

# 浅谈居配工程中SF<sub>6</sub>负荷开关的安全防护

刘 顺

(镇江句容市供电公司, 江苏 句容 212400)

**摘 要:** SF<sub>6</sub>气体优异的绝缘和灭弧性能, 使SF<sub>6</sub>开关设备得到了广泛的使用, 在中压领域中已与真空开关设备平分秋色。SF<sub>6</sub>是迄今较广泛应用的绝缘介质, 要保证它的运行可靠性和技术性能, 防止设备出现意外的事故, 运行维护工作十分重要。下面将根据SF<sub>6</sub>绝缘的特点, 介绍居配工程中SF<sub>6</sub>负荷开关的安全防护。

**关键词:** SF<sub>6</sub>; 负荷开关; 安全

## 0 引言

SF<sub>6</sub>开关设备用SF<sub>6</sub>气体作为绝缘和灭弧介质。由于SF<sub>6</sub>绝缘强度高, 灭弧特性好, 且具有优越的热特性和散热能力, 因此SF<sub>6</sub>气体被广泛应用于电气设备中。SF<sub>6</sub>气体化学特性极为稳定, 纯净SF<sub>6</sub>是无毒的, 但其分解产物或化合物大多是有毒或剧毒的。特别是那些固体粉末, 人体接触会通过毛孔渗入危及人身安全, 因此我们在SF<sub>6</sub>设备解体后大修前要对这些毒性物质进行处理。在日常的设备运维过程中, 要重点加强SF<sub>6</sub>设备的安全防护工作。

## 1 SF<sub>6</sub>负荷开关的特性

SF<sub>6</sub>负荷开关是一种优良负荷开关, 除电寿命长, 开断力强等与真空负荷开关有共同的优点外, 其突出优点是容易实现三工作位(接通、断开和接地), 小电流(电感、电容)开断, 抗严酷环境条件能力强, 适宜在城乡中压配电网推广应用。

在配电系统中, 对开关电器来讲, 合、分负荷电流是经常发生的操作, 而开断短路电流却极少发生, 断路器参数的确定和结构的设计制造均按条件最苛刻但却又极少发生的短路保护的要求进行, 这就是断路器的操作和保护电器的两种功能, 因而结构复杂、选材严格、造价昂贵。负荷开关+熔断器的组合装置, 把对电器要求不尽相同的操作与保护两种功能分别由两种简单、便宜的元件来实现, 即用负荷开关来完成大量发生的负荷电流的分、合操作, 而用高压限流熔断器来发挥对极少发生的短路起保护作用, 很好地解决了矛盾。这样, 既可省去对复杂、昂贵的断路器的严格要求, 又可满足实际的需要。

一般枢纽变电所用的中压开关都采用断路器作为控制和保护装置, 而且要具有自动重合闸功能。而环网中各开闭所的供电容量一般不大, 其额定电流小于环网的额定电流, 也不要求重合闸, 所以环网开闭所的供电单元可以采用结构简单、价格低廉而性能又能满足要求的负荷开关+熔断器的组合电器。

## 2 居配工程中SF<sub>6</sub>负荷开关的应用

在人们对生活质量、生存环境要求越来越高的今天, 采用开闭所加箱式变电站(箱变)及埋设地下电缆构成环网供电, 已成为当今居住区供电方案的理想选择。

开闭所加箱式变电站供电可节省建筑面积、节约投资、安装方便、无人值班。住宅小区是采用开闭所加箱变的环网供电方式。开闭所为双电源单母线分段系统, 两个供电环网起止于两段母线上。平时, 联络开关断开运行, 当一个电源故障时, 联络开关闭合, 另一电源带全部负荷运行。此种供电方式, 兼有双回路供电与环网供电的优点, 大大提高了供电的可靠性, 而投资却低于双回路辐射型供电。

句容市聚和园小区总建筑面积 9 万 m<sup>2</sup>, 3 栋 11 层小高层, 13 栋多层单元楼, 25 栋独栋别墅, 6 栋 4 拼别墅, 8 栋双拼别墅, 另有商务楼一栋及商业店铺若干。入住户数为 631 户, 约 2000 人。它是以商品住宅为主的居住生活小区, 兼顾部分商业及公共设施, 是目前句容地区典型的居住小区。

聚和园小区在中心设一中心开闭所, 采用环形供电, 东、西两区自成一环。开闭所设 10 台 SF<sub>6</sub> 负荷开关, 整个小区设有 10 台箱变及若干低压分支

