

LNG接收站电力系统低电压保护协同策略研究

张乐

广东大鹏液化天然气有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i6.10439

[摘要] 本文针对LNG(液化天然气)接收站在电力系统母线联络开关保护与负载电机低电压保护的协同策略进行了详细研究,深入分析母线联络开关备自投保护与电机低电压保护设置不协调给液化天然气接收站生产运营带来的潜在风险,并在此基础上提出一套有效的协同保护策略,旨在增强接收站电力系统对外电源电能质量异常事件的抵御能力,保证接收站关键电机类负载的稳定供电,为保障LNG接收站稳定供气 and 电力系统可靠性提供了理论基础和实践指导。

[关键词] LNG接收站; 母线联络开关; 备自投保护; 低电压保护; 协同策略

中图分类号: TM714.2 **文献标识码:** A

Research on Coordinated Low Voltage Protection Strategies for LNG Receiving Station Power Systems

Le Zhang

Guangdong Da peng Liquefied Natural Gas Co. Ltd.

[Abstract] This paper conducts a detailed study on the coordinated strategies for protection of bus tie switches and low voltage protection of load motors in LNG (liquefied natural gas) receiving station power systems. It thoroughly analyzes the potential risks associated with the lack of coordination between the automatic transfer protection of bus tie switches and the low voltage protection settings of motors. Based on this analysis, an effective coordinated protection strategy is proposed to enhance the receiving station's power system resilience against anomalies in external power supply quality. This work provides a theoretical foundation and practical guidance for ensuring stable gas supply from LNG receiving stations and the reliability of power systems.

[Key words] LNG receiving station; bus tie switch; automatic transfer protection; low voltage protection; coordinated strategy

引言

随着全球能源结构的转型,液化天然气(LNG)作为清洁高效的能源载体,其重要性日益凸显。LNG接收站作为供应链的终端环节,承担着将液化天然气转换为气态并输送至下游用户的重任。然而,LNG接收站电力系统的电能质量异常影响液化天然气接收站的气化生产线上的重要电机类负载的供电,造成工艺系统参数波动(如系统压力、液位等参数),SIS系统(安全仪表系统)产生连锁报警从而被动关停全部生产线,尤其是母线联络开关备自投保护机制与电机低电压保护之间的不协调,极易导致全站生产线的非计划停运。本文旨在探索母线联络开关备自投保护设置与负载电机低电压保护两者间的协同保护策略,以期提高系统整体的供电可靠性。

1 LNG接收站电力系统现状分析

国家规范“供配电系统设计规范”GB50022-2009作了如下规定:电力负荷应根据对供电可靠性的要求以及中断供电对人

身安全、经济上所造成的损失影响程度进行分级,一般分为一级负荷、二级负荷和三级负荷;接收站作为LNG供应链的终端环节,其稳定运行是保证下游工业、商业及民用天然气用户稳定供气的基础,直接关系到国家能源供应的安全性和可靠性,任何中断都可能导致工业生产停顿、商业运营受影响以及民众生活不便,进而引发经济损失,因此,LNG接收站的生产线负荷属于一级负荷,具体到LNG接收站电力系统设计实践中,遵循此标准要求,采用的是双重电源架构,即两路独立的供电线路配置,以满足一级负荷需求。采用这样设计的初衷是强化系统的供电的可靠性,确保在单一电源异常或故障情况下,另一路电源能够无缝切换,确保下游负载的供电安全,维持运行无中断,保证生产线运行的连续性。双电源设计可实现一用一备或同时均分负荷,各电源独自供给下游负荷,或共同分担负荷,确保供电的连续性。

按照上述双电源设计,在出现单回路电源质量异常事件时,

母线联络开关应该进行切换,保证下游负载的供电安全。但实践过程中,比如针对外电源短时电压暂降,由于母线联络开关备自投机制依赖于母线电压信号的监测,其动作延时和等待主电源跳闸的设定导致切换时间长达数秒,而下游关键电机类负载将低电压保护动作实践设置为0.5S,由于母线联络开关切换时间与电机低电压保护动作时间DE不匹配,易导致电机低电压保护动作跳闸,特别是低压泵、高压泵和海水泵等关键设备的随机跳停,进而破坏工艺系统物料平衡和海水循环平衡,引发全生产线停摆^[1]。

