

不对。单纯依靠绝缘电阻绝对值的大小,对绕组绝缘作出判断,其灵敏度、有效性比较低,应增加用F1550B绝缘测试仪测极化指数和吸收比(检测绝缘电阻随时间变化快慢的两个重要指标),如果都在标准范围内,我们才确认绝缘没问题。因为在测绝缘电阻的时候,绝缘电阻应随时间的增长而迅速增大。电机绝缘状态好,绝缘电阻随时间增加很快,刚开始数秒是几 $G\Omega$ ($1G\Omega = 1000M\Omega$),10分钟后能达到300 $G\Omega$ 以上。绝缘状态不好,绝缘电阻随时间增加很慢,甚至还在下降。刚开始是2 $G\Omega$,十分钟后变成1 $G\Omega$,这样的绝缘你用1000V兆欧表测没问题,都是满量程,但实际上绝缘是有缺陷的。举一个应用的例子:动车电机YJ92A在修配公司进行三级修和四级修,电机一进厂未拆解,我们立即对定子绕组进行了极化指数PI测试,结果PI在5.7~6.8(合格标准:新造电机,PI ≥ 1.5 ,检修电机,PI ≥ 1.2 ^[1]),10分钟后绝缘电阻1233 $G\Omega \sim 1896G\Omega$,可见YJ92A电机的绝缘设计,可靠性是非常好的。如果没有这些指标,你是无法知道YJ92A的绝缘和普通电机绝缘的区别,也无法知道它的可靠性到底能够达到什么程度。

1.3 工频耐压通过就可以不测绝缘电阻了吗

不可以。因为电机绝缘电阻100 $M\Omega$,数值也是非常大的,相当于 $10^8\Omega$,完全能通过几千伏的工频耐压。但我们认为绝缘电阻100 $M\Omega$ 可靠性是比较低的。所以测绝缘电阻、工频耐压两者缺一不可,而且是先测绝缘电阻,初步确认绝缘良好再打工频耐压。例如:一台电机绕组因吸潮绝缘电阻低,如果直接打工频耐压,容

易将绝缘打穿,原本只需将绕组烘潮真空压浸即可,现在要更换部分绕组,无形中故障扩大化。

1.4 电机吸潮造成绝缘电阻低烘一下就行了吗

不行。必须将电机烘干,再真空压力浸漆,这样绝缘电阻稳定,不会再变化。仅烘干不浸漆,绝缘电阻还会随空气湿度反复降低。因为电机吸潮说明绝缘结构中存在着由于有机物挥发所形成的许多微观的针孔和裂纹,水分子容易进入这些毛细孔和裂纹中,造成绝缘电阻低,仅烘干,毛细孔仍存在,水分子还会进入。经过真空压浸,绝缘一体化,绝缘漆填满绝缘毛细孔和裂纹,水分子不会进入,绝缘电阻才会稳定。例如:我们在修理一台港口直流电动机时,发现定子一个负极绝缘电阻低,在水蒸气较大的清洗工地,单独对该负极进行烘潮,上午刚冷却至室温后,检测绝缘电阻达到500MΩ以上,下午绝缘电阻就变为5MΩ。然后对该负极进行真空压力浸漆两遍,仍放在清洗工地,绝缘电阻恢复到500MΩ,并且很稳定,不随时间变化。

1.5 直流泄流的本质是什么 标准是什么

当给绕组施加直流电压时,绕组电阻是绝缘电阻,通过的绕组电流是泄露电流,它等于施加的直流电压除以绕组绝缘电阻。从1.2可知,绝缘电阻随时间的增长越来越大,绕组施加直流电压不变,相应的,泄流电流随时间的增长越来越小,两者负相关,这一点是经过F1550B绝缘测试仪实践验证的。知道了这一点,你就明白,当发现一台电机绝缘电阻低时,你就不用去测泄露电流了,它肯定是高的,反之,当你发现电机泄露电流很小的时候,你也不用测绝缘电阻了,它肯定也是高的。

不同的电机,直流泄流耐压的标准也不一样,直流泄流耐压的标准是工频耐压的1.7倍^[2]。

1.6 为什么工频耐压对绝缘是有破坏性的 直流泄流却是无损的

绝缘在电路上相当于一个电容,当给绝缘施加工频电压时,内部就会有比较大的交流电流产生,这个交流电流会在绝缘内部产生损耗,对绝缘有损伤。而当给绝缘施加直流电压时,由于绝缘相当于电容,不通直流电流,所以绝缘内部只有很小的直流泄露电流,对绝缘几乎没有损伤。

1.7 绕组匝短的物理过程是怎样的

在电机匝短故障中,我们经常看到:绕组匝短部

位发黑甚至烧损,而同一串联回路的其他部位却完好,对此人们有两种解释:一种是认为匝短电流过大导致烧损。既然如此,那么同一串联回路的其他部位电流一样大,为什么却完好而没有烧损呢?另一种认为匝短部位粘连造成接触电阻过大导致烧损。如果这样,整个回路电压不变,匝短部位电阻过大,回路电流就会很小, $Q=I^2Rt$,匝短部位怎么会有很大的热量产生呢?显然,这两种解释都不能自圆其说,不能深入解释这一现象。

下面就以图2一个等效电路为例,具体分析绕组匝短的物理过程:

