# 一种电动机再起动方法在海外某炼油项目的应用

炼油行业对电动机的连续性运行要求很高，在短暂的失电情况下要求电动机能够自动再起动，不能发生大面积接触器掉电脱扣现象。以某海外炼油EPCC项目为案例，分析了当地电压波动的主要原因，并根据中国国内对再起动技术应用经验，同时全面细化了解外方业主的使用要求和当地电力设备器件的使用情况，设计了通过采用专用再起动继电器实现再起动的方案。此方案工作原理简单、接线简单、使用寿命长及动作可靠性高，满足了项目要求。

郭　鑫/华陆工程科技有限责任公司（化工部第六设计院）
庄　园/国网陕西省电力公司培训中心

郭　鑫/工程师

关键词/Keywords
炼油厂·
抗晃电·
再起动·

## 0　引言

在国家“一带一路”战略的指引下，国内各行业均发挥各自优势向“一带一路”沿线国家寻找新的市场，作为石化行业工程公司应当在海外石化项目建设市场寻找突破点。本文介绍了在某海外EPCC炼油项目中，低压电动机再起动方法的应用。本项目是在原有炼厂中升级改造，由于原有炼厂也是分批次建设，建设年代久远，很多超过30年，整个工厂的电源情况不乐观。电源主要来自厂内的自备柴油发电站，外部市政电网容量非常有限且不稳定，仅能够提供少量非连续生产装置和自备电站起动电源使用。厂内电网基本上是孤网运行，自备电站由于容量较小且机组老旧，电源波动较为频繁。外方业主ITB技术文件中也明确提出因电源瞬时性故障引起的电动机非正常停机，确保电源恢复后，电动机应该具备再起动功能，从而保障生产工艺的连续性。

## 1　电源波动情况分析

### 1.1　电源晃电失电压

这类故障主要以相邻线路故障引起的瞬时失电压，或厂内大功率电动机起停引起电网晃动。厂内中压供电线路敷设路径复杂，且很多已有线路敷设时间过长，老化严重。这样，当中压电网相邻线路故障时，无可避免地引起瞬时失电压即晃电现象。失电压时间取决于相邻线路故障切除时间。对于中压线路短路故障的最短切除时间就是互感器退出饱和时间加断路器固有分断时间，约在500 ms以内，也有保护来不及动作的电压闪降，其时间更短。厂内一些6 kV大功率电动机起停时，也经常会引起电压晃动闪变，其时间也在500 ms以内。而普通交流接触器电保持条件为电压不小于45%，或失电压时间不大于60 ms。因此发生晃电情况，接触器几乎全部脱扣。在失电压500 ms以内，电动机转速衰减较小，在此时间内电动机再起动对电网冲击较小。

### 1.2　电源短时失电压

这类故障主要以线路重合闸，或电源备用电源自动投入装置（以下简称备自投）动作时引起的电源短时失电压。失电压时间为重合闸或备自投动作时间，一般大于1 s。由于失电压时间较长，电动机转速衰减较大，此时全部电动机再起动其冲击电流对电源造成较大冲击。针对此类失电压，对电动机进行成组分批次再起动，多台电动机为一组，组与组保持时差，形

成批次再起动，避免起动电流过大。

### 1.3 电源长期失电压

电源电压失电压时间超过12 s以上，在这种情况下认为是故障停电。除了由事故柴油发电机供电的电动机以外，其他正常段电动机将全部停机。事故段电动机，在事故柴油发电机电源切换成功后，应分批次自动再起动。

## 2 再起动方法应用

### 2.1 国内项目中再起动方式

（1）专用的再起动柜

柜内配置可编程序逻辑控制器（PLC），利用PLC编程可以较好地实现识别和再起动功能，根据所要求控制回路数的多少，来选择多台或一台不同点数的PLC配置。在PLC内部编辑逻辑，在电源恢复后输出接触器合闸命令，使接触器来电后再次吸合。将PLC安装于配电室内作为集中控制，同时PLC由不间断电源系统（UPS）供电，保证PLC的工作不受停电影响。再起动柜的方法硬件成本高，接线过于复杂，控制过于集中，一旦PLC故障，所有电动机再起动功能都将失败。

