

关于封闭母线系统运行浅析

刘 阳

摘 要：我厂的封闭母线为全连式、自然冷却、微正压充气式离相封闭母线，由江苏大全封闭母线有限公司提供，该全连式离相封闭母线的外壳采用多点接地方式。发电机机端与发电机机端压变、励磁变高压侧、主变低压侧、高压厂变高压侧均采用全连式离相封闭母线连接。高压厂变低压侧与6kV工作母线工作电源开关柜，高备变低压侧与6kV工作母线备用电源开关柜、励磁变低压侧与整流柜进线采用交流共箱母线连接。整流柜出线与励磁刷架采用直流共箱母线连接。在主变低压侧、高厂变高压侧、PT柜等回路的首末端设置外壳短路板，设可靠接地点，接地导体有足够的截面，当多点接地时，每处都安装接地线，以保证具有通过160kA短路电流时，维持4s而不烧熔的能力。在户内外穿墙及设备连接处等部位，设置伸缩装置，防止热胀冷缩带来的应力破坏。封闭母线与设备导体的接触电流密度不大于0.1安/平方毫米。当母线通过短路电流时，外壳感应电压不超过24V。能防止灰尘、潮气、雨水和雪浸入外壳内部，外壳底部应能排水，外壳防护等级为IP54。

关键词：封闭母线；故障；可靠；绝缘；运行

一、封闭母线故障类型及原因分析

封闭母线包括发电机主封闭母线、厂用分支封闭母线和共箱封闭母线，发电机主封闭母线、厂用分支封闭母线为全连式离相封闭母线。高压厂变、高备变、励磁变低压侧采用交流共箱封闭母线。整流柜出线与励磁刷架之间采用直流共箱母线连接。

离相封闭母线配备微正压热风保养装置，以充入微正压高清洁度高干燥度空气的方法，保证封闭母线内的绝缘。

封闭母线由采用导电铝制成的连接圆筒外壳，圆筒形的高导电铝线制成的导线及绝缘水平较高的支持绝缘子组成，离相封闭母线配备微正压热风保养装置，保证母线在微正压状态下运行，压力值在0.3 ~ 2kPa范围内，以充入微正压高清洁度高干燥度空气的方法，保证封闭母线内的绝缘。封闭母线故障原因主要分为内因和外因；内因包括：装置密封不严，装置自身配置组件故障等，外因包括：客观环境因素引起故障，人员操作不当等，现将几类原因分析如下：

1. 环境因素

若停机时间较长且处于环境较为潮湿的多雨天气，

气温较低封母内部会聚集一定量的水汽，这种水汽多以液态形式存在，会影响到内部绝缘，聚集过多时未及时排空，送电后定会发生放电或闪络现象。

阿克苏地区常年风沙较大，封闭母线在室外部分较多，大风吹动且因投运时间久会导致外壳螺丝松动或导体支持瓷瓶损坏造成母线异常振动和声响。

2. 密封状态不佳

封闭母线整体密封状态不佳，母线外壳本身存在着很多泄漏点（封闭母线设备装有盘式绝缘子，支持绝缘子及外壳焊接部分，这些位置全是封母外壳的泄漏点），当封闭母线内部压力建立不起来时，由于母线内部温度相对外部温度高，当相互之间温差较大时，内、外部产生压差，形成内部负压，即：呼吸作用。将大气中的潮湿空气、灰尘吸附到母线内部，附着在母线内筒壁、支持绝缘子、盘式绝缘子表面，遇空气湿度过大时，极易发生湿闪、污闪事故。

3. 内部压缩空气泄露

微正压装置出现故障或封闭母线空气泄漏过大，导致气压下降过快，造成微正压状态被破坏，压力不在正常范围内，封闭母线内无气压或气压下降过快。

4. 人员操作不当

开启防水排污阀后忘记关闭，导致封闭母线不保压；封闭母线位于发电机出口端，与汽机设备连接较为紧密，操作中及时避免汽机侧水流至发电机封闭母线内。因人

作者简介：刘阳（1995.11——）男，汉族，本科学历，助理工程师，主要从事电厂热能与动力工程方面的研究工作。

员控制操作导致发电机电压超限、过流及过负荷时，会导致母线局部出现高温现象，引起故障。

5. 维护不到位

运行时未进行有效维护，人员未定期按照规定对发电机封闭母线及空气压缩机进行放水排污，导致积水过多，影响干燥效果造成结露。机组大修期间未定期对封母内绝缘子进行耐压试验、保压试验，导致多参数不合格投入运行，造成故障。

