

原油管道工程高压电机二次控制设计探讨

刘庆红^{1*}, 李萌², 李知韦², 梁新兰¹

(1. 中国石油天然气管道工程有限公司天津滨海分公司, 天津 300457;
2. 中国石油管道公司(管道销售公司), 河北 廊坊 065000)

摘要:根据工程设计实例,分别对原油管道工程设计中高压电机采用不同起动方式的二次控制回路进行阐述,结合站控自动化系统,并针对生产实际操作需要,对电机二次控制回路设计进行分析总结,探讨高压电机二次控制优化设计方案。

关键词:高压电机;二次控制;站控DCS;三地控制;转换开关

中图分类号:TE08

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2016)07-0211-05

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.07.053

Secondary control circuit design for high voltage motor in crude oil pipeline project

LIU Qing-hong^{1*}, LI Meng², LI Zhi-wei², LIANG Xin-lan¹

(1. China Petroleum Pipeline Bureau Tianjin Design Institute, Tianjin 300457, China;
2. Petrochina Pipeline Company (Pipeline Marketing Company), Langfang 065000, China)

Abstract: Base on a project of engineering design, the secondary control circuit design for high voltage motor with different starting methods in crude oil pipeline engineering is discussed respectively. Combined with automatic station control system, the secondary circuit design of the motor is analyzed and summarized according to the practical needs of production, and an optimal design scheme is also discussed in this paper.

Key words: high voltage motor; secondary control circuit; station control DCS; three ground control circuit; transfer switch

随着我国经济的高速发展,京、津、冀环渤海湾经济圈发展战略的实施,对能源的需求不断增加,为了保证区域油源稳定,满足扩建需求,发展管道运输具有高效率、低成本优势。近年来油气管道区域性网络建设突飞猛进,管道运输的安全、控制运行也尤为重要。原油管道工程需要设置首、末站、阀室及中间热泵站等工艺站场,输油泵(电机)配电设备是各站场生产运行的重要设备,根据运行管理需求,其配电操作控制类型较多,本文中系统分析和总结了高压电机二次控制设计的方法,探讨并提出了高压电机直接起动、软起动及变频器起动等方式下的二次控制设计、管理运行、站控自动化系统相配合的优化设计方案。

1 工程实例设计概述

为配合中石油华北石化公司的原油加工能力扩建需要,新建管道将天津港接收船运来的原油输送至华北石化公司,以下简称“津华线”,全线设汇鑫油库首站、青县中间泵站和任丘合建站3座工艺站场以及8座阀室。青县中间泵站与任丘合建站内输油泵均采用高压电机,站用电负荷等级为一级,配置

自动化程度较高的电气、仪表自动化系统,电气采用微机二次保护装置及综合自动化系统;仪表采用SCADA控制系统,负责完成生产过程的数据采集、监视、各种流程的自动切换、输油设备联锁保护、紧急关断、原油计量、水击保护、界面跟踪、全站起停输、紧急停输控制及生产调度管理等任务^[1]。津华线高压电机起动类型主要包括电机直接起动、软起动器起动(1拖1)、变频器起动(1拖1,1拖3),需要不同类型的电机二次控制与站控仪表自动化系统间的配合设计,确保管道全线的安全可靠运行。