2 LNG接收站电力系统保护不协同在电能质量异常下引发产线全停原因分析

假设出现一路外电源电能质量异常工况如电压暂降(电压暂降影响的电压幅值为0p.u.~0.9p.u.影响的持续时间为10ms~1min),按照双电源设计,母线联络开关应该动作,切换至另一路电源供电。可是母线联络开关备自投通过检测主母线的电压信号作为判定依据,从探测失电到备用电源投入需要时间,同时还需要设置延时(等待进线开关跳闸),就导致母联开关动作时间达到数秒。而LNG接收站主要负载的为低压泵,高压泵和海水泵为主的电机类负载,主要设置了低电压保护(0.7U,0.5S),即电压降落达到70%的额定电压到0.5秒,电机就自动跳闸,由于三级母线联络开关的切换时间设置为0.9、1.2、1.5S,因此低压泵,高压泵和海水泵就会因为低电压保护动作随机(由于继电器和保护装置检测精度等系统原因)跳停。

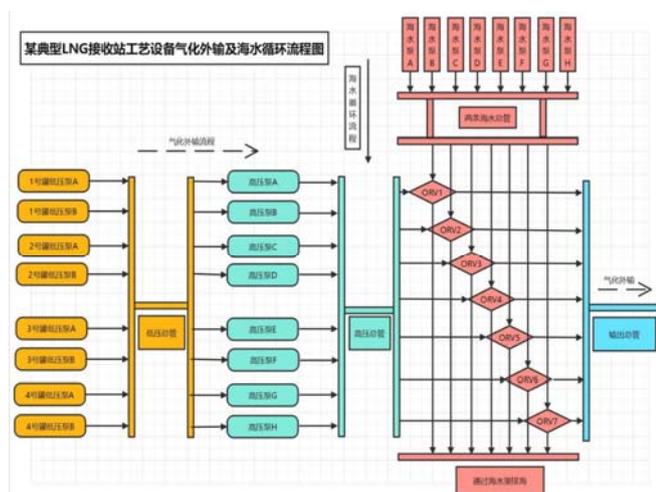


图1 典型LNG接收站工艺系统流程图

上图是一个典型的LNG工艺系统生产线流程简图,其中LNG经过各个储罐内低压泵的抽取,进入低压总管,后经过高压泵加压后进入高压总管,然后进入ORV完成气化过程。整个过程中涉及两个动态平衡,一个是气化过程进出高压总管和低压总管的LNG要实现物料平衡,否则就引起工艺波动,造成相关连锁跳停;一个是提供海水流量的海水泵与运行的ORV之间要完成海水循环,若海水泵提供的海水不满足ORV运行所需的最低海水流量,会造成ORV海水流量低报警,造成产线全停。上面的简图系统的展示了典型的LNG接收站工艺系统的两个循环

流程。根据以上分析,在LNG再气化的工艺流程中,维持进出物料的平衡以及保证ORV的海水水位是工艺系统持续稳定运行的充分必要条件。

高压泵和低压泵随机跳闸停机分为三种情况,如果高压泵和低压泵同时跳闸停运,保证工艺系统内高压泵和低压泵运行台数满足进出流量要求,则不会打破工艺系统的物料平衡,只影响设备关断的那条生产线的运行,其余生产线正常工作;但是如果高压泵和低压泵随机停运,使工艺系统内高压泵和低压泵运行台数不一致,进而打破工艺系统进出物料的平衡,会引发工艺系统启动连锁保护,所有产线均会跳闸停运^[2]。

海水泵跳停后,如果剩余运行的海水泵供应的海水量满足在运的ORV所需的最低海水流量,则不影响系统的在气化过程,如果海水泵跳闸停运台数较多,在运的海水泵供应的海水量不满足在运ORV所需要的最低海水流量,引发ORV海水水位低报警,连锁保护动作,造成所有生产线跳闸停运。

综合上面分析,电力系统电能质量异常造成生产线全停的原因逐层分解如下:

