

「变压器」

# 非晶合金光伏组合式变压器 ZGSBH15-Z-1000/35的试制

文/正泰电气股份有限公司 孔凡武

介绍ZGSBH15-Z-1000/35这种高电压，双分裂结构，大容量非晶合金，光伏组合式变压器的研发过程及注意问题。

随着中国太阳能光伏发电的快速发展，2015年我国太阳能光伏发电装机总量达500万kW·A，比2010年90万kW·A增加了4.5倍，因而太阳能光伏发电用组合式变压器也迅速发展起来。但市场上大部分光伏变压器为常规硅钢片铁心材质S11型变压器，但相比非晶光伏变压器，非晶光伏变压器比硅钢片作铁心变压器的空载损耗下降80%左右，空载电流下降约85%，通过分析非晶合金变压器的特点、光伏发电特性，空载运行时间长，并与S11型变压器在光伏发电系统中应用进行综合效益比较，反映了非晶合金变压器在光伏发电系统中具有显著的节能降损效果。但常规非晶合金变压器都作为配电变压器使用，小容量，低电压，像ZGSBH15-Z-1000/35这种高电压，双分裂结构，大容量非晶合金，光伏组合式变压器在市场上极少，制作难度大，但有巨大的市场潜力，具有良好的经济效益，符合时代的发展潮流，是值得开发研究的。

## 试制产品的技术参数

我公司为贯彻国家发展节能产品的要求，促进企业发展，独立研发试制了ZGSBH15-Z-1000/35非晶合金光伏双分裂组合式变压器。

试制产品名称：非晶合金光伏组合式变压器

试制产品型号：ZGSBH15-Z-1000/35

额定容量：1 000 kW·A

额定频率：50 Hz

电压组合：38 500±2×2.5%/315 V/315 V

联结组标号：Yd11d11

冷却方式：ONAN

空载损耗：590 W

负载损耗：1 1540 W

短路阻抗：6.5%

空载电流：0.2

## 非晶合金光伏双分裂组合式变压器型式试验产品设计的要点

### 1. 非晶合金铁心

铁心材料：非晶合金的硬度较大，是取向硅钢片的5倍；在成材过程中急速冷却和卷绕铁心时会产生应力；铁心材料退火之后的脆性易产生碎屑；对机械应力非常敏感，无论是张力还是弯曲应力都会影响其磁性能；因此，需要采取一定的工艺措施，选择铁心时选择硬铁心，即在铁心外涂一层3 mm环氧树脂，固定铁心本体不变形，易于装配。非晶合金片厚度极薄，仅0.03 mm，不到常用硅钢片的1/10；叠片系数较低，只有0.86；饱和磁通密度较低，一般取1.25~1.35 T；带材有142 mm、170 mm、213 mm 3种宽度，品种单一；因此，产品设计受到材料的限制，此产品选带材170宽度8个拼接而成（见图1），厂家选用国家知名品牌上海置信电气的非晶铁心。

铁心形式：非晶合金铁心分三相五柱式和三相三柱式，三相五柱式是由非晶合金带材卷制的由四个“框”，结构比较成熟，工艺简单，本产品就选择三相五柱式。

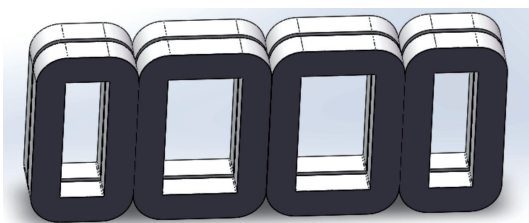


图1 铁芯结构排列

夹件结构：此非晶合金组合式变压器容量较大，重量较重，常规非晶的夹件结构已不能满足此产品的需求，需要加厚夹件钢板的厚度，布置加强铁防止变形，侧板为独立结构与上下夹件螺栓连接，见图2。

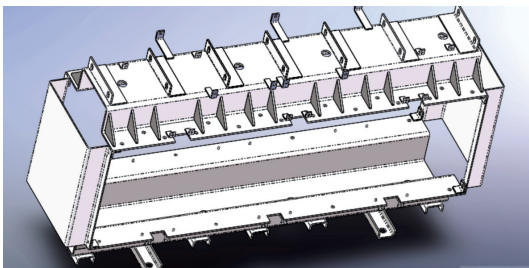


图2 铁心夹装配结构

## 2. 非晶合金光伏双分裂组合式变压器线圈结构

导线材料：高压绕组导线采用QZ-3/130 漆包线，低压绕组采用铜箔，导线材质都为无氧铜。

绕组形式：高压绕组采用多层圆筒式，低压绕组采用箔绕。

绕组冷却结构：全部采用轴向油道，低压采用双油道，这样有利于散热，降低铜油温差。

传统的非晶变压器结构都是矩形线圈，因为要保持和铁心截面形状一样，这样才能提高利用率，但抗短路能力差，只适合小容量的630 kV·A以下的，光伏变压器使用环境恶劣，低压有2个线圈，又经常受到系统电压冲击，所以对抗短路能力要求很高，因此为了提高绕组强度，增加可靠性，采取以下措施，见图3。