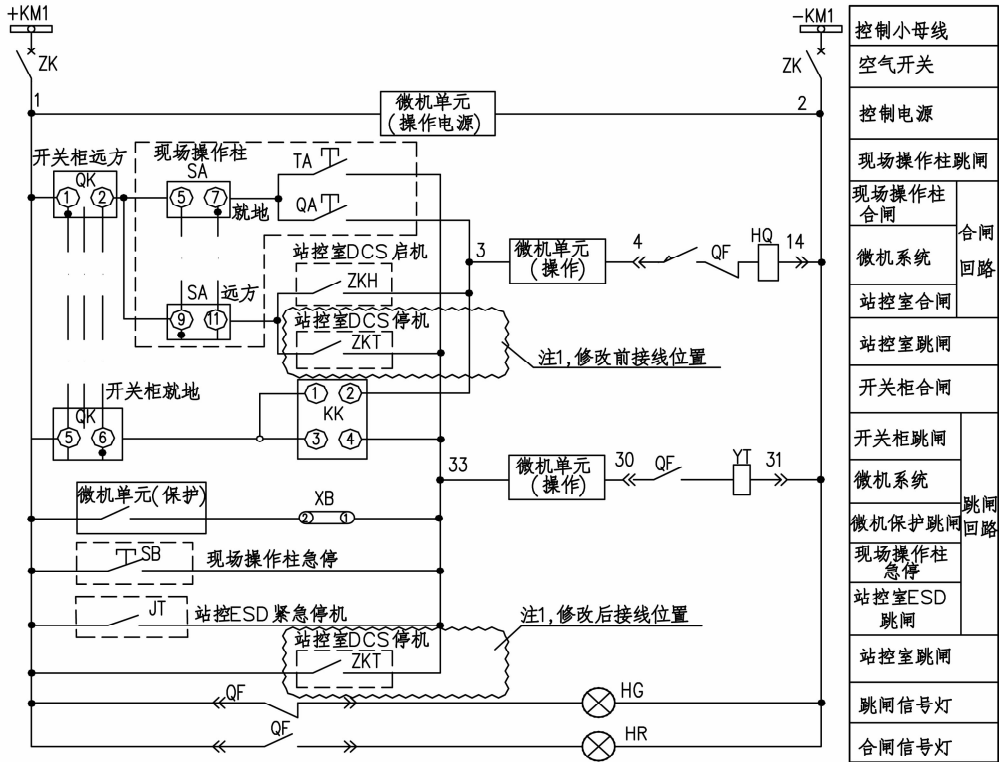
2 高压电机起动的二次控制

2.1 直接起动

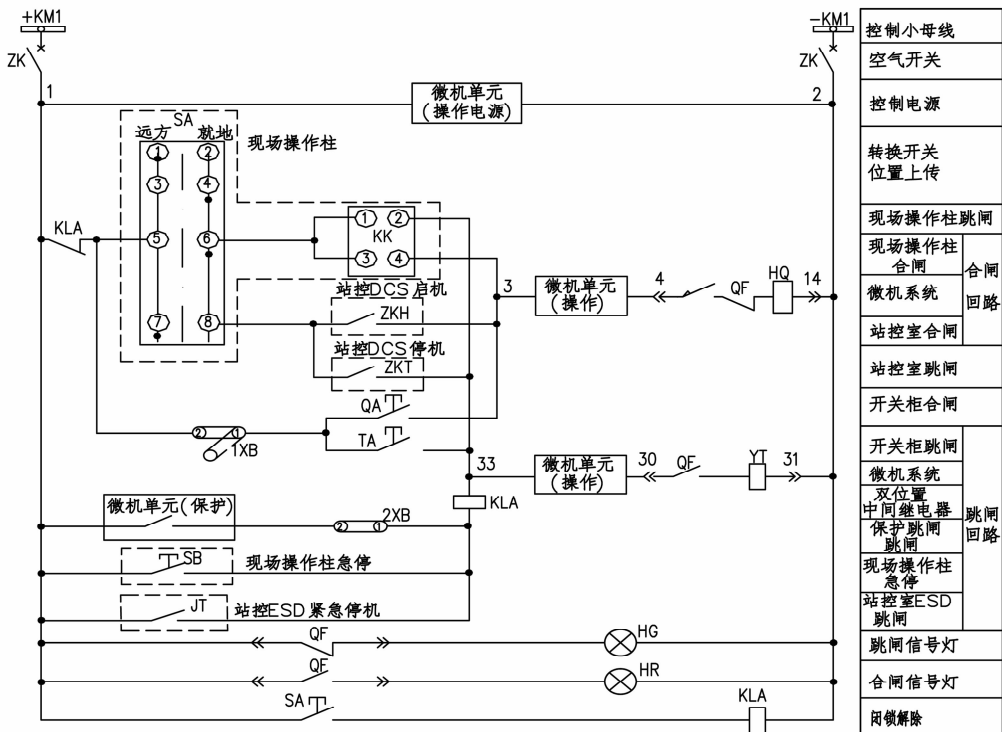
任丘合建站反输给油泵10 kV、250 kW及反输泵10 kV、450 kW采用直接起动方式,电机配电回路直接引自站10 kV高压配电室开关柜。电机起、停在开关柜上完成。二次控制回路具备三地控制功能,即配电室开关柜、现场操作柱及仪表站控系统(DCS)。在高压开关柜及现场操作柱上设置“就地/远控”转换开关,并将2组转换开关接点位置串联,转换设置顺序为“开关柜—现场—DCS”,正常状

