

[GIS]

126 kV GIS用套管绝缘结构设计

文/特变电工中发上海高压开关有限公司 汤 伟 杨 震
国网辽宁省电力有限公司电力科学研究院 曹 兵
新东北电气集团高压开关有限公司 李 或

110 kV电网是我国的重要网架，126 kV GIS设备是保证其安全可靠运行的关键设备。126 kV GIS用套管是126 kV GIS设备的重要组成部分，优化设计126 kV GIS用套管，对于保证126 kV GIS设备的安全可靠运行具有重要意义。采用有限元电场分析计算方法优化设计126 kV GIS用套管的绝缘结构，优化其内部屏蔽罩单R形状为多R圆弧过渡，优化后其电场强度较原结构降低了13.35%，优化后的126 kV GIS用套管顺利通过了整套绝缘型式试验，提高了绝缘安全裕度。

电力工业是一个国家经济发展的命脉。随着我国经济建设的蓬勃发展，对电网建设也提出了更高可靠性的要求。110 kV电网是我国的重要网架，126 kV气体绝缘金属封闭开关设备（以下简称GIS）是保证其安全可靠运行的关键设备。

126 kV 典型GIS设备如图1所示。126 kV GIS用套管（如图2所示）是将载流导体引入GIS的重要元件。高压套管的绝缘可靠性对保证整个GIS设备的安全可靠运行具有重要意义。

126 kV GIS用套管的绝缘性能与其屏蔽结构密

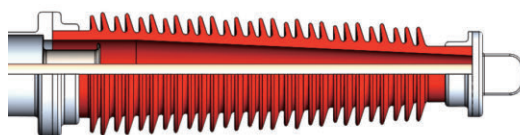


图2 126 kV GIS用套管结构

切相关。本文应用有限元分析计算方法对126 kV GIS用套管的屏蔽结构进行了优化设计，优化其内部屏蔽罩单R形状为多R圆弧过渡；介绍了多R圆弧过渡屏蔽罩的制造工艺。优化后的126 kV GIS用套管在雷电冲击耐受电压下的电场强度较原结构降低了13.35%，优化后的126 kV GIS用套管顺利通过了整套绝缘型式试验。和原结构相比，优化后的126 kV GIS用套管进一步提高了其绝缘安全裕度。

126 kV GIS用套管绝缘水平要求

根据GB/T 11022—2011《高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求》，126 kV GIS用套管需要满足的绝缘耐受水平等主要技术参数如表1所示。



图1 126 kV 典型GIS设备

表1 126 kV GIS用套管主要技术参数

项目	数值
额定电压/kV	126
额定电流/A	3 150
额定频率/Hz	50
额定雷电冲击耐受电压/kV	550
额定短时工频耐受电压/kV	230

数学模型

绝缘结构的优化设计基于电场分布仿真。目前,复杂绝缘结构电场仿真主要采用有限元数值分析计算方法。

126 kV GIS用套管属于典型的轴对称结构,将其轴截面的一半作为分析对象,与该电场问题对应的数学模型为

$$\begin{cases} \nabla(\epsilon_r \epsilon_0 \nabla u) = 0 \\ u_1 = 550 \\ u_2 = 0 \\ \epsilon_r \epsilon_0 \frac{\partial u}{\partial n} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中, u 为电势; ϵ_0 为真空介电常数; ϵ_r 为材料相对介电常数。