6. 设备老化

封闭母线随着长期运行，支持瓷瓶、观察孔、盖板等处密封条老化，导致封闭母线密封性下降，给其绝缘电阻带来三方面不利影响：

(1) 出现结露现象。封闭母线运行过程中，由于发电机负载电流变化，其内部导体发热程度也随之变化不同，温度自然也不同，形成温差，吸收空气中的水分。

(2) 潮气易侵入。封闭母线运行过程中内部温度较高，潮气会从封闭母线的各个密封不好的地方进入封闭母线内部，机组在运行期间潮气会逐步蒸发掉，当机组停运后潮气蒸发速度慢，造成封母绝缘能力降低。

(3) 内部形成污秽层。由于设备老化造成密封性差，空气中的杂质包括一些粉尘进入封闭母线后会稳定的吸附在母线导体、支持绝缘子、密封隔断装置或外壳的内表面，或是吸附在封闭母线密封不严处，形成污秽层。由于封母内部空气狭小，平时无法处理，一旦受潮气影响，污秽层中的可溶性盐类被水份溶解，形成导电水膜，加剧绝缘子表面的绝缘电阻下降，泄漏电流增大，可能产生局部爬行放电。当绝缘子的电阻下降到不能承受导体运行电压时，在污秽层的表面就要发生闪络，封闭母线闪络的可能性大为增加。

7. 安装不当

初次安装调整或者进行检修工作时由于安装人员和检修工作人员的技术水平有限、责任心不强，安装、检修工艺不符合要求。应该在封母内部打胶的地方不打胶、应该加装石棉垫的地方不加装、应该安装密封圈的地方不安装，各个外壳及软管接头处理不当，密封圈密封效果不好引起故障。

二、封闭母线运行监视及常见故障处理

1. 运行时应检查封闭母线测温仪表无温度显示异常、报警等现象。运行时应检查离相封闭母线与设备连接处无密封破坏、发热等现象。共箱封闭母线无变形、滴水、振动等不良现象，注意封闭母线含氧量、压力、温度、

湿度等正常。检查封闭母线无异声，封闭母线的外壳牢固，无振动、过热现象，外壳接地线完整，接地可靠。

2. 微正压装置的气源宜取用仪用压缩空气，应具有滤油、滤水过滤（除湿）功能，定期进行封闭母线内空气湿度的测量，在封闭母线内安装空气湿度在线监测装置。

3. 加强封闭母线微正压装置的运行管理，确认微正压装置运行正常，无异常现象，报警指示灯灭，加强隐患排查，定期检查排污装置是否堵塞，定期检查是否存在积液，两台机组微正压气源和封闭母线及时放水排污。

4. 机组运行时微正压装置根据气候条件（如北方冬季干燥）可以退出运行，机组停运时投入微正压装置，但必须保证输出的空气湿度满足在环境温度下不凝露，加装热风保养装置，在机组启动前将其投入，母线绝缘正常后退出运行。发变组停役期间，封母内温度低，湿度大可能造成内部结露，绝缘电阻降低，因此需投入封母热风保养装置，发电机开机前2小时，投入热风保养装置对封母夹层进行热风置换保养。

5. 利用机组大修期间定期对封母内绝缘子进行耐压试验、保压试验，如果保压试验不合格禁止投入运行，并在条件许可时进行清擦，大修时应检查支持绝缘子底座密封垫、盘式绝缘子密封垫、窥视孔密封垫和非金属伸缩节密封垫完好，如有老化变质现象，应及时更换，封闭母线护套回装后应采取可靠的防雨措施。

6. 检修后检查确认封闭母线上接地线已拆除，封闭母线绝缘值合格。检查微正压装置完好，各阀门、小开关位置正确，启动微正压装置运行。检查封闭母线外壳完好，各处螺丝紧固，接地良好，各支持部件牢固无松动现象。离相封闭母线外壳接地为多点接地方式，运行时应检查接地导线连接头无过热等现象。

7. 发生故障后查找原因确认封闭母线内进水时，应及时开启底部排水阀将积水排空，对主变厂变侧加强监视，防止水进入变压器使事故扩大。如积水无法通过排水阀排空，需停运设备后拆开封闭母线，查找积水区域并对其进行排水操作，可加装风机吹干，将带水的支持绝缘子逐个拆除擦拭干净后装回，确认微正压热风保养装置正常运行。

