

# 10kV 中型交流异步电机绝缘 结构和工艺研究

潘庆辉 涂玉兵

**摘要** 本文介绍了10kV中型交流异步电机绝缘结构和工艺的研究情况。

**关键词** 交流异步电机 绝缘结构 VPI工艺 电磁线 云母带

## 1 引言

随着国内电力系统逐步向10kV电压等级发展,10kV中型交流异步电机近几年国内市场需求量逐年增加。

10kV中型交流异步电机电压等级高、容量小(200~2500kW)、定子线圈匝数多、绕组线规小,为达到合理的单位体积容量、满足一定的安匝数,绝大多数线圈需要采取“N”形、“弓”形或“U”形换位结构。因此,线圈设计和制造难度较大。另外,10kV中型交流异步电机要求匝间绝缘(绕组线绝缘)厚度0.7mm左右、主绝缘厚度5.8mm,比原10kV级电机绝缘薄得多。为满足上述绝缘要求,我们进行10kV中型交流异步匝间绝缘结构、主绝缘结构和工艺研究。

## 2 主要材料的选择

### 2.1 电磁线选择

如前所述,10kV中型交流异步电机电压等级高、容量小、定子线圈匝数多、绕组线规小、多数线圈需要采取换位结构。电磁线选择不仅会影响线圈绝缘结构,还直接

影响线圈制造工艺和线圈绝缘质量。通过对国内同类产品制造厂所采用电磁线的情况进行调研,结合我公司的生产情况,我们确定10kV中型交流异步电机电磁线使用双玻璃丝云母亚胺薄膜绕包扁线。该电磁线具有介电强度高、耐电腐蚀性能好等特点。采用这种电磁线绕制线圈,可避免在线圈绕制过程中边包边绕云母带,从而简化了制造工艺,提高了线圈的外观和整体质量。

根据国内目前电磁线生产厂的情况,我们先后请上海申茂电磁线厂、常熟电磁线厂和成都三电股份有限公司三个单位提供了适用于10kV中型交流异步电机的双玻璃丝云母亚胺薄膜绕包扁线,并分别进行了有关电性能试验。试验结果表明电磁线性能指标完全满足标准要求。

### 2.2 云母带的选择

为了满足不同用户需要,我们分别采取多胶和少胶云母带材料进行试验研究。为适应通常的生产工艺,多胶云母带选用东方绝缘材料厂和西安绝缘材料厂生产的F级云母带5440-1;少胶云母带选用东方绝缘材料厂的单面补强和双面补强两种少胶云母带

来稿时间:2001年12月3日

以及上海云母绝缘材料厂的单面补强少胶云母带。并分别进行了有关性能试验。试验结果表明几种云母带性能均满足标准要求。

### 3 导线结构及试验

#### 3.1 导线结构与电机容量

对于高压 ( $\geq 10\text{kV}$ )、小容量 ( $500\text{kW}$ ) 交流异步电机, 鉴于电磁设计时达到一定的安匝数, 通常把定子线圈设计成多匝结构, 建议导线采取“N”形或“弓”形换位结构形式。

对于高压 ( $\geq 10\text{kV}$ ) 和中、大容量 ( $\geq 500\text{kW}$ ) 交流异步电机, 由于电机的通流量相对较大, 可把定子线圈设计成小线规双排并绕的多匝结构, 不需要采取换位的导线结构形式。

#### 3.2 导线的匝间绝缘及换位方式

匝间绝缘位于主绝缘之内, 环境因素的影响较小, 但它直接绕包在导体上, 承受的温度比其他绝缘高, 且在线圈制造过程中, 受到的机械力远高于主绝缘, 因此, 匝间绝缘所处的条件较苛刻。

由于 VPI 绝缘和真空断路器等新技术的应用, 为提高匝间绝缘的可靠性和减薄绝缘厚度, 世界各国电机制造厂家都在不断地改进匝间绝缘。六十年代采用了聚酯薄膜玻璃丝包漆包线, 应用到额定电压大于或等于  $10\text{kV}$  的电机上; 七十年代相继采用了多种耐热性能为 F 级的新型电磁线。

过去电机运行中, 由于匝间绝缘损坏而返修的高压电机占 62%, 现在采用耐热性能为 F 级的新型电磁线后, 5 年内未出现过匝间绝缘损坏的电机。

从设计、制造和运行等方面考虑, 对匝间绝缘有如下要求:

(1) 匝间绝缘厚度对槽利用率的影响很大, 应尽可能地减薄匝间绝缘厚度。

(2) 匝间绝缘的耐热性、长期耐电压性

和耐电晕性能, 要求与主绝缘相匹配。

(3) 在线圈制造中, 匝间绝缘承受机械力作用时, 其性能不应下降过多。

(4) 匝间绝缘处理后, 线匝应粘结密实且有一定的强度。

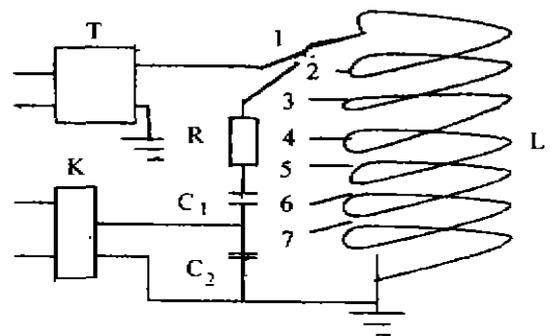
(5) 匝间绝缘在电机预期的寿命期间应保持必要的绝缘水平。

因此, 如果匝间绝缘采取“N”形换位结构, 需要加强排间绝缘; 如果匝间绝缘采取“弓”形换位结构, 需要在换位处加包绝缘。

#### 3.3 脉冲电压在导线匝间的电位分布

人们已经越来越清楚地认识到, 匝间绝缘主要是承受脉冲过电压的。当脉冲电压作用于电机定子线圈时, 将在线圈匝间产生一个高的电压, 从而损坏线圈匝间绝缘, 引起电机的故障率大大增加。为了设计一个安全可靠的电机线圈匝间绝缘, 主要应考虑两个方面: 一是脉冲电压的大小; 一是脉冲电压作用于线圈时, 线圈匝间电压的分布情况。因此, 测试脉冲电压在线圈导线匝间的电位分布情况十分必要。

我们选用成都三电股份有限公司提供的双玻璃丝云母亚胺薄膜绕包扁线, 线规分别为  $2.8 \times 8$ 、 $1.32 \times 4$ , 双面绝缘厚度为  $0.70\text{mm}$ , 制造了定子试验线圈各 10 只, 匝数分别为



脉冲电压匝间电位分布测试线路框图

T——WP-40 型匝间绝缘测试仪

K——峰值电压表

R——电阻器

$C_1$ 、 $C_2$ ——电容器

L——试样线圈

6匝和11匝。各抽一只线圈进行了脉冲电压匝间电位分布测试。试验线路及仪器如下图所示。

测试时,调节充电电压为一个恒定值(10kV),触发球隙放电,使试验线圈承受由电容器放电产生的一个恒定的脉冲电压。分别测量线圈每匝的对地电压值。

测试结果表明,脉冲电压作用于线圈时,在线圈每匝之间的电压分布是基本均匀的。匝数越少匝间绝缘承受的电压越高,因此,在进行匝间绝缘结构设计时,对于匝数较少线圈,应适当加强匝间绝缘。

#### 3.4 导线匝间绝缘击穿水平

我们分别对上述线圈进行了导线匝间绝缘击穿试验,击穿电压完全满足绝缘结构设计要求。

### 4 主绝缘结构及试验

#### 4.1 多胶绝缘结构

我们使用东方绝缘材料厂和西安绝缘材料厂F级5440-1多胶云母带,各包扎两只试验线圈(半叠包13层),经过热模压固化成型后,开展各项性能试验。试验结果表明,主要电气性能完全满足10kV中型交流异步电机的绝缘设计要求。

#### 4.2 少胶绝缘结构

我们用东方绝缘材料厂的单面补强和双

面补强两种少胶云母带和上海云母绝缘材料厂的单面补强少胶云母带各包两只试验线圈(半叠包11层)。在线圈直线部位放角钢夹板,用铁丝捆绑固定,外半叠包聚酯热收缩带,经过VPI浸渍处理后,开展各项性能试验。试验结果表明,按现行中胶VPI工艺用少胶云母带制成的线圈,对地绝缘击穿强度低于多胶云母带热模压制成的线圈,但局部放电量、介质损耗增量较小。

### 5 结论

(1)根据10kV中型交流异步电机绝缘结构和工艺的试验研究结果,编制了《10kV级中型交流异步电机定子绝缘规范》,填补了我公司10kV中型交流异步电机绝缘的空白,为10kV中型交流异步电机的设计开发和生产制造创造了必要条件。

(2)我们设计的绝缘结构通过试验证明,完全满足电机设计要求并保证电机的安全可靠运行。

(3)通过对少胶云母带的初步应用试验,为今后大型发电机定子线棒制造采用VPI工艺上积累了经验。试验结果证明,少胶云母带和VPI工艺在大型发电机的广泛应用,特别是少胶云母带和浸渍树脂的国产化,还有待对材料和VPI制造工艺作进一步的试验研究。