场域中各点的电场强度

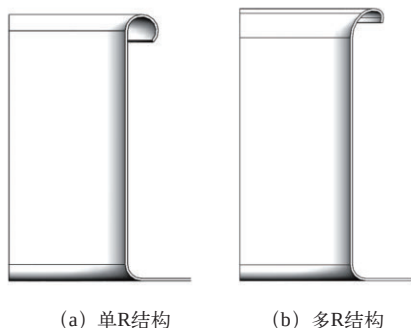
$$E = -\nabla u \quad (2)$$

式中, E 为电场强度。

126 kV GIS用套管结构优化

高压套管的绝缘性能主要取决于其内部屏蔽结构的良好设计。结合126 kV GIS用套管需要满足的绝缘水平,采用有限元电场分析计算方法对其屏蔽结构进行优化设计。

126 kV GIS用套管内屏蔽结构优化前后形状对比如图3所示,优化前其端部形状为单R结构,优化后其端部形状为多R圆滑过渡。



(a) 单R结构 (b) 多R结构
图3 优化前后屏蔽罩端部结构对比

1. 优化前后电场分布对比

126 kV GIS用套管优化后的电位等值云图分布如图4所示;优化前后的局部电场强度等值云图对比如图5所示。

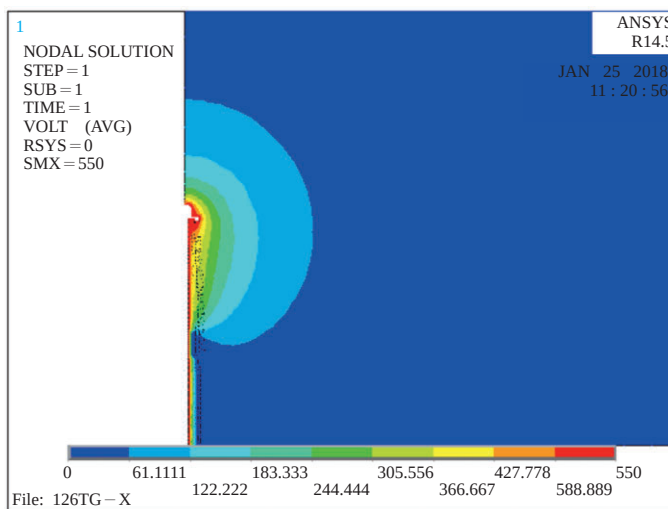
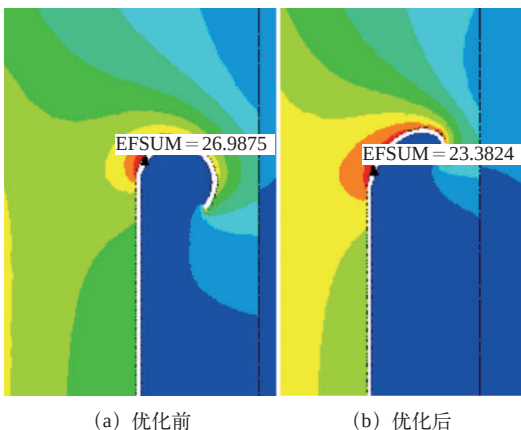


图4 优化后电位等值云图分布



(a) 优化前 (b) 优化后
图5 优化前后局部电场强度等值云图对比

2. 结果分析

由图5可知,优化前,其内部屏蔽罩上电场强度最大值为26.987 5 kV/mm;优化后,其内部屏蔽罩上电场强度最大值为23.382 4 kV/mm,较原结构降低了13.35%。126 kV GIS用套管额定SF₆充气压力为0.45 MPa,最低功能充气压力为0.40 MPa。根据《SF₆高压电器设计》中相关规定,在雷电冲击耐受电压作用下,其许用场强如表所示。因此,

表2 SF₆许用场强

气压/MPa	许用场强/(kV/mm)
0.5	29
0.4	24

优化后的126 kV GIS用套管绝缘性能不仅能满足判据要求，而且具有更大安全裕度。

屏蔽罩制造工艺介绍

屏蔽罩的加工工艺通常采用压力机拉深或旋压机旋压成形方法完成，两种工艺均需要相应的模具，对于多R形状的屏蔽罩，其模具均采用数控机床加工。旋压工艺和拉深工艺相比，具有材料利用率高，生产效率高，成本低等优点。而且，旋压工艺的零件精度高，外形更美观。

126 kV GIS用套管的屏蔽罩采用1060铝材，延展性好，采用旋压工艺加工而成，外表面通过电抛光处理，能够满足设计要求。

126 kV GIS用套管型式试验验证

优化后的126 kV GIS用套管在国家高压电器质量监督检验中心（西安）进行了工频耐受电压、雷电冲击耐受电压、无线电干扰等整套绝缘型式试验验证。型式试验样机布置如图6所示。126 kV GIS用套管型式试验的顺利通过，进一步验证了其绝缘性能的可靠性。



图6 126 kV GIS用套管型式试验

结束语

1) 通过电场仿真，优化126 kV GIS用套管内部屏蔽罩单R形状为多R圆弧过渡，优化后屏蔽罩上的电场强度最大值较原结构降低了13.35%。

2) 优化后的126 kV GIS用套管在0.40 MPa SF₆最低功能充气压力下顺利通过了整套绝缘型式试验，满足相关的绝缘水平要求，且绝缘安全裕度较大。

3) 多R圆滑过渡屏蔽罩制造方法可以采用较为先进的旋压工艺。EA

(收稿日期：2018.03.10)

(编辑：刘群彦)

ABB为瑞典第五大城市VÄSTERÅS实施智慧城市解决方案

ABB已经与瑞典能源公司Mälarenergi签订了“智慧城市解决方案”，这将使瑞典的第五大城市Västerås成为更具吸引力的宜居城市。

Mälarenergi为Västerås市的15万居民和企业提供多种公用服务。它运营着这座城市的水力发电厂、电网、垃圾发电厂、供热和供冷管网、水和废水处理厂、供水管网及光纤网络。

2017年，Mälarenergi和ABB团队设计了数字化解决方案，将对环境的影响降至最低，并且为客户创造高附加值的数字化服务。这项数字化投资的一个关键目标是将现有耗资靡费的众多自动化系统的控制室，集成为一个一体化操作环境。

“采用ABB的数字化技术将可显著地降低我们运营场所的成本、提升环境效益，” Mälarenergi的首席执行官Niklas Gunnar说，“这将释放目前正在低效运行的不同设施的财务资源，转而去投资真正有益于我们客户的领域。

这种“智慧城市解决方案”将利用ABB Ability™ 协同运营的理念，将ABB最佳的技术和服务与Mälarenergi现有的业务专长集成在一起。协同运营结合了双方精深的控制和专业领域知识，能够更快地获得更多有用的信息。这种方法将把Mälarenergi从传统的公用事业基础设施公司转变成为一个集成化“基础设施服务”提供商，并充分考虑最终用户的体验。

ABB的发电和水业务负责人Kevin Kosisko说：“我们很荣幸能与Mälarenergi合作，进行数字化改造，为Västerås的居民和企业创造切实的利益。我们驾驭数字化和提供智能城市解决方案方面的能力和经验，将帮助Västerås公司实现更高效、更可持续的、更有弹性的运营。”