态下,电机的启动优先级是“DCS—开关柜—现场”;
电机的停止优先级是“DCS—现场—开关柜”。故障
状态下现场设紧急停、DCS 设 ESD 故障停、开关柜

设保护停,这些操作在开关柜二次控制回路中均不
受转换开关的位置限制,可紧急停电机,防止事故发
生,详见图1。



(a)



(b)

图1 电机直接起动三地控制示意图

2.2 软起动器启动

任丘合建站反输给油泵 10 kV、750 kW 采用 1 拖 1 软起动方式。电机软起动器柜与高压开关柜布置在同一房间。高压开关柜安装二次保护测控装置,软起动器柜内设隔离开关及接触器。二次控制回路参见图 2^[2],高压开关柜仅作为软起动器柜的电源柜,在合闸回路串接软起动器柜合闸允许闭锁接点。正常状态下,电机的启动、停止都在软起动器

柜上完成,软起动器柜上配置 PLC,由软起动器柜、DCS、现场构成三地控制,电机的启动优先级是 DCS—开关柜及软起动器柜—现场;电机的停止优先级是 DCS—现场—开关柜及软起动器柜。故障状态下考虑紧急事故迅速断电要求,在开关柜二次回路中增加了 ESD 故障信号、现场操作柱紧急停信号直接跳断路器,同时将现场操作柱急停操作信号上传站控 DCS 系统,确保可靠及时断电,防止事故发生。

