

# 电压暂降与厂用电切换对电厂关键辅机可靠性影响研究

杜小军

大唐陕西发电有限公司渭河热电厂 陕西咸阳 712000

**摘要:** 本文聚焦火电厂系统电压暂降及厂用电切换对重要辅机运行可靠性的影响。通过对某 2×300MW 机组电厂的深入调研,分析相关规范要求下厂用系统配置、控制回路特点,研究不同工况下重要辅机的运行状况,提出针对性整改措施,旨在提升火电厂重要辅机运行可靠性,保障机组安全稳定运行,为电力行业相关技术改进提供参考依据。

**关键词:** 火电厂;电压暂降;厂用电切换;重要辅机;运行可靠性

## 引言

在火电厂的运行过程中,系统电压暂降及厂用电切换是常见的工况变化,这些变化对重要辅机的运行可靠性有着显著影响。一旦重要辅机因电压暂降或厂用电切换出现故障,可能引发机组停运、甩负荷、设备损坏等严重后果,不仅影响电力生产的稳定性,还会带来巨大的经济损失。因此,深入研究系统电压暂降及厂用电切换对火电厂重要辅机运行可靠性的影响,并提出有效的应对措施,具有重要的现实意义。

### 1. 相关规范要求解读

《大中型火力发电厂设计规范》(GB50660)对火电厂厂用系统配置做出了明确规定。在高压厂用电工作电源方面,200MW级~300MW级机组宜采用1台分裂变压器,每2台机组可设置1台高压厂用启动/备用变压器。低压厂用备用电源设置时,若低压厂用变压器成对设置,互为备用的负荷应分别由两台变压器供电,且2台互为备用的变压器之间不应装设备用电源自动投入装置。

厂用母线接线方面,高压厂用母线应采用单母线接线,每台锅炉每一级高压厂用电压不应少于2段母线;低压厂用母线同样采用单母线接线,当锅炉容量为1000t/h级及以上时,每台锅炉应设置2段及以上母线,每段母线可由1台或2台变压器供电。

备用电源设置及其切换方式上,停电影响到人身安全或重要设备安全的负荷,必须设置自动投入的备用电源;停电将可能使发电量大量下降的负荷宜设置备用电源。备用电源采用明备用方式时,应装设备用电源自动投入装置;采用暗备用方式时,备用电源应手动投入。这些规范要求的保障

厂用系统稳定运行的基础,为火电厂的设计、建设和运行提供了重要依据。

### 2. 某 2×300MW 机组电厂厂用系统配置分析

#### 2.1 高压厂用电系统

该电厂机组的高压厂用电工作电源采用1台分裂变压器,2台机组共用1台高压厂用启动/备用变压器。高压厂用配置2段母线,双套辅机配置分别接于不同段。工作电源和备用电源配置有厂用电快切装置,手动切换一般采用并联切换方式,此方式在切换过程中对6kV高压厂用电系统母线电压和380V低压厂用系统电压无影响。而事故切换时,通常采用串联切换和同时切换,切换过程一般为600毫秒左右,电压下降程度受电动机惰转的影响。

#### 2.2 低压厂用电系统

机组低压厂用变压器成对设置,配置两段380V动力中心PC段,双套辅机配置分别接与不同段,采用暗备用方式,一般不配置自投,仅在某段检修时实现两段之间手动并联切换。

在电动机供电及控制方面,大于75kW的电动机采用断路器供电,控制回路采用直流控制;小于75kW的电动机采用塑壳开关加接触器供电,控制回路采用交流电源,保护采用马达保护器控制方式。这种配置方式在满足不同功率电动机运行需求的同时,也存在着因电压暂降和厂用电切换而导致辅机运行异常的风险。

### 3. 影响机组安全的重要辅机设备梳理

#### 3.1 双台配置且全部故障会引发严重后果的辅机

送风机油泵、引风机轴承冷却风机、引风机油泵、发电机定冷水泵、EH油泵等属于此类辅机。当这些辅机双台

全部故障时，会引起机组停运或甩负荷，严重威胁机组的正常运行。例如，送风机油泵故障会导致送风机轴承润滑异常，若未能及时处理，可能引发送风机损坏，进而影响锅炉的正常通风，最终导致机组停运。

