厂用电失电下火电厂保安段柴油发电机负荷分级投入应用研究

赵正虎

（冀建投寿阳热电有限责任公司，山西 晋中 045400）

摘 要 火电厂厂用电全失时，保安段电源是保障机组安全停运的核心应急电源，柴油发电机作为保安段备用核心设备，厂用电全失时其稳定带载投入直接决定应急供电可靠性。冀建投寿阳热电有限责任公司调试阶段开展保安段电源切换试验时，柴油发电机启动后一次性全负荷投入存在启动冲击电流大、机端电压骤降、过载跳闸、部分设备启动失败等问题，工程技术与电气调试人员提出一套分级、分时、分类的负荷投入控制方案，进一步优化柴油发电机带载策略，最终柴油发电机带载成功。该分级投入方案可有效降低保安段负荷同时启动对柴油发电机组造成的冲击，提升机组设备安全保障能力，旨在为同类型火电厂保安电源系统优化改造提供技术参考。

关键词 火电厂；厂用电失电；柴油发电机；负荷分级；分级投入

中图分类号：TM621；TM762.1 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.27.026

0 引言

火电厂厂用电系统是机组持续稳定运行的基础，当电网故障、设备故障、线路跳闸等极端工况引发厂用电失电时，机组各类辅机失去供电，保安段电源及时切至柴油发电机接带[1]，保证重要主辅机交流润滑油泵、DCS系统控制电源、盘车电源等一系列重要设备重新启动成功，保证机组安全停运，否则将导致汽轮机、锅炉、发电机等核心主设备失去保障，可能出现断轴烧瓦、锅炉汽水系统超压、发电机过热等严重安全事故，甚至引起人身安全事故与重大经济损失。柴油发电机作为火电厂保安段专属应急电源，具备独立供电、不受电网故障影响、快速自启动的优势，是厂用电失电后机组安全停运的最后一道保障[2]。目前，多数传统火电厂柴油发电机控制逻辑采用失电后一次性投入全部保安负荷的运行方式，未考虑负荷启动特性差异与发电机额定承载极限。保安段负荷同步启动时瞬间电流达到6倍～8倍额定电流，较大的电流冲击造成柴油发电机机端电压下降，频繁出现重载启动失败、发电机过载停机、部分保安段辅机无法正常投运等问题，大幅降低应急供电可靠性[3]。为解决上述问题，本文结合冀建投寿阳热电有限责任公司电气调试阶段实例，通过建立负荷分级投入体系，优化时序控制逻辑，通过差异化分时投入策略规避集中负荷冲击，保障厂用电失电后保安系统稳定运行，实现机组安全有序停运。

1 厂用电失电工况与保安段负荷特性分析

1.1 厂用电失电工况分类

火电厂厂用电失电主要分为部分失电与全失电两类工况。部分失电为单段厂用母线故障跳闸，其余厂用电母线正常供电，保安段可通过主/备电源切换供电，柴油发电机无需启动；厂用电全失工况为所有厂用工作电源、备用电源全部失效，必须依靠柴油发电机独立带载保安段全部负荷，保障机组停机关键设备运行[4]，也是本文重点研究的应用场景。厂用电全失电后，机组处于无外部供电的被动停运状态，所有辅机瞬时停运，汽轮机轴系冷却、润滑、密封、消防等关键系统失去动力、锅炉水动力循环失效、发电机失去冷源、控制系统失电，必须在短时间内恢复供电，否则将引发不可逆的设备损坏。

1.2 保安段负荷构成与特性

火电厂保安段负荷按运行特性可分为静态负荷与动态旋转负荷两类，两类负荷启动特性、冲击电流、运行功耗差异极大，是负荷分级的核心依据。静态负荷以照明、控制电源、仪表电源、直流系统充电柜、UPS电源等为主，特点为功耗稳定、运行可靠；动态旋转负荷以各类油泵、水泵、风机辅机为主，是分级分

作者简介：赵正虎（1986-），本科，工程师，研究方向：保安段电源切换与控制。

时投入对象，包含重要交流润滑油泵、顶轴油泵、空预器辅电机等，启动瞬间冲击电流可达额定电流6倍～8倍，是造成柴油发电机工况波动的主要诱因。

1.3 传统投入方式弊端

传统控制逻辑中，柴油发电机自启动成功、电压频率稳定后，一次性投入所有保安负荷，存在诸多技术缺陷。一是瞬时负荷超限，多台旋转辅机同步启动，冲击负荷叠加，超出柴油发电机瞬时承载能力，导致柴油发电机机端电压跌落、频率波动超限，触发保护装置误动跳闸；二是关键设备供电可靠性不足，集中冲击下部分核心安全辅机启动失败，直接威胁机组安全；三是柴油发电机长期承受冲击载荷，加速机组机械磨损与电气老化，缩短设备使用寿命，增加运维成本[5]。

