

# 六氟化硫智能自动充气装置系统的设计

## Design of Intelligent Automatic Inflator System for Sulfur Hexafluoride

王晓超

Xiaochao Wang

上海电力股份有限公司罗泾燃机发电厂 中国·上海 200949

Luoqing Gas Turbine Power Plant of Shanghai Electric Power Co., Ltd., Shanghai, 200949, China

**摘要:** 背景: 六氟化硫 ( $\text{SF}_6$ ) 气体作为一种具备灭弧与绝缘性能的气体, 在断路器、高压变压器以及变电站 GIS 等电气设备当中得到了广泛的应用。目的: 为电气设备充气时, 传统六氟化硫人工充气装置的时间长、实用性低等问题。方法: 论文开发设计了一种六氟化硫智能自动充气装置系统, 并对该系统的设计原理与结构进行了介绍。结果: 设计的智能六氟化硫自动充气装置, 不仅解决了对充气流向和流量的测量问题, 还使得充气过程中带来的设备与人身安全风险得到降低, 实现了六氟化硫电气设备的自动、精准充气。

**Abstract: Background:** As a gas with arc extinguishing and insulation properties, sulfur hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ) gas has been widely used in circuit breakers, high-voltage transformers, substation GIS and other electrical equipment. **Objective:** When inflating electrical equipment, the traditional sulfur hexafluoride artificial inflating device has the problems of long time and low practicability. **Methods:** An intelligent automatic inflator system for sulfur hexafluoride was developed, and the design principle and structure of the system were introduced. **Results:** The intelligent sulfur hexafluoride automatic inflation device designed not only solved the problem of measuring the inflation flow direction and flow, but also reduced the risk of equipment and personal safety during the inflation process, and realized the automatic and accurate inflation of sulfur hexafluoride electrical equipment.

**关键词:** 电力系统; 六氟化硫 ( $\text{SF}_6$ ); 智能补气

**Keywords:** power system; sulfur hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ); intelligent air supplement

**DOI:** 10.12346/peti.v5i1.7549

## 1 引言

为充分保障六氟化硫电气设备运行的可靠性, 需要借助充气装置对电气设备进行补气。而现阶段的充气装置主要是以人工方式实现充气阀门的开关, 导致充气过程中存在充气不准确或充气不足等问题。基于此, 如何开发设计一种六氟化硫智能自动充气装置系统, 实现  $\text{SF}_6$  电气设备的自动化、精准充气是当前所需要解决的问题。该六氟化硫智能自动充气装置, 既充分实现了六氟化硫充气的效率和精度, 还有效节省了电气充气作业中的成本, 使得六氟化硫电气设备的维修与生产工艺质量等得到进一步的提高。

## 2 智能充气装置设计的重要意义

一方面, 六氟化硫自动充气装置系统的设计, 主要利用

机械原理实现了电气设备的在线充气。此外, 在充气过程当中有效避免了电磁场的干扰, 且能够在停电情况下进行充气, 使得其安全性得到进一步提高。另一方面, 六氟化硫自动充气装置的设计, 还充分满足了电网自动化以及设备状态的运维需要。使得电网的稳定可靠运行和服务质量得到提升。

## 3 六氟化硫智能自动充气装置系统总体的设计

### 3.1 六氟化硫自动充气装置技术架构设计方案

智能六氟化硫自动充气装置系统的设计, 可以有效避免气体在充气过程当中发生带有水分问题、充气压力不准确等不足, 且该充气装置还拥有智能化、自动化以及通用性等特点。因此, 六氟化硫充气装置在完成自动充气作业以及充

【作者简介】王晓超 (1996-), 男, 中国上海人, 本科, 助理工程师, 从事电力系统自动化 (生产运行) 和光伏工程建设研究。

气工作结束之后,将六氟化硫电气设备当中所充入的气体,展开气体露点或纯度等方面的测量,以此实现一机多用的功能。同时,该充气装置的设计,还在传统充气装置结构上对快速充气接头进行改进,以此降低了充气设备的体积,使得其实用性得到提升。

### 3.2 智能六氟化硫充气系统结构设计

传统六氟化硫充气装置的作业,主要包含了常用工具、充气装置以及人力搬运六氟化硫钢瓶等。在对六氟化硫电气设备进行充气作业时,需要至少两位工作人员才能够实现对电气设备进行充气。其中,一个对设备气体密度计电器观测,另一个实现对六氟化硫充气装置上的气压表进行监测。而论文设计的智能六氟化硫自动充气装置系统,解决了传统充气装置的弊端,且由运输载体、自动调压装置以及一体化工具箱等三个部分构成。