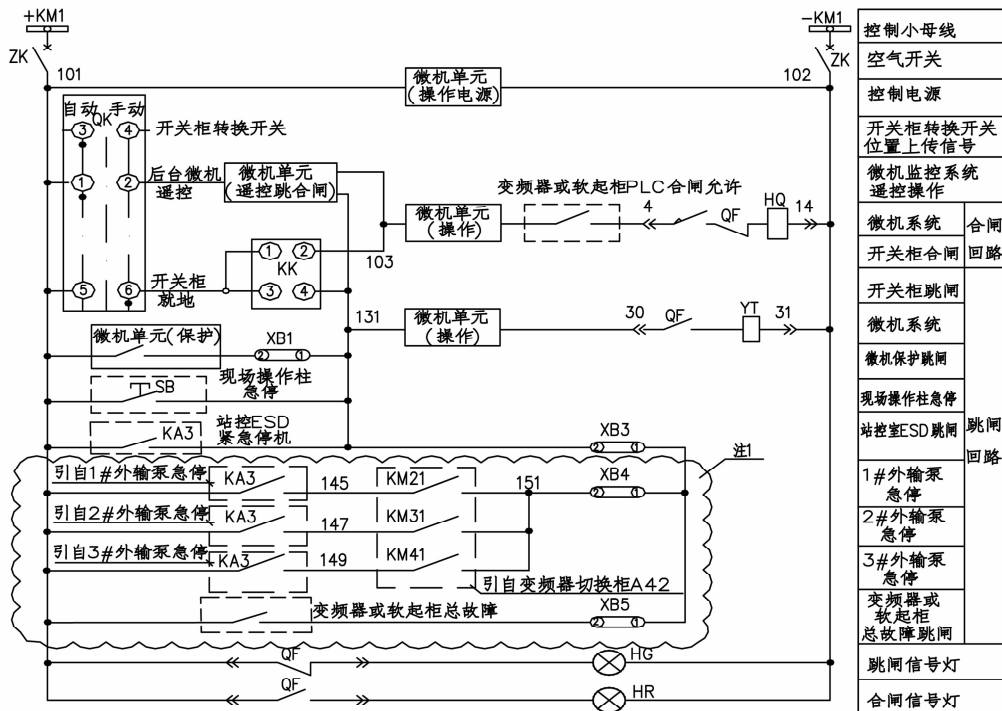


图2 电机变频器或软起动器三地控制示意图

2.3 变频器启动

青县中间泵站 3 台外输泵 10 kV、1 120 kW,采用 1 拖 3 变频启动方式。站内设有变频器室及高压配电室。设计方案是 1 拖 3 变频,当变频器故障时,且在上级电源系统容量满足启动条件下,允许单台电机直接启动。因此高压开关柜共设 4 条出线回路,分别带 3 路工频及 1 路变频,随时根据工况调整电机控制。

正常及故障状态下的三地控制均由上述软起动器控制,由变频器柜 PLC、DCS、现场构成三地控制。不同点紧急跳闸是有选择的,设计考虑了变频器回路 3 台电机操作控制,如图 2 云线框中的注 1 内容,设计中 1 拖 3 变频器二次控制回路采用硬接点控制闭锁,来自 3 台电机现场紧急跳闸需要与变频器切换柜接触器对应位置串联,确定是本台电机由变频器控制后,再跳变频器回路,这样可以避免误跳变频

器回路,另外由站控 ESD 发出的跳闸信号和变频器故障跳闸信号直接跳变频器断路器。为确保及时断电,站控系统若判断带变频运行的电机需要紧急断电时,同时发 2 个 ESD 信号,即跳变频器上级断路器,同时跳变频器主接触器。这样既满足了变频器远程跳闸逻辑判断输入(需要复归才能再次操作)又能及时断电。

3 高压电机二次控制与站控自动化控制系统配合

对工程自动化程度较高,软起动器及变频器柜都配置可编程控制器(PLC)场站,在二次控制方案中采用以带 PLC 设备为主,开关柜二次设备为辅的控制设计思路。将站控 DCS、现场、开关柜的所有相关信息传给软起动器及变频器柜 PLC,由 PLC 汇总输入信息,逻辑判断输出信息,对电机进行起、停控

制。必须考虑对 PLC 输入、输出信息的完整性,才能准确完成仪表自控与电气系统间的启、停逻辑控制。如站控紧急停车 ESD 动作信号具有最优先级,其安全级别高于其他任何命令。在紧急情况下,启动站控 ESD,能迅速有效地将工艺站场与站外管道隔断,防止事故扩大。无论是那种高压电机启动方式,电机二次控制回路的 ESD 动作信号、现场操作柱紧急跳闸都直接跳闸,不受任何操作转换开关的限制。二次控制设计采用了双重跳闸功能现场紧急操作指令直接跳开关柜断路器的同时,也上传给 DCS 系统,由 DCS 再给软起动器柜发跳闸指令,实现双重可靠停机操作。为了避免其他跳闸指令与 ESD 动作跳闸信号混肴,将高压开关柜电机二次控制相关开关操作位置、故障跳闸等遥信量及现场操作柱转换开关位置、急停等信息均上传站控系统。由站控结合高压开关柜、现场操作柱及工艺三者状态,最终发出跳合闸指令,每一个环节均需准确到位,如本工程 1 托 3 变频器单台电机控制接口信息表,详见表 1、表 2。