8. 如发生封闭母线密封不严或内部压缩空气泄露，需及时查找漏点，进行封堵，同时保证微正压装置的正常运行，检修工作进行期间将封闭母线内压力尽量维持在正常运行状态值。

三、封闭母线的日常维护、检查、综合处理

1.发变组停役期间,封母内温度低,湿度大可能造成内部结露,绝缘电阻降低,因此需投入封母热风保养装置。

2.发电机开机前2小时,投入热风保养装置对封母夹层进行热风置换保养。即送上微正压热风保养装置电源,将控制柜微正压/热风保养切换开关QK切至加热器控制。启动控制柜热风保养按钮SB3,检查热风保养自动控制灯亮、某个出气口电磁阀工作指示灯亮。

3.发电机启动后,将控制柜微正压/热风保养切换开关QK切至微正压控制。

(1) 封闭母线运行中的检查

①检查母线在微正压状态下运行,压力值符合规定。压力值规定:0.3~2kPa。

②微正压装置运行正常,无异常现象,高压报警指示灯灭,过滤器每个夜班放水一次。

③封闭母线无异声,封闭母线的外壳应牢固,无振动、过热现象,外壳接地线完整,接地可靠。

④正常运行时,应注意离相封闭母线含氢量、压力、温度、湿度等正常。

⑤含氢量测点在发电机中性点、离相封闭母线三相,与发电机定冷水箱、发电机密封油励侧回油、机侧回油管等处测点一同进入测氢装置,正常含氢量应小于2%。

⑥离相封闭母线外壳及构架处温度应小于70℃,且温升小于28K。导体温度小于90℃,且温升小于48K。螺栓连接接头等处温度应小于105℃,温升小于63K。

⑦邻近的其它金属构件无发热现象。

⑧发变组停运后,根据工作需要停运封母微正压装置,即按微正压柜停止按钮SB1。

(2) 封闭母线异常综合处理

①封闭母线内无气压或气压下降过快原因及处理:微正压装置出现故障或封闭母线空气泄漏过大,导致气压下降过快。查出故障并消除。

②母线温度高处理:调整运行方式,降低电流或停役检修。

③母线异常振动和声响原因及处理:若外壳螺丝松

动等原因引起,应设法消除,若是导体支持瓷瓶有问题,应停役处理。

总结

封闭母线可靠性高,它的运用减少了接地故障,避免了相间短路。离相封闭母线因有外壳保护,可消除发电机外界潮气、灰尘以及外物引起的接地故障,母线采用分相封闭母线,也杜绝了相间短路的发生;防止邻近母线处的钢铁严重发热,离相封闭母线采用外壳屏蔽,可从根本上解决钢结构感应发热的问题;减少了相间短路电动力,由于外壳上涡流和环流的双重屏蔽作用,使相间导体所受的短路电动力大为降低;母线封闭后防止了绝缘子结露,同时采用测氢和测温等装置,其测量信号可就地显示或传至DCS系统;也为母线封闭后采用通风冷却创造了条件。因此,封闭母线的安全稳定运行是发电机可靠运行的重中之重。

参考文献

- [1] 阮刚.10kV共箱封闭母线进户中间穿墙结构优化技改小结[J].中氮肥,2022(6):77-80.
- [2] 孙振海,王亚平.离相封闭母线绝缘下降原因分析[J].电力系统装备,2020(1):3.
- [3] 李珂.水电站离相封闭母线绝缘异常分析与处理方法[J].水电与新能源,2023,37(4):58-61.
- [4] 覃兆仲,杨永兵,汪家兴.封闭式插接母线施工安装分析[J].科海故事博览,2023(8):31-33.
- [5] 郭海平.企业电力封闭母线的智能运维及监测诊断系统探析[J].中国设备工程,2022(S2):199-200.
- [6] 安紫娟,赵军,毛军.一起基于BMS分布式光纤测温系统的封闭母线超温报警故障分析[J].现代信息技术,2023,7(24):166-169.
- [7] 杨芳,李鸿路.火电厂高位布置中离相封闭母线布置的研究[J].电力系统装备,2022(004):000.
- [8] 姚亮.核电站主发电机封闭母线仓局部过热的原因和对策[J].科技创新导报,2022(014):019.