

# 核电站应急柴油机故障自动回切逻辑设计

杨秀河

台山核电合营有限公司

DOI:10.12238/pe.v1i4.6816

**[摘要]** 核电站应急柴油机作为核电站能源供给的重要组成设备,其运行可靠性关系到能源最终供给效果。当核电站发生全厂失电情况下,触发应急柴油机启动,给重要安全设施正常运行提供电源,把核电站带到安全状态,文中在对核电站应急柴油机在定期试验期间发生非优先级保护故障情况下,能够自动回切外部正常供电的逻辑设计进行了概述,分析了应急柴油机在定期试验期间故障后自动回切逻辑设计的必要性和设计方案,为核电站应急柴油机设计优化自动回切逻辑方面提供经验参考。

**[关键词]** 核电站; 应急柴油机; 自动回切; 回切逻辑; 逻辑设计

中图分类号: TK42 文献标识码: A

## Design of Automatic Cut-back Logic for Emergency Diesel Engine Faults in Nuclear Power Plants

Xiuhe Yang

Taishan Nuclear Power Joint Venture Company.Ltd

**[Abstract]** As an important component of nuclear power plant energy supply equipment, the operation reliability of emergency diesel engine is related to the final energy supply effect. When the power loss occurs in the nuclear power plant, the emergency diesel engine will be triggered to start, provide power for the normal operation of important safety facilities, and bring the nuclear power plant to a safe state. In this paper, the logic design that can automatically switch back to the external normal power supply in case of non-priority protection failure of the emergency diesel engine in the nuclear power plant during the regular test is outlined. This paper analyzes the necessity and design scheme of automatic switchback logic design for emergency diesel engine after failure during periodic test, and provides experience reference for design optimization of automatic switchback logic for emergency diesel engine of nuclear power plant.

**[Key words]** Nuclear power plant; Emergency diesel engine; Automatic backcutting; Backcut logic; Logical design

### 引言

近年来随着清洁能源的兴起,核电站是清洁能源的重要来源,应急柴油机是核电站重要设备之一,应急柴油机作为后备手段在核电站全厂失电情况下,应急柴油机启动给重要安全设备运行提供电源,在日常维护需要对应急柴油机进行带载试验,在应急柴油机试验期间,当应急柴油机出现故障发生非优先级保护动作,将出口停柴油机并跳出线开关,导致应急母线失压,应急柴油机将进入应急启动模式。此时需要靠人员去判断并依托运行程序执行后续回切到厂外供电操作,如果操作不当将发生频繁启停柴油机动作,同时电源手动回切,人员响应时间不足,无法快速实现;若操纵员手动回切不当,可能导致应急柴油机不可用,应急母线及其下游配电盘失电,对应的安全系统设备不可用,安全设备冗余度下降,机组进入事件或事故

运行工况。因此,对应急柴油机故障设计自动回切逻辑,防止柴油机定期试验期间保护跳闸应急启动后回切失败,保证应急母线供电可靠性。

### 1 项目背景

某核电站应急柴油机LHP系统按计划进行部分带载试验,试验启动柴油机后根据逻辑LHA(第1列核岛10kV应急配电系统)从正常供电自动切换到LHP供电。在按照试验程序投入LHP非优先级保护,由于柴油发电机励磁系统故障(非优先保护之一)导致LHP跳闸,随后LHA电压低保护触发LHP应急启动并成功为LHA供电。运行人员根据试验程序复位LHP应急启动信号,准备将LHA切回正常供电,柴油机意外跳闸,随后LHA电压低保护再次触发LHP应急启动,但LHA母线电压未能恢复,导致LHA电压低四级报警触发进入事件/事故运行工况。该事件产生的主要原因包括运行和专



非应急保护触发到应急柴油发电机启动过程如下:DCS收到非应急保护动作信号—►SAS处理生成非应急保护动作信号送RPR—►RPR生成保护停机信号至柴油机就地控制柜。从RPR生成保护停机信号到发出柴油机启动指令的DCS处理时间如下图3.3所示。整个动作时间为5559ms。



图3.3 非应急保护出口到柴油机再次应急启动的时间

综上:非应急保护从RPR生成非应急保护动作信号开始计算,回切时间少于柴油机停机后应急启动的时间,方案可以实现自动回切。

### 3.3回切条件三—正常电源可用

虚线框1.3内的逻辑为回切条件三:正常电源可用,避免应急工况下的切换。柴油机试验模式转LOOP运行模式时,该判据可以避免柴油机出口低电压时发生误切换。

### 3.4回切指令持续时间

回切指令设置了6s脉冲复位1101CG-的自动切换指令,该时间内允许RPR7115HN柴油机停机指令复位RPR开关分合闸指令,保证回切指令可靠发出,同时使用脉冲信号可以避免持续发出回切指令。