1) 高低压线圈采用的圆形结构，能很好提高抗突发短路能力。

2) 在低压线圈内部安装一环氧玻璃筒作为骨架，线圈直接绕在上面，提高了低压线圈抗短路能力。

3) 高低压线圈同绕，使之成为一个整体。

4) 绝缘件垫块全部去毛刺，并密化处理。

5) 高压低压线圈保持电抗高度一致，减少漏磁。



图3 高低压线圈

6) 高压线圈外面缠绕多层环氧玻璃布带，保护绕组及提高强度。

7) 高低压线圈撑条帘幅向方向要保证对齐，这样受到电力时就不会因局部不平衡而变形。

8) 线圈全部绕制完成后经过浸漆处理，进一步增加强度。

## 3. 非晶合金光伏双分裂组合式变压器器身结构

器身结构采用固定铁心的框式铁心固定件与保证绕组在短路故障下的稳定性的支撑结构。线圈套装后，线圈与铁心避免在短路情况下发生相对位移，各相线圈之间以及线圈与旁轭之间需要采取下列措施。

1) 线圈与铁心间隙用高密度环氧板填充，装配时要轻力的把撑板打下去，不能太过用力，损害到铁心。

2) 线圈与夹件间用纸板及密封垫隔开，采用此项措施大幅度降低铁心及线圈运行时产生的噪声。

3) 线圈与铁心之间放置压板，在上边对称布置压钉，使线圈均匀受力，进一步改善了线圈轴向方向的受力，增加了抗突发短路的能力。

4) 器身轴向压紧方式采用上下拉紧结构，这种压紧结构的优点在于线圈可以保证在充分压紧线圈的同时不使铁心受到过大的压力而导致损耗增加，装配见图4。

## 4. 非晶合金光伏双分裂组合式变压器引线结构

1) 低压引线全部是铜排走线，为防止焊接引线时杂质污染器身，铜排采用通过螺栓连接，不用焊接，既提高效率，又保证质量。

2) 为防止运输过程中，导致器身，引线松动，高压引线，低压铜排300 mm距离就需要导线



图4 器身装配

夹持。

3) 导线夹都需要采用锁紧螺母, 螺栓加强紧固, 见图5。



图5 高低压引线

#### 5. 非晶合金光伏双分裂组合式变压器油箱结构

1) 变压器油箱采用全密封片散油箱, 箱盖下留足够的气隙, 依靠气隙压强变化的“大”“小”来保证运行中变压器油的体积变化, 延缓变压器油的老化进程, 减少用户对产品的维护次数。