2 电气调试阶段柴油发电机联启面临问题

2.1 保安段电源及柴油发电机现状及切换逻辑

冀建投寿阳热电有限责任公司共2台机组，每台机组设有保安A段和B段两段母线，A段工作电源由汽机PC A段（主电源）和锅炉PC B段（辅电源）供电，B段工作电源由锅炉PC A段(主电源)和汽机PC B段(辅电源）供电，柴油发电机同时作为保安A段和B段的应急备用电源。

当事故保安A（B）段主电源失电后，若辅电源正常，则发出信号，双电源自动转换开关（简称“ATS”）无延时自动切换到辅电源接带，向保安A段（保安B段）供电；若保安段电压仍异常，则无延时启动柴油发电机组，待转速和电压达到额定值后，柴油发电机出口开关自动合上，失电保安段无扰动转换开关（简称“CTTS”）自动切换到柴油机侧带，向失电的保安段供电。柴油发电机具有三次自启动功能，连续三次启动失败则发出失败信号，并闭锁自启动回路。

当保安段任一路工作电源恢复后，CTTS装置延时自动切换至保安段工作电源供电，经值班人员确认保安段带电正常后手动停运柴油发电机组。

2.2 模拟厂用电全失保安段供电电源切至柴油发电机时遭遇问题

柴油发电机额定功率850 kW，额定电压400 V，额定电流1 500 A左右，过电流保护定值为1.25Ie。保安A段和B段的额定总容量为1 200 kVA，考虑到大部分设备正常运行时未到达额定功率状态，机组满负荷时该母线运行电流可达额定电流值70%左右，因此保安段正常运行最大容量约为840 kVA。保安段负荷包括静态负荷和动态旋转负荷，其中静态负荷主要包括UPS装置、110/220 V直流系统充电柜、DCS装置、仪表电源柜、电梯电源、七氟丙烷气体控制盘等，动态旋转负荷包括风机油泵、汽轮机交流润滑油泵、盘车电源等。

模拟厂用电全失时，柴油发电机启动后发电机10 s内完成启动建压，保安段负荷全部投入重新启动，柴油发电机立即跳闸。经分析，柴油发电机跳闸原因为保安段负荷全部重新启动时冲击电流过大，超过柴油发电机过电流保护定值。

3 保安段负荷分级应用概况

3.1 保安段负荷分级行标

依据《火力发电厂厂用电设计技术规程》，结合设备安全优先级、启动冲击特性、失电后风险等级，遵循“核心优先、动静分离、分时错峰、逐级加载”的原则，将保安段负荷划分为三个等级，匹配差异化投入时序与控制逻辑，实现负荷精准管控。

1. 一级核心安全负荷（优先瞬时投入）。一级负荷为机组安全停运不可或缺的核心设备，失电后短时间内即可引发重大设备损坏，无供电容错空间，需在柴油发电机电压频率稳定后瞬时投入。主要包含：汽轮机交流润滑油系统、机组保安固定控制负荷、关键仪表与监测电源、消防应急核心电源。

2. 二级辅助保障负荷（短时延时投入）。二级负荷为机组辅助安全保障设备，对机组核心安全起支撑作用，可短暂失电，待一级负荷运行稳定、柴油发电机工况平稳后延时投入。主要包含：空预器辅电机、机组各类风机润滑油泵等。

3. 三级运维负荷（长时延时投入）。三级负荷为机组运维辅助设备，不直接影响机组核心设备安全，失电后不会引发即时安全事故，可在一、二级负荷全部稳定运行、柴油发电机满负荷适配工况后投入。主要包含：保安段常规照明、辅助通风系统、非关键检修电源、附属运维设备等。

3.2 控制逻辑调整

鉴于保安段负荷全部投入运行导致柴油发电机过电流保护动作，经过多次摸索与试验，所有静态负荷无延时启动，旋转动态负荷根据额定电流、供电紧迫性、容错性差异，一级核心负荷无延时0.2 s投入，快速搭建安全屏障；二级辅助负荷延时2 s后投入，避开一级负荷微小启动波动；三级运维负荷延时4 s后投入，此时柴油发电机已处于平稳运行状态，具备充足冗余承载力，具体启动安排如表1、表2、表3所示。