### 3.2 机组启停过程中全部故障影响重大的辅机

顶轴油泵在机组启动、停运过程中起着关键作用。若在这些过程中顶轴油泵全部故障，会引起汽轮机轴瓦碰摩或损坏，对汽轮机的安全运行构成严重威胁。在机组启动时，顶轴油泵将汽轮机轴颈顶起，形成油膜，减少轴颈与轴瓦之间的摩擦，若顶轴油泵故障，无法建立起有效的油膜，轴颈与轴瓦直接接触，极易造成轴瓦磨损甚至烧瓦事故。

### 3.3 单台配置故障影响较大的辅机

磨煤机润滑油泵、浆液循环泵减速机油泵、前置泵等单台配置的辅机，一旦故障会引起甩负荷或环保超排。以磨煤机润滑油泵为例，其故障会导致磨煤机轴承润滑不良，影响磨煤机的正常运行，进而影响锅炉的燃料供应，导致机组负荷波动，甚至可能因燃烧不稳定而造成环保超排。

## 4. 辅机电源来源及控制回路配置研究

### 4.1 辅机电源来源分布

送风机油泵、引风机油泵、顶轴油泵、磨煤机润滑油泵等辅机电源取自保安段；引风机轴承冷却风机电源来自锅炉1、2号MCC；浆液循环泵减速机油泵电源位于脱硫保安段；定冷水泵、EH油泵、前置泵、真空泵等辅机电源则取自主厂房PC。不同的电源来源在厂用电切换和电压暂降时，受到的影响程度不同，这也决定了各辅机运行可靠性的差异。

### 4.2 控制回路配置特点

采用马达保护器控制的辅机包括送风机油泵、引风机轴承冷却风机、顶轴油泵、发电机定冷水泵、磨煤机润滑油泵（就地控制箱继电器）、浆液循环泵减速机油泵等。当马达保护器采用直流供电时，电动机的控制状态不受厂用电压的影响；采用交流供电时，在厂用电压失去2秒内，马达保护器可以保持接触器控制回路在接通状态，60秒内电压恢复可实现欠压重启功能。部分此类辅机还配置有控制回路专用电源模块，投入马保欠压重启功能后，控制回路电压暂降9秒内，电压恢复至80%U，6秒钟电动机重启运行。马达保护器接线如下图1所示：

