

# 数据中心中压ATS及逐级投切探究

刘玉鹏

中国机房设施工程有限公司 天津 300000

**摘要:** 本文深入研究了数据中心中压ATS的工作原理、结构组成以及逐级投切的必要性、实现方式和控制策略。通过对实际案例的分析,探讨了中压ATS(Automatic Transfer Switch)及逐级投切技术在保障数据中心电力连续性、稳定性以及降低设备冲击方面的应用效果,为数据中心电力系统的设计与优化提供了理论依据和实践参考。

**关键词:** 数据中心; 中压ATS; 逐级投切

## 引言

数据中心作为信息存储、处理和传输的核心枢纽,其运行的稳定性和可靠性直接关系到众多业务的正常开展。电力供应作为数据中心的关键基础设施,任何中断或波动都可能导致数据丢失、业务中断以及巨大的经济损失。中压ATS及逐级投切技术能够有效应对电源故障和负载切换时的问题,提高数据中心电力系统的可靠性和质量。

### 1 概述

自动转换开关(Automatic Transfer Switch)即中压ATS,主要用于在两路中压电源(通常为市电和备用发电机电源)之间进行自动切换。它通过实时监测两路电源的电压、频率、相位等参数,当常用电源出现故障(如电压跌落、停电等)或异常时,在满足预设的切换条件下,迅速将负载切换到备用电源上,确保负载持续供电。其切换过程基于先进的控制逻辑,以实现快速、准确且安全的电源转换。

### 2 逐级投切的必要性

#### 2.1 减小冲击电流

数据中心包含大量的服务器、存储设备等电子负载,这些负载在启动瞬间通常会呈现出低阻抗特性,若同时启动,将产生巨大的冲击电流。冲击电流可能导致电源系统电压瞬间大幅下降,影响其他正在运行的设备正常工作,甚至可能损坏设备的电源模块、开关器件等。例如,服务器电源中的电容在充电瞬间会形成较大的电流尖峰,多台服务器同时启动时,这些尖峰电流叠加会对电网造成严重冲击。逐级投切通过将负载按照一定顺序和时间间隔逐步投入,可以有效分散冲击电流,降低其峰值,保护设备和电网的安全稳定运行。

#### 2.2 稳定电压波动

当大量负载同时启动时,由于电源系统内阻的存在,会引起电网电压的明显波动。这种电压波动可能超

出设备正常工作的电压范围,导致设备运行异常,如服务器死机、数据传输错误等。逐级投切可以使负载分阶段投入,给电网电压足够的时间进行调整和恢复,避免因电压波动过大对设备造成损害,保证数据中心内设备在稳定的电压环境下运行。

### 3 逐级投切的实现方式

#### 3.1 专用负荷逐级投切装置

专用负荷逐级投切装置通常在每段10KV母线之外单独设置一台控制柜,通过逻辑功能+硬接线+断路器动作实现切换功能。通过硬接线直接采集CT/PT交流量信号、开关等干接点信号,对所有进线开关、母联及馈线开关进行动态、实时的切换和负载投切,进而达到在电源切换时减少启动电流冲击的目的。此方案直接采集高压柜数字量信号、交流量信号,直接输出控制高压柜,无需通过综保系统,故障点少,抗干扰性较强;是独立于高压系统外的一套设备,不受高压柜的限制;系统接线一一对应,信号指向清晰。但此方案1套10kV系统至少需要2套设备,多套10kV系统则需要多套设备,可扩展性不高;采用硬接线,现场测试及维护困难,监视的信号有限,一般没有可视化功能,现场不能提供模拟测试。

#### 3.2 PLC控制器(采用分立元器件自行搭建和编程)

此方案采用硬接线直接接至各馈线开关、进线及母联开关,对于各种信号通过变送器转换为4-20mA信号接至PLC控制器,实现逐级投切功能<sup>[1]</sup>。其利用PLC控制系统逻辑编程能力强,可扩展性强,一套系统可用于多套10kV系统,可提供模拟测试。但此方案每个项目控制单元PLC不同,系统控制对象不同,设计工作量大,无法形成标准化;模拟量采集一般需要通过变送器转换为4-20mA信号接入PLC,变量中间转换,易断线丢失,受到强电干扰,且对于PT或CT互感器断线无法准确判断,存在关键信号采集不准确的风险,开关量低门槛值启动也会增加风险点;信号采集接线需要在现场完成,接线复杂,

施工难以标准化,不利于工程交付和工程质量控制。

### 3.3 数字通信自动控制(基于IEC 61850光纤环网GOOSE传输技术)

此方案采用IEC 61850通信协议替代上面几个方案的硬接线接入10kV系统综保系统中,利用原有综保采集所需的信号和发出控制指导指令,实现负荷逐级投切功能。其现场接线较少,可形成标准化配置;用通信方式代替现场硬接线传输自投所需信号,能够可视全站信息;全站或多站仅仅使用一套系统,扩展性好;能提供模拟测试,模拟数据中心自投投切全过程。但此方案要求10kV系统使用光纤通信方式,适配性低;通过10kV系统综保系统控制相应高压柜,中间采集设备偏多,故障点多;通信过程中信号可能会存在滞后性,通信过程涉及设备众多的情况下可能会出现信息丢失现象<sup>[2]</sup>。