(1) 各级母线联络开关备自投的动作以检测母线电压信号为判断依据且需要设置动作延时,造成母线联络开关切换时间过长,双电源切换不及时。

(2) 负载电机低电压保护设置时间与母线联络开关保护动作时间难以匹配,造成电机低电压保护随机动作跳闸停运。

(3) 高压泵、低压泵和海水泵随机跳闸停运,破坏工艺系统的物料平衡或者海水循环系统的循环,造成生产线全停。

3 LNG接收站电力系统母线联络开关保护与负载电机低电压保护的协同策略

备用电源投入装置低压动作值按规程整定为0.3倍母线电压,动作时间需要与线路电源侧母线进线短路保护的开关跳闸动作时间配合,并大一个0.5~0.78S,由于线路的母线进线带延时速断保护动作时间为0.6S,因此备用电源的投入装置动作时限设置为两者之和1.38S;在电机低电压保护设置方面,考虑到电机负载较多,若同时自启动会导致母线电压暂降且产生很大的启动电流,因此把全部高压电机低电压保护动作时限设定为0.5S,动作值为0.7U,从而导致母线联络开关备自投的保护设置与下游负载电机低电压保护的设置不匹配,易导致电机负载随机跳闸。

针对上述问题,首先解决母线联络开关备用电源自动投入装置保护时间设置较长的问题,将母联备自投的保护升级为快速切换开关,减少母线联络开关动作的延时,以下表格是升级为快切开关之后调试阶段的快速切换处于不同切换模式下的切换时间及母线失电时间,实践表明,快速切换开关明显降低双电源切换时间,大大缩短在电源出现电能质量异常事件造成母线联络开关自动切换过程中出现的母线电压暂降的时间,在快速切换开关的快速切换模式及实时快速切换模式,母线电压暂降的时间均在0.5S以内,下游负载的低电压保护均不会动作,可以实现不影响下游关键电机类负载供电的双电源切换^[3]。

表1 调试阶段快速切换开关切换模式对应的开关切换时间表

快速开关切换模式	母线联络开关切换时间	装置检测母线电压暂降时间
快速切换模式	98ms	102ms
实时快速切换模式	269ms	200ms
残压切换模式	823ms	931ms

针对快速切换开关处于残压切换模式等需要长时间反应的情况,采取优化电机低电压保护设置,使用电压降落与时间配合的策略,将电机类负载按照一类、二类、三类负载进行划分,针对不同类型的电机负载,设置不同的低电压保护动作值和延时时间,(见下表二)使快速切换开关的保护时间与电机低电压保护动作定值尽量匹配。

表2 电机低电压保护设置优化策略

方案	动作阈值	动作时间
原方案	0.7U(电压降至额定电压的70%)	0.5S
调整后方案:		
初级保护(三类)	0.8U(电压降至额定电压的80%)	不动作,仅发出低电压报警
中级保护(二类)	0.7U(电压降至额定电压的70%)	2S
高级保护(一类)	0.6U(电压降至额定电压的60%)	0.5S

经过上述调整,完全解决了电压降幅在30%以内的电压暂降造成电机调相机跳停而造成LNG接收站全线停输的问题,同时该协同保护策略在系统电压降幅超过30%的情况下,对重要的一类负载又进行了系统的保护措施,确保了设备本身的运营安全。

4 总结

综上所述,LNG接收站电力系统中母线联络开关与电机低电压保护的协同策略优化是保障稳定供气的关键。通过母线联络开关升级为快速切换开关降低双电源切换时间、优化电机低电压保护设置,提升了保护设施的协同,显著增强了系统对电能质量异常工况的抵御能力,降低了生产线全停风险,确保了LNG接收站的可靠运行,对国家能源供应安全具有深远意义。未来研究可进一步探索智能预测与控制技术在电力系统中的应用,进一步提升系统的自动化水平与抗扰动能力。

[参考文献]

[1]GB50022-2009.供配电系统设计规范[S].国家标准化管理委员会,2009.

[2]刘明.王强.双重电源系统中母线联络开关快速切换技术的研究[J].电网技术,2022,46(5):12-13.

[3]李华.陈刚.面向LNG接收站的电力系统低电压穿越技术综述[J].电气技术2023,24(1):22-24.

作者简介:

张乐(1992—),男,汉族,湖北省孝感市人,本科,工程师,研究方向:电力行业设备设施管理体系及策略。