#### 3.2.1 六氟化硫运输载体

针对六氟化硫气体的运输载体设计,主要选择利用中空不锈钢的钢管为骨架来实现。这样一来,六氟化硫气体的容器具有较强的承载能力。而针对容器的本体车轮设计主要选择利用两大和两小的设计原则来实现,其中大轮毂主要由起到了承载支点的作用,而小轮毂起到了辅助驻点的作用,为六氟化硫气体的运输车月的运输方向变化提供便利。并且,针对车身设计上还包含了自动充气装置、一体化工具箱以及常用工具等相关部件。

#### 3.2.2 自动调压装置设计

六氟化硫自动调压装置设计,主要借助弹簧的弹力实现对膜片的驱动,并顶住进气口的开口。然后,通过对旋钮的操作可以实现对弹簧的弹力进行调节。因此,当弹簧呈现出向上的作用力时,进气孔的气体在膜片上的作用力,其两者之间的压力处于平衡状态。为膜片则处于开闭的平衡状态。所以,可以借助弹簧的原理,实现对出气的气压值进行有效控制。同时,在自动调压装置设计中的调压阀当中,还增添了蜂鸣装置,并利用微型时间继电器,实现对六氟化硫气体充气时导致的气室压力不均形成“假读数”,这样一来当设备的压力值达到一定程度时,气孔呈现关闭状态,并给出蜂鸣报警声,以此向工作人员提示充气作业完成。

### 3.3 SF<sub>6</sub> 自动充气装置控制系统设计

智能六氟化硫自动充气装置控制系统设计主要由供电单元、显示单元、控制单元以及无线输出单元、控制阀、电气设备以及六氟化硫气体钢瓶等多个部分构成。其中,在控制阀设计过程中,还增添了无线控制功能和无线通信模块,以此使得控制阀设备的相关状态信息,能够实时地发送到对应的控制单元当中。并且,控制阀的设计还具备控制阀开闭状

态以及气体压力信息等两方面的内容。而针对控制单元的连接模块的设计,主要利用 2.5G 模块与蓝牙模块等两个部分构成,实现了无线通信服务。因此,当无线通信模块和自动充气系统进行连接时,需要对控制阀中所包含的无线单元模块和控制单元模块等两个部分进行无线单元匹配,并在控制单元当中对其进行注册。当完成注册任务后,利用控制单元就能够实现对控制阀的控制。

### 3.4 自动充气装置设计

针对减压阀以及设备当中充气管管理设计过程中其加热装置主要由温度设定,实现自动温度控制。这样一来,只需要利用加热单元当中进行足够长输气管道排列设置,就能够充分保障六氟化硫气体可以充分充入六氟化硫电气设备当中。而针对移动装置的底部位置上,还配备了计量秤,实现了对容器钢瓶当中的六氟化硫气体含量进行精准计算测量。只需要对钢瓶的瓶身放入到加热单元上,使得其热量对瓶体进行加热,以此就能够实现六氟化硫气体充入到相关设备当中。

### 3.5 充气管线自动回收装置设计

针对充气管线的回收装置设计,实现了对不用的充气管线收缩到一个线盘当中。同时,线盘的设计主要由发条拖动内部核心与盘线的充气管线等两个部分构成。因此,当充气管线应用时,就可以通过牵引的方式将充气管线拉出来,而这时回收装置颞部的线盘发条就会进行储能,一直到充气管线作业完成之后,末端插头出作用力消失,发条就会在储能的作用下将充气管线自动回收装置当中。所以,针对自动回收充气管线装置的外部设计时,还增添了模块化多向接口,实现了与其他模块之间的连接。同时,这样借助模块化的设计使得整个自动测试线的缠绕器模块,构成多线路自动缠绕器。

### 3.6 压力运算模块设计

针对智能六氟化硫自动充气装置系统设计过程中充气装置的设计,还增添了相关充气压力运算模块。利用该运算模块可以实现对六氟化硫对电气设备充气过程的有效控制。不过,在对事先设定的六氟化硫气体密度等进行考虑,可以借助多个传感器实现相关数据的传输,进一步使得充气压力控制得到保证。因此,可以利用六氟化硫的温湿度传感器、环境湿度传感器以及配置完成的六氟化硫气体密度等,实现对六氟化硫充气的压力进行计算以及借助压力传感器实现对气压设备的有效识别调节控制。针对六氟化硫含水量计算,可以单独设立一个计算模块,以此用来对六氟化硫中的含水率展开计算。然后传感器对其进行计算和探测,并将最后结果反馈到环境湿度传感器上。同时,还能够将不同传感器的