## 4 回切后LHA母线残压及LGA母线电压跌落仿真分析

应急柴油发电机通过LHA带载失压后,没有甩负荷的过程,当正常进线断路器合闸后已带载的负荷直接加载,通过ETAP仿真,分析回切后LHA母线残压及对上游LGA母线电压的冲击影响<sup>[3]</sup>。

轻载仿真1秒前稳定运行,1秒时断开柴油发电机出口断路器LHA1102JA-,再过1秒(自动回切延时时长)后合上正常进线开关LHA1101JA-,仿真持续时间5秒。切换前后负载:2.28MW+1.24MAR=2.6MVA。电压波形如下图4-1所示。

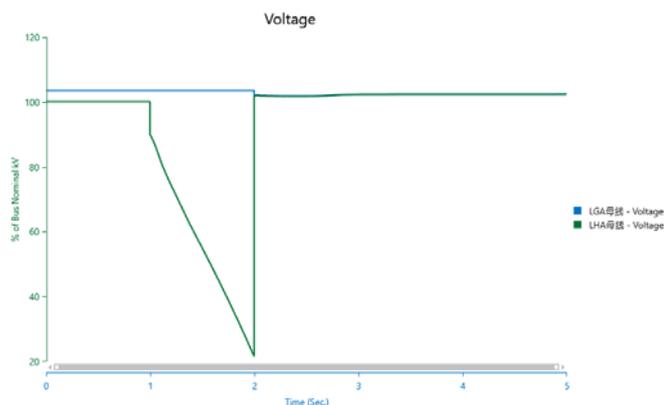


图4-1 轻载负荷切换仿真波形

通过应急柴油发电机轻载负荷直接加载于主电源的仿真波

形看出,LGA母线电压仅有轻微的跌落(2%Un左右)。参照《DL/T 5153-2014火力发电厂厂用电设计技术规程》规定,最大容量的电动机正常启动时,厂用母线的电压不应低于额定电压的80%。

通过仿真波形看出,LHA母线残压在1s跌落至20%Un左右。根据《电力工程电气设计手册 电气二次部分》的描述,残压衰减至20%~40%的低电压检定方式的电源切换,对于电动机是安全的,并根据《NB 20051-2011核电厂厂用电系统设计准则》第6.3.2规定,事故工况下的高压上限为1.4Un,建议现场实际应用,实测正常电源进线开关合闸后LHA母线电压不应超过140%Un。

## 5 结论

针对核电站应急柴油发电机定期试验期间原设计方案存在的问题,改造方案增加核电站应急柴油发电机在定期试验期间当发生非优先级保护动作停柴油发电机后LHA母线失压能自动回切到外部正常电源LGA母线供电。设计方案采用非优先级保护信号触发回切逻辑,消除柴油发电机定期试验期间非优先保护跳闸重复启动及手动回切失败,同时考虑非优先级保护动作后,柴油发电机停运,LHA母线失压,导致触发应急启动信号,因此设置自动回切逻辑信号要快于母线失压触发应急启动信号,及时恢复LHA母线电压,避免LHA母线失压触发应急启动信号,重复启动柴油发电机。另外增加LGA失电限制回切信号,当外部电源丧失,LGA失电,自动回切到LGA供电毫无意义,这种情况下,应该允许应急启动柴油发电机,保证LHA供电,保证核电站重要安全设备供电正常运行。回切后LHA母线残压及LGA母线电压跌落分析,回切后LHA母线残压在1s跌落至20%Un左右,对下游电动设备是安全的,回切后轻载负荷直接加载于主电源LGA,LGA母线电压仅有轻微的跌落(2%Un左右),满足最大容量的电动机正常启动时,对母线的电压要求。

综上分析,核电站应急柴油发电机定期试验期间非优先保护触发自动回切逻辑设计方案不会降低原设计安全功能,不影响应急柴油发电机优先级保护的正常功能,不影响母线下游重要安全设备的启动和运行,设计方案避免柴油发电机定期试验期间非优先保护跳闸重复启动柴油发电机及手动回切失败,保证母线下游重要安全设备正常供电,在一定程度上提高核电站机组的安全性。

## [参考文献]

- [1]吉黎明,熊兴旺,杨子荣.一种基于逻辑回归的柴油发电机工况分类模型[J].小型内燃机与车辆技术,2023,52(2):6-9,20.
- [2]刘晓宇.核电站应急柴油发电机组自动控制系统[J].科技创新与应用,2014,(13):84-85.
- [3]李大鹏.CPR1000核电站厂用电系统结构与切换方式研究[D].辽宁:大连理工大学,2016.

## 作者简介:

杨秀河(1980--),男,侗族,贵州省黔东南州人,本科,台山核电合营有限公司,中级工程师,从事核电站设计改造工作。