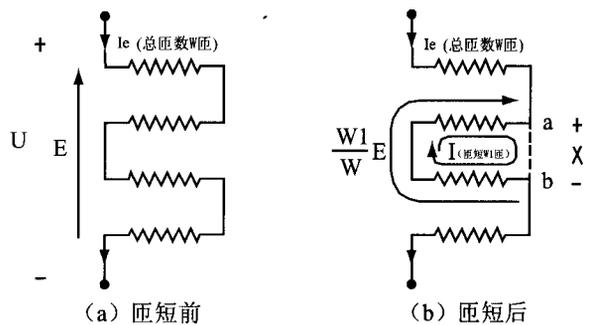


图2 匝短等效电路图

如图2(a)所示,每相绕组匝短前为正常状态,共有 ω 匝。

$$I_e = \frac{U-E}{Z} \quad (1)$$

式中: I_e ——绕组的电流;

U ——绕组两端的外施电压;

E ——绕组产生的反电势;

Z ——绕组的阻抗。

从电机功率转换可知,外施 U 产生输入功率,反电势 E 主要产生输出功率,中型感应电动机的效率一般在0.80~0.92。

$$E = (0.80 \sim 0.92)U \quad (1)$$

$$I_e = \frac{U-E}{Z} = \frac{U-(0.80 \sim 0.92)U}{Z} = (0.08 \sim 0.20) \frac{U}{Z} \quad (2)$$

如图2(b)所示,绕组在a、b间发生匝间短路,被短路的匝数为 ω_1 ,每相绕组共有 ω 匝, ω_1 相对于 ω 是个很小的数,可以认为匝短后每极磁通并不变化,也就是说气隙磁密不变。这样匝短后绕组外施电压 U ,反电势为 E ,阻抗 Z 、绕组电流 I_e 不变,

所以同一回路中没有匝短的部位不会出现过热发黑现象。设 a、b 间的电压降为 X，当 a、b 间匝间良好时 X 等于 $(\omega_1/\omega)U$ ，当 a、b 完全匝短时，X 等于 0。

如图 2(b) 所示，a、b 间匝短产生一个短路环，流过短路环内的电流为 I。

$$I = \frac{X - (\omega_1/\omega)E}{(\omega_1/\omega)Z} \quad (3)$$

式中：I——短路环电流；

X——a、b 间的电压。

如图 3 所示，当匝间绝缘逐渐损坏时，X 由 $(\omega_1/\omega)U$ 逐渐变为零，短路环电流 I 逐渐变为零再反向增大，最终电流方向如图 2(b) 所示，当 a、b 间完全匝短，X 变为零时，短路环电流为：

$$I = \frac{X - (\omega_1/\omega)E}{(\omega_1/\omega)Z} = \frac{0 - (\omega_1/\omega)E}{(\omega_1/\omega)Z} = -\frac{E}{Z}$$

$$= -(0.80 \sim 0.92) \frac{U}{Z} \quad (4)$$

由(2)、(4)可知：

$$I = (4 \sim 11.5) I_e \quad (5)$$

可见短路环电流 I 是绕组回路电流 I_e 的 4~11.5 倍。

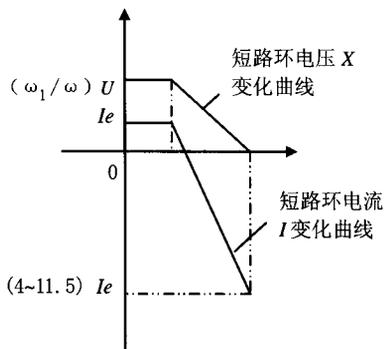


图 3 短路环电压电流变化示意图

所以，当绕组匝短时，匝短部位形成的一个大电流的短路环是匝短部位烧损的主要原因。

1.8 电机一接地就立即不能用了吗

大家普遍认为电机绕组一旦接地就无法使用。可实际一些电机在试验后检查发现已经接地，既然早已接地为什么还能继续运转完成试验呢？下面具体分析物理过程。

首先我们假设系统的接地保护装置不会因接

地断掉电源，下面的分析仅对电机本身而言，电机运行时，绕组内的铜导体与绝缘外的铁心、机座等不带电的物体有电位差，当绝缘破损或被这个电位差击穿时造成接地，刚开始是一点接地，如图 4 (a) 所示，我们知道，一个电路的形成需要两个条件：①存在电位差；②构成闭合回路。刚开始绕组只有一点接地，一个接地点不能构成一个闭合回路，所以不会对电机造成影响，电机的电压、电流不会变化，能够正常运行。随着绝缘的进一步损坏，在绕组另一个地方又出现一个接地点，如图 4 (b) 所示，两个接地点形成一个闭合回路，将绕组两个不同电位点短路，造成匝短，根据 1.7，此时会形成一个 4~11.5 倍绕组额定电流的短路环，使绕组接地部位过热烧损。

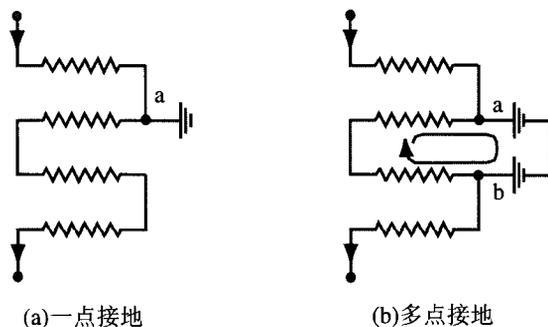


图 4 接地等效电路图

所以，在不考虑系统接地保护装置的前提下，一点接地并不构成电机故障，只有多点接地构成回路进而匝短才能导致电机无法运行。

2 结束语

上述八个问题的分析，均经过实践验证，希望能够帮助大家深入理解检测原理，快速有效地处理电机故障。

参考文献

- 1 沈标正. 电机故障诊断技术. 北京:机械工业出版社, 2001.
- 2 才家刚. 电机试验技术及设备手册. 北京:机械工业出版社, 2004.

(收稿日期:2011-03-16)