表1 一级核心安全负荷（第一批启动，延时0.2 s）

	设备名称	额定功率（kW）	额定电流（A）
保安A段负荷	1#机给水泵汽轮机1#交流润滑油泵	30	60
	1#机电泵组液力耦合器启动油泵	11	22
	1#炉1#一次风机1#油泵电机	1.1	2.75
	1#炉1#二次风机1#油泵电机	1.1	2.75
	1#炉2#一次风机1#油泵电机	1.1	2.75
	1#炉2#二次风机1#油泵电机	1.1	2.75
保安B段负荷	1#机给水泵汽轮机2#交流润滑油泵	30	60
	1#汽轮机交流润滑油泵	45	90
	1#炉1#一次风机2#油泵电机	1.1	2.75
	1#炉1#二次风机2#油泵电机	1.1	2.75
	1#炉2#一次风机2#油泵电机	1.1	2.75
	1#炉2#二次风机2#油泵电机	1.1	2.75
	负荷总计	124.4	254

表2 二级辅助保障负荷（第二批启动，延时2 s）

	设备名称	额定功率（kW）	额定电流（A）
保安A段负荷	1#炉1#引风机1#油泵电机	11	22
	1#炉2#引风机1#油泵电机	11	22
保安B段负荷	1#炉1#引风机2#油泵电机	11	22
	1#炉2#引风机2#油泵电机	11	22
	负荷总计	44	88

表3 三级运维负荷（第三批启动，延时4 s）

设备名称	额定功率（kW）	额定电流（A）
1#机1#顶轴油泵（1#机2#顶轴油泵）	55	110
负荷总计	110	220

4 保安段负荷分级应用效果分析

4.1 应用效果对比分析

方案执行前后运行数据对比显示，分级投入方案优势显著。一是设备启动成功率100%，保安段负荷均可正常启动运行，彻底解决重载部分设备启动失败问题；二是柴油发电机无瞬时冲击过载现象，柴油发电机启动带载过程中最大电流1 120 A左右，低于额定电流；三是故障容错能力提升，即使单台次级负荷故障跳闸可迅速重启，不会影响核心负荷供电，机组安全停运保障能力全面升级。

4.2 运维效益分析

该分级投入方案改造成本低、工程量小，无需更换原有柴油发电机与负荷设备开关，仅通过优化控制逻辑与延时参数即可实现功能升级。长期运行可有效降低柴油发电机机械磨损与电气老化速率，减少设备故障停机次数，降低机组检修运维成本，同时彻底规避厂用电失电引发的重大设备损坏风险，减少故障经济损失，具备极高的安全效益与经济效益。

5 结束语

厂用电失电工况下，柴油发电机负荷投入方式直接决定火电厂机组安全停运的可靠性。传统一次性全负荷投入模式存在冲击大、工况不稳定、故障率高的突出问题，无法满足极端故障工况下的安全保障需求。本文提出的基于负荷重要等级与启动特性的分级分时投入方案，通过核心负荷优先投入、辅助负荷与次要负荷延时投入的控制逻辑，有效解决了集中负荷冲击难题，稳定了柴油发电机运行工况，大幅提升了保安电源系统供电可靠性。工程实践证明，该方案改造简单、安全性高、适用性强，可有效规避机组设备损坏风险，降低运维成本，适配各类常规火电厂保安段电源系统改造需求，为火电厂应急保安电源系统的安全、稳定、高效运行提供坚实的技术支撑，具备广泛的工程推广价值。

参考文献：

[1] 国家能源局.火力发电厂厂用电设计技术规程[S].北京：中国计划出版社,2015.
[2] 王立平,赵明远,张鹏伟,等.大型火电厂保安柴油发电机组的调试措施[J].设备管理与维修,2023(23):121-123.
[3] 谢明威,黄慕清.柴油发电机与保安段电源切换的逻辑分析[J].电工技术,2023(S1):161-162,165.
[4] 王小平,杜嘉桐.某680MW火力发电厂交流保安段母线电源备自投切换试验探讨[J].电力设备管理,2024(19):82-84.
[5] 吕蒙,朱小敏,张鹏,等.保安段电源切换故障分析及控制策略[J].电站系统工程,2024,40(02):53-56.