箱。环网单元采用箱式变电站，一进一出一变，单线单环，在低压侧进行电能计量。

箱变高压受电设备采用高压负荷开关串接熔断器的环网柜。此种环网柜，用负荷开关投切电路和隔离故障点，用熔断器完成短路保护功能。此种环网柜能在 10ms 之内迅速切除故障，此时线路和设备所承受的故障电流远未达到故障电流峰值，故对于供电线路和设备无须进行短路电流校验。如何合理选配负荷开关、熔断器与变压器的参数，将是涉及到能否发挥熔断器和负荷开关的使用，以及提高组合电器技术经济指标的重要问题。

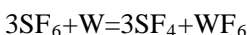
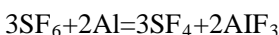
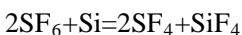
聚和园小区箱变中变压器容量为 315kVA—630kVA，高压额定电流为 16A—33A，考虑过载因素，熔断器额定电流定为 40A—80A。负荷开关额定电流没有制约因素，其额定电流由机械强度、开关能力、标准化因素决定，一般选择为 400A—630A。本小区箱变变压器高压负荷开关选用 XGN15-12 (F.R) 型，Ie=630A。

进出箱变的高压线路选用 MFF-10/400 全绝缘负荷开关，Ie=400A。高压电缆为 YJV22—8.7/15-3×120。

小区开闭所在安全防护方面也做了一些措施，如装设了 SF<sub>6</sub> 气体检测装置，4 台低位对外强排风轴流风机与报警装置联网，一旦出现 SF<sub>6</sub> 气体泄漏的情况，报警装置声光报警，同时启动风机对外强排风。

### 3 SF<sub>6</sub> 负荷开关的安全防护

运行多年的 SF<sub>6</sub> 开关在大电流开断时由于强烈的弧光放电，SF<sub>6</sub> 将会发生分解，而在放电终了时其中大部分分解物又复合成 SF<sub>6</sub>，而小部分会完全分解。反应式：SF<sub>6</sub>=SF<sub>4</sub>+F<sub>2</sub>。而产生的物质可与电极材料中的金属(硅 Si，铝 Al，铜 Cu，钨 W 等)发生反应，反应式如下：



这些固体分解产物如 AlF<sub>3</sub> 和 CuF<sub>2</sub> 等都沉积在环氧树脂等固体绝缘材料表面，其中一部分被 SF<sub>6</sub> 断路器内部的分子筛所吸附、另一部分沉积在灭弧室、支柱瓷套和充排气阀内，它们中的大部分是有

毒的。因而，对于 SF<sub>6</sub> 开关的局部解体检修和大修必须实行严格、规范的工艺流程：首先将待检设备内的气体进行回收；在设备解体后、维修前必须将固体有毒物质去除。通常采用的方法是先用吸尘器对瓷套内壁、灭弧元件和分子筛进行收集、然后用高压水冲洗的方法，设备经过水冲洗，烘干后再进行检修，以避免工作人员中毒。

表1 工作场所中 SF<sub>6</sub> 气体及其毒性分解物的容许含量

毒性气体及固体名称		容许含量(TLV-TWA)
六氟化硫	SF <sub>6</sub>	1000μL/L
四氟化硫	SF <sub>4</sub>	0.1μL/L
四氟化硫酰	SOF <sub>4</sub>	2.5mg/m <sup>3</sup>
氟化亚硫酸	SOF <sub>2</sub>	2.5mg/m <sup>3</sup>
二氧化硫	SO <sub>2</sub>	2μL/L
氟化硫酸	SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	5μL/L
十氟化二硫	S <sub>2</sub> F <sub>10</sub>	0.025μL/L
十氟化二硫一氧	S <sub>2</sub> F <sub>10</sub> O	0.5μL/L
四氟化氢	SiF <sub>4</sub>	2.5mg/m <sup>3</sup>
氟化氢	HF	3μL/L
二硫化碳	CS <sub>2</sub>	10μL/L
三氟化铝	AlF <sub>3</sub>	2.5mg/m <sup>3</sup>
氟化铜	CuF <sub>2</sub>	2.5mg/m <sup>3</sup>
二氟化二甲基硅	Si(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	1mg/m <sup>3</sup>