充气管道实时状态进行反馈到对应的模块当中。然后,借助传感器所反馈的结果,结合调节控制器实现对六氟化硫充气装置进行相应的调节,从而使得六氟化硫充气得到合理有效的控制。

### 3.7 通信模块设计

智能六氟化硫自动充气装置系统设计过程中,还增添了一个网络通信模块。该模块的设计可以将系统的反馈情况通过网络通信的方式直接反馈给充气装置的操作人员。而传统的充气装置在应用过程当中,只有操作人员借助现场的观察以及自身的经验对充气装置进行控制与调节,但随之就会造成充气控制精度不足的问题出现。因此,在智能六氟化硫自动充气装置系统设计时,操作人员就可以借助系统的显示模块、精准定位模块以及通信模块等联合应用,实现对充气装置进行调节控制管理。

## 4 微水含量有效控制分析

### 4.1 六氟化硫气体处理工艺标准规范设计

针对六氟化硫气体的处理,必须在晴朗干燥的天气状况下进行,并且需要严格按照国家相关标准规定与检修工艺操作方法实现气体处理操作。

#### 4.1.1 密封部件检测

在针对微水含量严重超标以及存在较大泄漏量的设备进行处理时,应当先对设备的密封部件的完好性进行检查,如果发现存在开裂或者变形的密封部件应当及时更换和原配型号对应的部件即可。

#### 4.1.2 吸附剂更换

吸附剂更换时,需要尽可能地缩短暴露在大气当中的时间,一般需要在 30min 内完成吸附剂更换作业,并立即对气室进行抽真空处理,这样可以有效降低吸附剂自身所带入的水分。

#### 4.1.3 真空抽取

通过将真空泵和气室两者进行连接,进行气室真空处理,当真空抽取达到 133Pa 时,需要继续运行设备至少 30min 后,停止真空泵运行,30min 分钟后对真空度(A)进行读取,然后保持 5h 后,再次对真空度(B)进行读取,并将  $B - A \leq 67\text{Pa}$  (极限允许值为 133Pa) 时,则表示合格。反之,需要对气室的密封性情况进行检查和处理,一直到真空抽取合格结束。

#### 4.1.4 干燥处理

为最大化程度上实现对气室内部所残留的微水水分处

理,在真空抽取气室内部真空到 50pa 后,继续持续 30min 后,可以让气室内部注入 0.1MPa 的氮气对气室进行干燥处理,然后一直静止 12h 后,对气室中氮气微水的合格性进行测量,如果发生超标情况,这需要继续重复上述步骤,一直到氮气微水含量测试合格为止。

### 4.1.5 六氟化硫充气

当氮气微水含量测试合格之后,通过重新将气室抽至真空状况,然后向气室当中注入合格的六氟化硫气体,使得其达到额定压力,继续静止 24h,接着对气室中的微水含量进行测量。

### 4.2 数据校正

受温度对气室当中存在的六氟化硫气体中微水含量的影响,在对微水含量进行测量时,需要严格根据厂家所提供的含水量和温度修正的曲线,实现对向微水含量测量数据参数进行相应的修正,这样一来所得到的试验数据才能够真实地反映出六氟化硫气体中的微水含量。

### 4.3 六氟化硫气体监视

由于设备的密封不良问题,可能会导致六氟化硫气体发生泄漏,导致外部的空气中的水分渗透到设备内部当中,从而对六氟化硫气体中的微水含量造成严重的影响。并且,设备的泄露可能还会导致六氟化硫密度的降低,影响其绝缘性能。因此,需要加强对运行过程中的设备部泄漏状况进行加强监测,这样可以有效防止设备泄漏情况的发生,避免六氟化硫气体微水含量超标。

## 5 智能六氟化硫自动充气装置的应用效果研究

为进一步证明论文设计的六氟化硫自动充气装置在电气设备中的应用效果。在充气过程时,可以利用充气装置中的监测模块实现对正常温度环境下的六氟化硫气体压力等展开计算、测量。具体测量结果见图 1 所示。