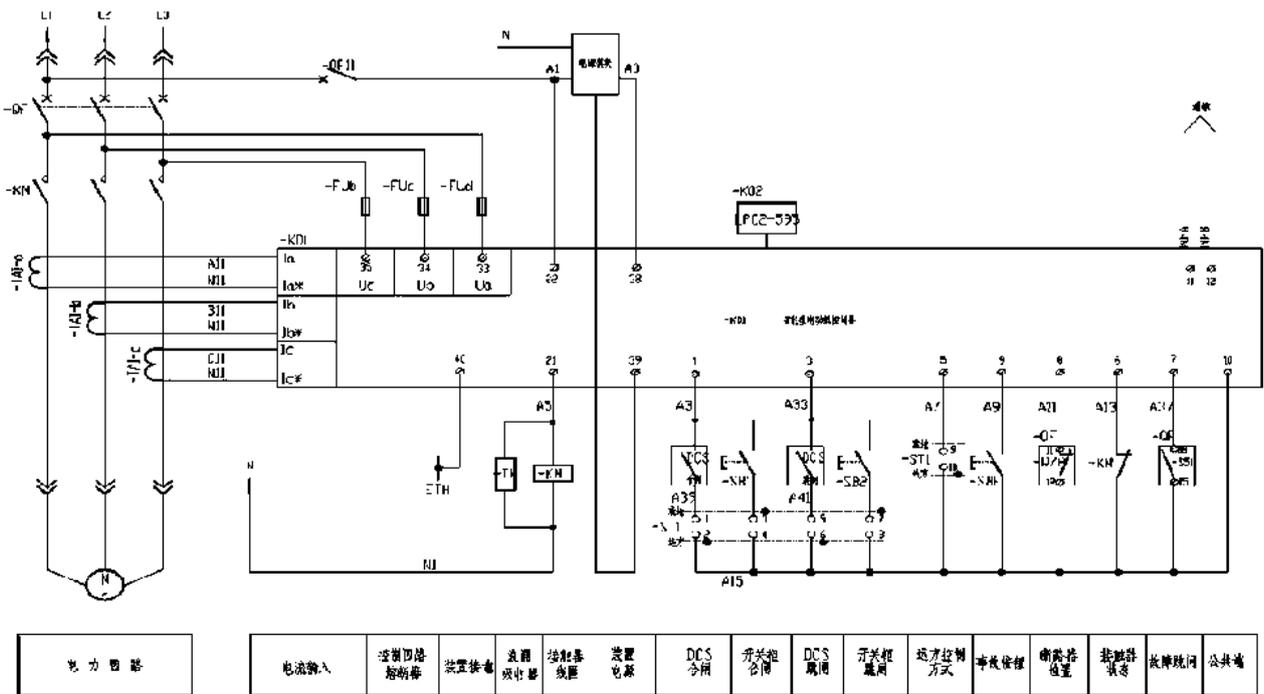


图1 马达保护器增加延时电源模块后接线图

引风机油泵、EH油泵采用就地控制箱双电源切换，控制回路采用常规不带保持的接线方式，采用直流启动，交流保持。在厂用系统电压失去时，即便接触器失压脱扣，接

触器控制回路依然保持接通，厂用系统电压恢复后可正常运行，不存在电压暂降造成脱扣的问题，若长时间厂用电源失去，控制逻辑中低油压联启可保证设备正常运行。

## 5. 电压暂降及厂用电切换对重要辅机运行的影响分析

### 5.1 电压暂降影响

马达保护器工作电源为交流电源时，其工作电源波动范围为  $\pm 10\%U$ 。中间继电器释放电压范围  $\leq 30\%U$ ，交流接触器释放电压范围为  $20 \sim 60\%U$ 。当系统电压暂降超过这些范围时，会导致相关设备动作异常。

在保安段，若发生电源进线开关误脱扣备自投切换或电压暂降，该段采用马达保护器控制的设备会跳闸。虽然顶轴油泵、送风机油泵等配置有欠压重启功能，电压恢复后会恢复运行，但磨煤机润滑油泵由于电源开关采用马保控制，就地控制箱采用继电器控制，切换过程中其电源开关会跳闸，相应就地设备也会跳闸。

在脱硫保安段，发生类似情况时，浆液循环泵减速机油泵会跳闸。锅炉 1、2 号 MCC 为单电源设置，引风机轴承冷却风机配置有欠压重启功能，发生电压暂降且电压恢复后会恢复运行。主厂房 PC 发生电压暂降时，发电机定冷水泵的马达保护器会跳闸。

### 5.2 厂用电切换影响

低压备自投动作切换时，电压通常为  $25 \sim 30\%U$ ，时间 1.5s，切换过程母线电压下降会造成低压负荷停运，如脱硫保安段浆液循环泵减速机油泵的电源受此影响。主厂房保安段之间的切换和柴油机切换时，保安段两段之间的切换时间一般在 1.5 秒，当两段同时失压，柴油发电机启动给保安段供电，柴油机启动时间一般为 9 秒，加之两段分别投入时间，正常保安段两段同时失压到柴油机恢复供电大概需要 17 秒左右时间，这期间部分重要辅机可能因长时间失电而无法正常运行。

高压厂用快切装置正常手动快速切换时，采用并联切换不存在厂用系统电压暂降和失去问题；当事故切换时，采用串联切换，切换时间一般 600 毫秒左右，电压下降程度受电动机惰转的影响，可能导致部分辅机运行异常。采用同时切换，切换时间一般 70 毫秒左右，对厂用系统影响较小。采用事故串联切换时间采样和事故同时切换时间采样如下图 2、3 所示：