表 1 电气部分接口表

序号	数据状态	变量描述	端子编号	备注
信号走向:现场操作柱—电机变频 PLC 柜				
1	电源	指示灯供电电源	XD1-30,XD1-36	DC 220 V
2	开点	现场操作柱远程指示	XD4-1,XD4-30	操作柱转换开关
	开点	现场操作柱工频启动	XD4-1,XD4-32	操作柱按钮
	开点	现场操作柱工频停止	XD4-1,XD4-33	操作柱按钮
3	开点	现场机组工频运行	XD6-1,XD6-2	操作柱指示灯
	开点	现场机组变频运行	XD6-5,XD6-6	操作柱指示灯
4	开点	远程指示	XD4-43,XD4-44	远程反馈联锁
5	开点	机组变频运行(互锁)	XD7-18,XD7-19	急停互锁功能
6	模拟量	电机 A 相电流	XD3-1,XD3-2	电流表
信号走向:母线电容投切柜—电机变频 PLC 柜				
7	开点	母线电容投切合闸	XD4-49,XD4-50	电容投切控制
	开点	母线电容投切分闸	XD4-51,XD4-52	电容投切控制
信号走向:电机(工频及变频上级)高压开关柜—电机变频 PLC 柜				
8	开点	远程指示	XD5-43,XD5-44	工频远程反馈联锁
9	开点	允许合上级高开	XD4-69,XD4-70	变频上级合闸条件

表 2 仪表部分接口表

序号	数据状态	变量描述	端子编号	备注
信号走向:电机(工频及变频)变频 PLC 柜—仪表站控系统				
1	4 ~ 20 mA	频率反馈	XD3-57,XD3-58	信号上传
2	4 ~ 20 mA	频率给定	XD3-37,XD3-38	遥信信号上传
3	开点	变频就绪	XD4-71,XD4-72	遥信信号上传
	开点	变频报警	XD4-73,XD4-74	遥信信号上传
	开点	变频故障	XD4-75,XD4-76	遥信信号上传
	开点	机组工频运行	XD6-3,XD6-4	遥信信号上传
	开点	机组变频运行	XD6-7,XD6-8	遥信信号上传
4	开点	机组变频启动	XD5-3,XD5-26	遥信信号上传
	开点	机组并网启动	XD5-3,XD5-27	遥信信号上传
	开点	机组工频启动	XD5-3,XD5-28	遥信信号上传
	开点	机组停车	XD5-3,XD5-29	遥信信号上传
5	开点	变频器紧急停控制	X2-8,X2-9	ESD 跳变频器
6		modbus 通讯	XD6-29,XD6-30	
信号走向:仪表站控系统—电机(工频及变频上级)高压开关柜				
7	开点	外输泵紧急停控制	D-6,D-28	ESD 跳开关柜

4 高压电机二次控制优化设计方案

高压电机二次控制回路的转换开关和 DCS 跳合闸接点采用不同的设计方案。目前输油管道板块采用的几种接线方式如图 1、图 2。

图 1(a)接线,用于单台直接起动电机二次控制回路,三地控制,开关柜和操作柱上均设有转换开关,将两者的位置接点进行串联,当开关柜设定远方操作时,现场操作柱也设定远方,这时站控 DCS 根据工艺情况发出跳合闸指令,才能在开关柜上完成电机的正常起、停。当故障时,故障接点可直接跳闸。当现场操作柱设为就地操作,根据运行管理方运行习惯,一般是设备检修,若发生就地误合闸操作,此时工艺流程又不具备合闸条件,站控将无法正常停机,只能通过 ESD 紧急停,会造成事故停信息,给工艺系统恢复带来不便。因此设计在此基础上做了接线改动,如图 1(a)云线框中的注 1 部分。DCS 合闸回路保留,仅将站控 DCS 正常停机指令改接到直接跳闸接线回路。这样既不影响设备检修时远方 DCS 误合闸造成的就地人身安全事故,又能避免不必要执行的 ESD 紧急停机,满足了运行管理方的特殊要求。

图1(b)接线,也用于单台直接起动电机二次控制回路,三地控制,与图1(a)接线基本相同,取消了开关柜上的转换开关,在现场操作柱上设置1组转换开关,并将转换开位置信息上传DCS系统及开关柜综自系统,开关柜上跳合闸操作回路设置硬压板连接片(1XB),控制回路增加双位置继电器KAL,靠继电器机械闭锁控制操作回路。