### 3.4 10kV双电源转换开关控制器(带有负荷逐级投切功能)

本项目将负荷逐级投切功能集成在10KV ATS(双电源转换开关)控制柜中。ATS主要功能是实现市电和柴油发电机组的双电源切换,兼用其控制器可编程功能,通过

硬接线采集所需的逻辑信号传送至控制器,实现10kV单段母线电源切换和负载投切。利用ATS实现逐级投切功能,无需另外增加设备,可节省投资。

## 4 实际应用案例分析

### 4.1 案例介绍

本工程设备由10kV ATS自动转换开关成套设备同时采集2路10kV市电侧的2组电压互感器电压信号及2组电流互感器的电流信号。当采集到2路10kV市电侧的电压信号及电流信号(共4个信号)同时消失时,10kV ATS自动转换开关成套设备发送启动信号至柴油发电机并机系统启动控制装置,同时给高压自动逐级投切控制装置发送卸载信号。油机并机系统并机成功且输出电能指标满足使用要求,经过10kVATS自动切换系统判断后,切换至油机侧,由油机并机系统供电。柴油发电机组要求自启动并能在15S内达到额定转速、电压、频率,应能在30S之内完成并机并供电。10kVATS自动切换开关具备机械及电气连锁功能,不允许市电与发电机并网运行。

### 4.2 ATS及逐级投切方案实施

控制逻辑如下

10kV ATS市电油机切换逻辑(2A-无母联-2A)市电切换、油机切换含负载投切	
0	正常运行状态
1	市电1#失电、恢复
2	市电2#失电、恢复
3	市电1#先失电、自投动作后,市电2#也失电,由油机供电
4	市电2#先失电、自投动作后,市电1#也失电,由油机供电
5	市电1#,市电2#同时失电,由油机供电
6	油机供电运行状态,市电1#恢复正常,然后市电2#恢复正常
7	油机供电运行状态,市电2#恢复正常,然后市电1#恢复正常
8	油机供电运行状态,市电1#,市电2#同时恢复正常

#### 4.2.1 正常运行

1#/2#市电进线工作位合闸,1#/2#油机进线开关工作位分闸;油机并机柜上各发电机输入开关断开;油机并机柜上发电机出线开关断开。

#### 4.2.2 市电1#失电、来电

市电进线1失电,3s跳开1#市电进线开关Q1,间隔2s按顺序减载出线开关(预设8组出线)I母线段。市电1恢复(自复功能投入),30s确定市电稳定恢复并可用,3s合1#市电进线开关Q1,间隔2s按顺序加载出线开关(预设8组出线)I母线段。

#### 4.2.3 市电2#失电、来电

市电进线2失电,3s跳开2#市电进线开关Q2,间隔2s按顺序减载出线开关(预设8组出线)II母线段,市电2恢复(自复功能投入),30s确定市电稳定恢复并可用,3s合2#市电进线开关Q2,间隔2s按顺序加载出线开关(预设8

组出线)II母线段。

#### 4.2.4 市电1#先失电、自投动作后,市电2#也失电,由柴发带载

市电进线1失电,3s跳开1#市电进线开关Q1,间隔2s按顺序减载出线开关(预设8组出线)I母线段。市电进线2失电,3s跳开2#进线开关Q2,间隔2s按顺序减载出线开关(预设8组出线)II母线段,延时启动油机信号(给出两个ATS的启油机信号接点,默认推荐两个接点串在一起,判据为自动+市电失电),ATS控制柜给柴发及并机PLC启动信号,柴发启动并机输出。并机PLC启动并机延时(预设60秒),并机PLC按照柴发并机数量合上相应的柴发出线柜,3s油机侧电源正常,合油机进线开关Q3、油机进线开关Q4,间隔2s按顺序加载出线开关(预设8组出线)两侧。

#### 4.2.5 市电2#先失电、自投动作后,市电1#也失电,

由柴发带载

市电进线2失电, 3s跳开2#市电进线开关Q2,按顺序减载出线开关2s(预设8组出线)II母线段, 市电进线1失电, 3s跳开1#进线开关Q1, 间隔2s按顺序减载出线开关(预设8组出线)I母线段, 3s延时发启动油机信号(给出两个ATS的启油机信号接点, 默认推荐两个接点串在一起, 判据为自动+市电失电), ATS控制柜给柴发及并机PLC启动信号,柴发启动并机输出。并机PLC启动并机延时(预设60秒), 并机PLC按照柴发并机数量合上相应的柴发出线柜, 3s油机侧电源正常, 合油机进线开关Q3、油机进线开关Q4, 间隔2s按顺序加载出线开关(预设8组出线)两侧。