从图 1 的监测记录结果上看,论文设计的智能六氟化硫自动充气装置,既可以在对电气设备进行六氟化硫其他充气时,还能够对气体的压力变化进行记录,并对充气过程当中存在的异常行为进行实时监测,以此保障自动充气装置安全、稳定运行。此外,由于该充气装置的设计过程中还增添了实时气室压力采集模块,以此实现了对气室中的压力进行采集分析,并将其结果通过 5G 网络自动上传到系统监控后台和移动端设备上,从而帮助充气装置的操作人员对现场实际充气情况与设备的状态进行实时把控,有效避免了人为操作失误,导致的安全隐患发生。



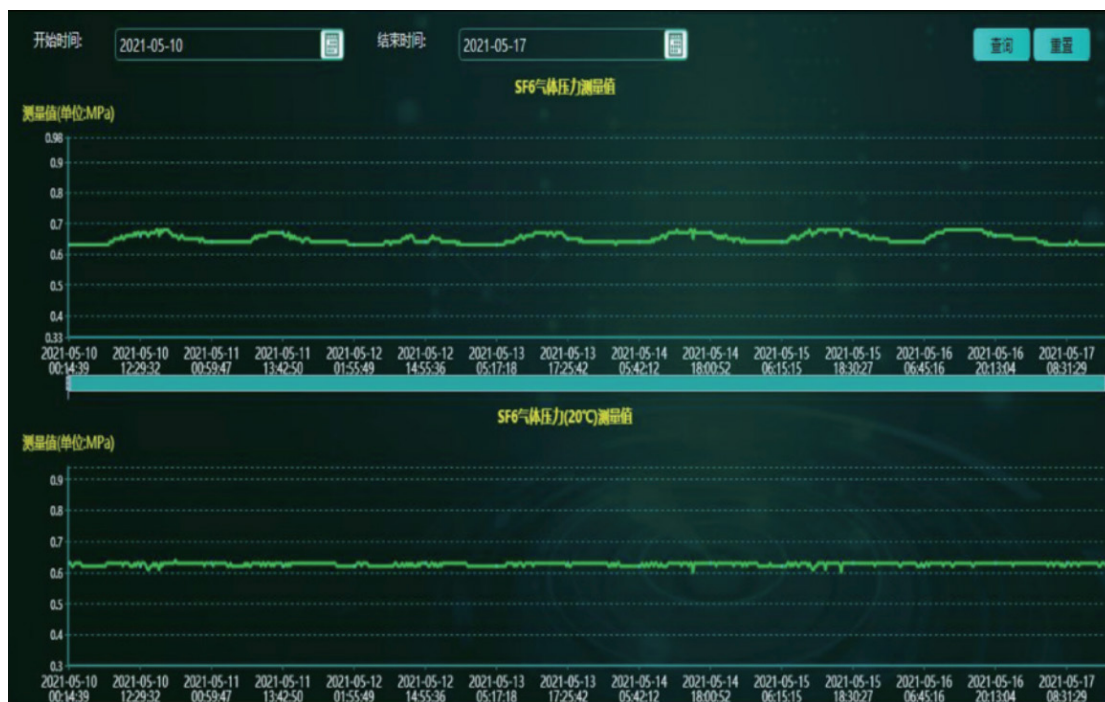


图 1 六氟化硫自充气装置的监测记录结果示意图

## 6 结语

综上所述，论文设计开发的智能六氟化硫自动充气装置系统与传统人工充气装置两者对比来看，自动充气装置不仅操作方式简单快捷，还使得充气质量与控制得到有效提升。同时，该自动充气装置系统在设计过程中，利用智能控制技术，使得该充气装置拥有更好的安全性、可靠性与便捷性。并且，借助互联网技术，还实现对智能六氟化硫自动充气装置系统的充气过程进行实时监控，有效降低充气风险，使得

六氟化硫电气设备的安全运行得到进一步的保障。

## 参考文献

- [1] 李吉侗,张海.电力设备六氟化硫快速充气装置设计应用[J].机械研究与应用,2022,35(5):233-235+239.
- [2] 史普帅.全补偿型六氟化硫气瓶加热装置的研制[J].科技创新与应用,2022,12(14):11-14+18.
- [3] 国伟辉,荆林远,张奥.六氟化硫智能自动充气装置的设计和应用[J].电力设备管理,2021(15):81-83.