图2接线,用于电机带变频器或软起动器起动的三地控制,高压开关柜仅作为变频器或软起动器柜的电源柜,电机操作均在变频器或软起动器柜上完成。开关柜接线回路仅设置开关柜本地操作,合闸回路增加下级变频器或软起动器柜合闸允许闭锁接点。

结合上述3种接线方式,探讨设计优化方案,图1(a)操作直观、灵活、方便,转换开关串接,分级操作可以有效避免误操作。图1(b)虽然减少了1组转换开关,只在现场操作柱一处进行设置转换,简化了接线,但开关柜采用简易硬压板连接片设置,操作不灵活,而且存在误操作隐患,如现场进行检修时,开关柜若硬压板连接片合位,这时合闸误操作,会对现场检修人员造成人身安全事故。从接线图上无法避免误操作,只能从运行管理上严格控制。

针对南方电网董菁电厂现场一起就地合闸事故的发生案例^[3],应从设计接线回路上避免误操作,对此南方电网调度也相应发布设计及运行要求反措规定,即保护和监控系统分、合闸回路部分或全部未经“远方/就地”切换开关控制的断路器,在断路器检修且本体有人工作时,严禁进行保护带断路器传动试验和远方分、合闸操作^[4]。另外图1(b)操作回路增加外置双位置继电器,闭锁点串接在跳合闸回路,继电器故障会影响正常操作,增加故障隐患点。因此两者对比,虽然图1(a)在配电室开关柜与现场操作柱2处设置转换开关,需要增加连线,但这种接线,分级操作可以有效避免误操作,便于生产运行管理。对于工程中直接起动的高压电机建议采用图1(a)设计方案。

在电机带变频器或软起动器时,若选用图1接线方案,需要设置四地控制,即开关柜、变频器或软

起动器柜、现场操作柱、站控DCS,接线点多,事故点也多,实际操作不灵活。本工程采用图2接线方案,还是实现三地控制,高压开关柜仅作为变频器或软起动器柜的电源柜,电机操作均在变频器或软起动器柜上完成。开关柜接线回路仅设置开关柜本地操作,合闸回路增加下级变频器或软起动器柜合闸允许闭锁接点。变频器或软起动器柜均带有PLC,能综合四地控制信息,统一发跳合闸指令,能有效避免人为误操作,还能将各种故障信息上传站控DCS系统,操作灵活,接线方案安全可靠,满足运行管理要求。

5 结语

输油泵高压电机二次控制对输油管道的安全操作运行至关重要,需要根据实际工程设计进行合理配置,对于自动化程度较高场站,通过设备PLC编程设计完成操作指令,不需要多个接点串联控制,能有效避免误操作。对于自动化程度较低场站,从具体设计接线方案上闭锁误操作,尽量简化冗余回路。分析总结优化的高压电机二次控制接线设计方案已在实际工程中得到应用,便于生产运行管理,安全可靠,也为解决同类问题提供新思路,供设计人员共同探讨。任何设计方案均需要有实际运行管理的有力保障,二者缺一不可,能完美结合,才能体现好的设计方案。

参考文献

- [1] 檀伟. 天津港华北石化原油管道工程安全设施设计专篇[Z]. 天津:中石油管道工程有限公司天津滨海分公司工程出版设计文件,2015.
- [2] 陈宁. 天津港华北石化原油管道工程电气设计施工图[Z]. 天津:中石油管道工程有限公司天津滨海分公司工程出版设计文件,2015.
- [3] 江敬周,廖海亮. 关于断路器“远方/就地”切换控制回路设计的探讨[J]. 广西电业,2011,(8):82-83.
- [4] 中国南方电网有限责任公司文件,关于规范断路器“远方/就地”切换控制回路设计及运行要求的通知(南方电网调201016号)[Z/OL]. 2010. <http://www.doc88.com/p-0052688443323.html>. ■