注：表中 TLV-TWA 为物质加权浓度，选用美国 ACGIH（1978 年）和 NIOSH（1982 年）公布的值。

在发供电企业安全性评价查评中以国家标准，国家电网公司近年颁发的(防止电力生产重大事故的二十五项重点要求)和(高压开关设备反事故技术措施》等为依据，按如下要求检查 SF<sub>6</sub> 开关设备安全防护措施的落实情况：

(1) SF<sub>6</sub> 电器安装室与主控室要作气密性隔离，以防有毒气体扩散入主控室。设备安装室应具备良好的通风系统，抽风口应设置在室内下部。新建 SF<sub>6</sub> 开关设备室，一般都能达到此项要求。由旧开关室改装成的 SF<sub>6</sub> 开关设备室，多数也能达到此项要求。但个别的未能全部达到要求。如有的抽风口未从室内上部改装到室内下部。有的 SF<sub>6</sub> 开关设备室与下层主控室之间未作气密性隔离。有毒气体可以通过楼梯通道扩散到下层主控室。这对人员巡视和事故处理极不利。

(2) SF<sub>6</sub> 开关设备室应设置一定数量的氧量仪和 SF<sub>6</sub> 浓度报警仪。氧量仪在空气中含氧量降至 18% 时应报警。SF<sub>6</sub> 浓度仪在空气中 SF<sub>6</sub> 含量达到 1000pL/L 时应发出报警。同时，在工作人员进入设备安装室前应先通风 15min。目前一般使用检漏仪检测室内

SF<sub>6</sub>气体的含量。在工作人员进入电缆沟或低位区域前才检测该区域内的氧含量，如发现氧含量低于18%，不能进入该区域。条件具备时，还是设置一定数量的氧量仪和SF<sub>6</sub>浓度报警仪为好。

(3) 结合安装、大小修定期校验密度继电器及气压表。按有关规定定期进行微水含量和泄漏的检测。

(4) 运行中SF<sub>6</sub>气体微量水份或漏气率不合格时应及时处理，处理时SF<sub>6</sub>气体应予回收，不得随意向大气排放，以免污染环境及造成人员中毒事故。

(5) 设备运行、试验及检修人员使用的安全防护用品，应有专用防护服、防毒面具、氧气呼吸器、手套、防护眼镜及防护脂等。安全防护用品必须符合GB11651《劳动保护用品选用规则》规定并经国家相应的质检部门检测，具有生产许可证及编号标志、产品合格证者，方可使用。

(6) 安全防护用品应存放在清洁、干燥、阴凉的专用柜中，设专人保管并定期检查，保证其随时处于备用状态。

(7) 凡使用防毒面具和氧气呼吸器的人员要先进行体格检查，尤其是要检查心脏和肺功能，功能不正常者不能使用上述用品。

(8) 对设备运行、试验及检修人员要进行专业安全防护教育及安全防护用品使用训练。

(9) 工作人员佩戴防毒面具或氧气呼吸器进行工作时，要有专门监护人员在现场进行监护，以防出现意外事故。

## 4 结束语

SF<sub>6</sub>开关设备在居配工程中的广泛应用，大大

提高了供电设备的可靠性，同时体现出了良好的经济性，相比真空断路器，还相对减轻了运行维护工作量。但在SF<sub>6</sub>气体的安全防护方面，在日常的运行检修工作中应予以高度重视，运行检修人员应牢固掌握六氟化硫气体的安全使用，设备运行和解体时的安全防护措施，以及个人防护用品的管理与使用等内容。所有变配电所应设置完整的检测、报警、排风设备，并配备足够数量的个人安全防护用品，确保安全工作到位。

### 参考文献：

- [1] 中国航空工业规划设计研究院. 工业与民用配电设计手册（第三版）[M].北京：中国电力出版社，2005.
- [2] 水利电力部西北电力设计院. 电力工程电气设计手册[M]. 北京：中国电力出版社，1989.
- [3] GB 50053-94，10kV 及以下变电所设计规范[S].
- [4] GB 50060-92，3~110kV 高压配电装置设计规范[S].
- [5] DGJ32/J11-2005，居住区供配电设施建设标准[S].
- [6] GB 50052-95，供配电系统设计规范[S].北京：中华人民共和国建设部，1996.
- [7] DL/T 639-1997，六氟化硫电气设备运行、试验及检修人员安全防护细则[S].

### 作者简介：

刘 顺（1982-），男，江苏镇江人，助理工程师，从事供配电设计、电力工程施工、电力技术经济工作。