#### 4.2.6 市电1#, 市电2#同时失电, 由柴发带载

市电1#, 市电2#同时失电, 3s跳开1#进线开关Q1, 2#进线开关Q2, 间隔2s按顺序减载出线开关(预设8组出线)两侧, 3s"延时发启动油机信号(给出两个ATS的启油机信号接点, 默认推荐两个接点串在一起, 判据为自动+市电失电), ATS控制柜给柴发及并机PLC启动信号,柴发启动并机输出。并机PLC启动并机延时(预设60秒), 并机PLC按照柴发并机数量合上相应的柴发出线柜。3s油机侧电源正常, 合油机进线开关Q3、油机进线开关Q4, 间隔2s按顺序加载出线开关(预设8组出线)两侧。

4.2.7 油机供电运行状态, 市电1#恢复正常, 然后市电2#恢复正常

市电1恢复正常(自复功能投入), 30s确定市电稳定恢复并可用。间隔2s按顺序减载出线开关(预设8组出线)两侧, 3s跳开油机进线开关Q3、油机进线开关Q4, 3s合1#市电进线开关Q1, 间隔2s按顺序加载出线开关(预设8组出线)I母线段。延时停机, 300s延时后撤销油机启动信号, 并机PLC将柴发出线分闸, 柴发延时后停机(判据: 自动+市电有压+市电合位), 市电2恢复(自复功能投入)。

4.2.8 油机供电运行状态, 市电2#恢复正常, 然后市电1#恢复正常

市电2恢复正常(自复功能投入)30s确定市电稳定恢复并可用, 间隔2s按顺序减载出线开关(预设8组出线)两侧, 3s跳开油机进线开关Q3、油机进线开关Q4, 3s合2#市电进线开关Q2, 间隔2s按顺序加载出线开关(预设8组出线)II母线段。延时停机, 300s延时后撤销油机启动信号, 并机PLC将柴发出线分闸, 柴发延时后停机(判据: 自动+市电有压+市电合位), 市电1恢复(自复功能投入)。

4.2.9 油机供电运行状态, 市电1#、市电2#同时恢复正常

市电1、市电2同时恢复正常(自复功能投入), 30s确定市电稳定恢复并可用, 间隔2s按顺序减载出线开关(预设8组出线)两侧, 3s跳开油机进线开关Q3、油机进线开关Q4, 3s合1#市电进线开关Q1、2#市电进线开关Q2, 间隔2s按顺序加载出线开关(预设8组出线)两侧。延时停机, 300s延时后撤销油机启动信号, 并机PLC将柴发出线分闸, 柴发延时后停机(判据: 自动+市电有压+市电合位)。

## 5 应用效果

解决中压油机切换的问题

### 5.1 负载的顺序投切:

5.1.1 投入应急电源。连接发电机前, 应该顺序退出负载; 连接发电机后, 应该顺序投入负载。

5.1.2 恢复常用电源。断开发电机前, 应该顺序退出负载; 连接市电后, 应该顺序投入负载。

### 5.2 市电油机系统联锁:

5.2.1 相同电源之间的联锁。市电运行下, 应该保证两路市电不并联运行; 发电机运行下, 也应该保证两路发电机在供电母线上不并联运行。

5.2.2 不同电源之间的联锁。市电电源与发电机电源在进线处应设置联锁; 供电母线段应该设置联锁, 不允许经由母线开关造成市电与发电机电源并联运行。

### 5.3 与0.4kV系统配合:

0.4kV设置母联开关, 可以自动投入母联开关; 中压负载联动投切, 防止低压母联多次动作。

通过对该数据中心电力系统运行数据的监测和分析, 发现采用中压ATS及逐级投切技术后, 在电源切换和负载投切过程中, 电网电压波动控制在 $\pm 3\%$ 以内, 冲击电流峰值较未采用逐级投切技术时降低了70%以上。

结论: 数据中心中压ATS及逐级投切技术对于保障数据中心电力供应的可靠性、稳定性和安全性具有极为重要的意义。通过深入研究中压ATS的工作原理、结构组成以及逐级投切的必要性、实现方式和控制策略, 并结合实际应用案例分析, 可以得出以下结论: 合理选择中压ATS的技术参数, 根据数据中心负载特性制定科学的逐级投切方案, 采用先进的智能控制系统进行控制和管理, 并加强状态监测与报警, 可以有效降低负载启动时的冲击电流, 稳定电网电压波动, 提高数据中心电力系统的整体性能。

## 参考文献

- [1] 刘赞. 中压配电自动投切控制系统的设计与实现[D]. 北京:机械科学研究总院,2018.
- [2] 沈建华,滕科嘉. PLC在双电源自动投切装置中的应用[J]. 电力系统装备,2020(3):74-75.