2) 为使体积紧凑, 根据非晶合金光伏双分

裂组合式变压器的特点, 通过三维设计, 受力分析, 不断优化, 最后把油箱做成单面板“品”字形, 节省占地空间和变压器的体积, 见图6。

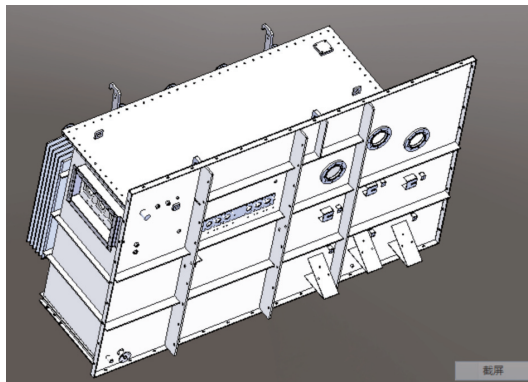


图6 油箱结构

3) 熔断器箱放在油箱外面, 并采用可拆卸结构, 提高了产品的生产效率及安全性。

#### 6. 非晶合金光伏双分裂组合式变压器总装结构

组合式变压器除了变压器本体外, 外面还需要配置低压柜、高低压壳体、一二次保护元件等, 结构复杂, 见图7。

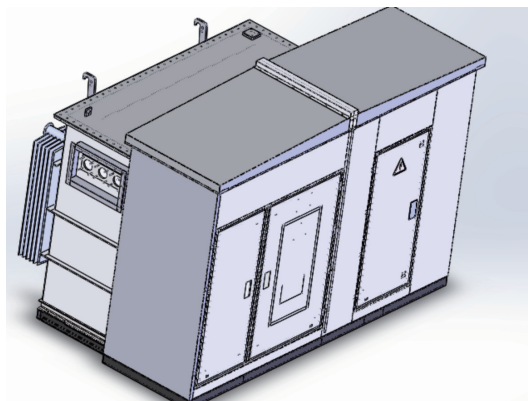


图7 总装

### 试制过程中的困难及解决方法

1) 线圈绕制过程中撑条帘幅向方向没有对齐, 这会影响线圈受力均匀问题, 所以发现后, 把每条撑条帘撕下了, 一一对齐后绕制, 增加了制造工时, 但解决了这个问题。

2) 低压绕组内的环氧玻璃筒是异形的, 外协厂没有模具做不了, 通过更改玻璃筒定位铜排的定位件, 实现了加工。

3) 装配器身时, 由于非晶铁心不能受力,

又没有工装，线圈不好套装，我们先把非晶铁心柱用纸板围上，然后用紧缩带绑紧，完成了套装。

4) 线圈套入铁心后，铁心与线圈的间隙不均匀，受力不平衡，慢慢在铁心与线圈之间打入1 mm后的环氧板，这样就不会使铁心局部受力过大。

5) 线圈套完后，铁心需要封口，但发现有误差加大，为此填充密封垫，调节尺寸，又能使线圈与铁心之间有缓冲。

6) 因为无大容量的非晶工装设备，无法翻转铁心，就不能装配上夹件，后用硅钢铁心的翻转台子也实现了大容量非晶铁心的装配。

产品试制验证

在该产品试制过程中，我公司严格按照工艺文件的要求制造，在没有该产品的专用工装的情况下，通过设计，工艺，生产各部门的努力，利用公司现有设备，成功试制了非晶合金光伏双分裂组合式变压器ZGSBH15-Z-1000/35，检验了公司的设计，生产能力。

产品试验

产品在公司试验站完成例行试验后，委托国家变压器质量监督检验中心完成了全部型式试验和特殊试验，各项试验全部合格，符合标准要求，产品性能试验结果见表1。

表1 ZGSBH15-Z-1000/35性能参数设计与实际对照表

| 试制产品型号            | 空载损耗/W |     |     | 负载损耗/W |        |        | 空载电流 (%) |     |     | 短路阻抗 (%) |     |     |
|-------------------|--------|-----|-----|--------|--------|--------|----------|-----|-----|----------|-----|-----|
|                   | 标准值    | 计算值 | 实测值 | 标准值    | 计算值    | 实测值    | 标准值      | 计算值 | 实测值 | 标准值      | 计算值 | 实测值 |
| ZGSBH15-Z-1000/35 | 590    | 510 | 480 | 11 540 | 11 560 | 11 490 | 0.3      | 0.3 | 0.2 | 6.5      | 6.3 | 6.4 |

试制结论

非晶合金变压器器身结构，满足产品在短路故障下的稳定性要求，产品结构可靠。工厂现有工艺条件及工艺装备能满足ZGSBH15系列产品要

求，具备批量生产的条件，具有较好的经济效益与社会效益，是新一代节能型光伏组合变压器发电产品的理想选择。EA

(收稿日期：2017.02.12)

(编辑：白文亭)

遇见·广州——2017泰永长征感恩答谢暨产品推介会顺利召开

2017年6月9日，继郑州、银川、重庆大型推广会之后，“ChangeMaker 创变，让智慧能源触手可及——2017泰永长征感恩答谢暨产品推介会”在广州白云宾馆圆满落幕。会议吸引了广州地产、公建、电力安装公司和设计院等150余位行业专家领导前来参会。

泰永长征销售中心的经理人和华东建筑设计院研究院的嘉宾先后发表了主题演讲。从低压电器行业现状及泰永长征战略规划两个维度，向与会嘉宾传达了泰永长征的发展目标和信心；针对各配电环境介绍了不同产品的技术应用，彰显了服务的专业性和规范性；从工程设计应用的角度谈智能配电系统应用。会议还发表了充电桩专题技术报告，探讨了中国充电桩行业面临的机遇、挑战以及应用技术。

会议现场，展示了“TYT泰永”品牌TBE系列充电桩、TBBQ3系列双电源转换开关及“长九”品牌MB60系列塑壳断路器、MB1高分段微型断路器等产品，通过产品介绍和人机互动，让客户对产品有了更深刻的了解和认识。