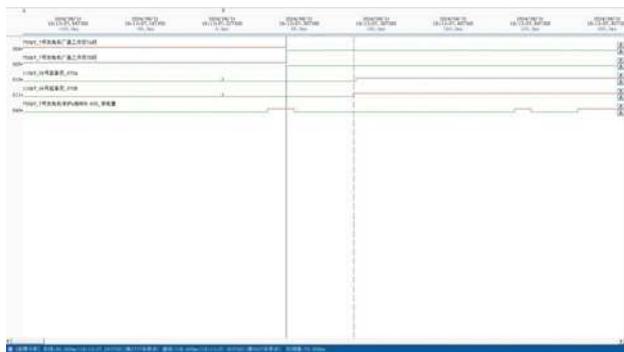


图 2 事故串联切换时间采样图

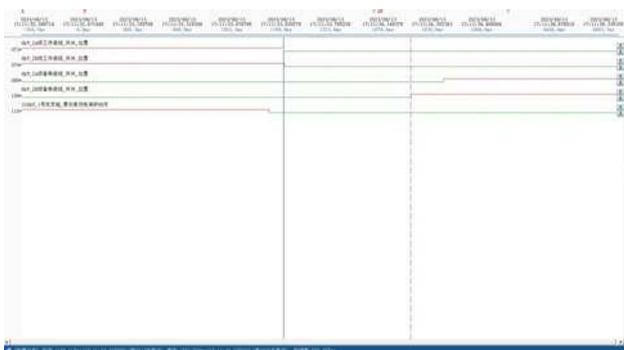


图 3 事故同时切换时间采样图

## 6. 提升重要辅机运行可靠性的整改措施

### 6.1 优化马达保护器配置

考虑到大部分低压电动机采用交流电源马达保护器控制，若更改为典型直流启动交流保持回路，改造工作量巨大，且将马达保护器工作电源更改为直流供电存在重新敷设电缆、增加直流系统负荷以及交流窜入直流的风险。因此，建议将马达保护器更换为带辅助电源模块和欠压重启功能的装置。这样，当厂用电压失去 2 秒内，马达保护器可以保持接触器控制回路在接通状态，60 秒内电压恢复可实现欠压重启功能，有效提升辅机在电压暂降时的运行可靠性。

### 6.2 完善保安段相关设备控制

保安段设备自投切换和电压暂降时，为保证接触器不脱扣且马达保护器不失电，磨煤机润滑油泵电源开关应配置电源模块并投入欠压重启功能。考虑到保安段全部失压到柴油机恢复供电的时间，建议将欠压重启时间整定为 20 秒，确保相关影响设备安全的油泵能及时投入运行。

### 6.3 强化定冷水泵控制回路

为防止电压暂降导致定冷水泵跳闸，其控制回路应配置专用电源模块，并投入马保欠压重启功能，保障定冷水泵在电压波动情况下的稳定运行，避免因定冷水泵故障影响发

电机的冷却效果，进而威胁机组安全运行。

#### 6.4 改进脱硫保安段设备控制

脱硫保安段设备自投切换和电压暂降时，同样要保证接触器不脱扣且马达保护器不失电，浆液循环泵减速机油泵电源开关需配置电源模块及投入欠压重启功能，确保该辅机在复杂工况下的可靠运行，防止因浆液循环泵减速机油泵故障引发环保超排等问题。

#### 6.5 优化厂用电切换操作策略

在机组异常运行方式中，如高厂变冷却器全停时，不能采用切换厂用出口方式，宜采用信号通知运行人员，运行人员根据变压器运行相关规定，手动并联切换6kV厂用电源，避免事故串联切换对厂用电压造成影响，保障厂用系统的稳定运行，进而确保重要辅机的正常工作。事故切换在条件允许的情况下设置为同时切换。

## 7. 结论

系统电压暂降及厂用电切换对火电厂重要辅机运行可靠性有着多方面的影响。通过对某2×300MW机组电厂的研究分析，明确了不同厂用系统配置和控制回路下重要辅机在电压暂降及厂用电切换时的运行状况。依据相关规范要求提出的整改措施，能够有效提升重要辅机的运行可靠性，保障机组的安全稳定运行。在今后的火电厂建设和运行过程中，应持续关注这些问题，不断优化厂用系统配置和辅机控制回路，确保电力生产的高效、可靠。

#### 参考文献：

- [1]DL/T 5153-2014, 火力发电厂厂用电设计技术规定.
- [2]GB50660-2023, 大中型火力发电厂设计规范.
- [3]李强, 等. 火电厂低压电动机控制回路抗电压暂降技术研究 [J]. 电力系统自动化, 2022, 46(8): 78-85.