（2）低压电动机微机综合保护装置实现再起动

国内炼厂已经基本普及使用低压电动机微机保护器，用以替代热继电器，且此类微机保护装置功能强大，大部分国内供货商产品均具备过载保护、断相保护、堵转保护、过（欠）电压保护、接地保护和再起动功能等，且可根据业主不同要求增加功能。其外部接线简单，只需将再起动输出常开触点并到电动机控制回路中接触器常开触点的保持回路即可。低压综合保护内部可设置晃电立即再起动和延时再起动。当电源恢复到电压定值时，如果在晃电立即再起动限定时间内，则综合保护再起动输出常开触点闭合；如果超过晃电立即再起动限定时间，则在延时再起动时间后，再次判断电压大于设定的恢复电压后，综合保护再起动输出常开触点闭合。此方法接线简单，不需要增加其他一次设备，逻辑简单可靠。近年来随着国内计算机和电子技术的发展，低压电动机综合保护器的价格已经非常经济，已大量使用在国内石化行业。

### 2.2 本次项目应用情况

在外方业主ITB技术文件中，要求低压电动机的热过载保护采用热继电器，再起动功能应由一个专用继电器设备实现，且此继电器是插座式继电器，分为继电器本体和插座。在所有低压电动机MCC抽屉中均应安装插座，在连续运转的低压电动机抽屉中安装继电器本体；项目开车后根据需要再选择相关间歇性电动机安装继电器本体。

在项目设计开始初期，就以上问题与外方业主充分讨论多次，我方建议所有低压电动机均采用低压电动机微机综合保护器，来代替热继电器。这样既具备热过载保护功能，以及其他堵转保护、过（欠）电压保护和接地保护等功能，同时也可以实现再起动功能。接线简单，低压柜抽屉中设备元件较少，便于抽屉内通风散热，低压电动机微机综合保护同时预留通信接口，方便所有低压电动机的电气信息上传至后台监控系统，便于全厂低压电动机统一监控管理。

业主有以下观点：

1）ITB文件中要求使用热继电器，ITB文件为意大利知名工程公司编制，代表了国际主流的低压电动机热过载保护方式，除非确实无法实现，应当按照ITB文件执行，ITB文件是双方合同的基础。

2）在其本国项目中从来没有使用过低压电动机微机综合保护，对此产品的可靠性、功能性存在质疑，且本国市场上并没有类似产品，本国没有售后服务。今后设备故障损坏，检修和更换工作非常麻烦，如果从中国进口，采购流程复杂，进出口手续复杂，耽误时间。

3）热继电器简单、可靠，便于更换，且更为经济。

#### 2.2.1 再起动系统构成

根据外方业主的要求，并结合当地的情况，低压MCC抽屉中主要元器件为断路器、接触器和热继电器等，同时选择一种插座式再起动继电器。

再起动继电器外形图如图1所示。

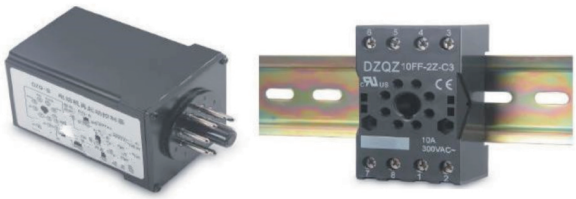


图1 再起动继电器外形

一套再起动器由插座和继电器本体组成，插座接口和继电器本体都是标准化产品。按照业主要求，在所有电动机MCC抽屉中均安装插座，所有连续运行的电动机同时安装继电器本体。同时给业主提供低压电动机总数量的20%继电器本体，作为备用。一方面，为实现开车后业主增加非连续运行电动机再起动功能；另一方面，作为备品备件满足今后检修更换的要求。

2.2.2 再起动系统工作原理

再起动继电器具有辅助保持和来电重合闸双时段控制特性，辅助保持时段（$T_c$=500 ms）内为被控接触器晃电跳停后瞬间闭锁其运行指令，来电后接触器立即闭合。若辅助保持段内电源没有恢复，则运行闭锁指令接触，进入来电重合闸控制时段，当来电（设置允许失电压范围内，本项目设置为12 s）达到继电器设置的重合闸允许电压阈值时，则通过延时元件发出重合闸指令。双时段控制能够区分处理晃电失电压（500 ms内）和短时失电压（12 s内）。电动机再起动时，特别对于小于500 ms内失电压故障，电动机转速衰减较小，电动机允许来电即合而不会对电网造成冲击，从而极大减轻了晃电对连续生产带来的扰动影响。

电动机主回路如图2所示。控制回路如图3所示。DZQ为再起动继电器，其出口继电器状态为组合输出。晃电发生时，接触器KM释放脱扣，DZQ继电器6、8触点瞬间闭合，且保持时间为500 ms，在500 ms以内电源恢复接触器立即闭合。

对于正常段所带电动机，若超过500 ms电源没有恢复，则DZQ继电器6、8触点打开，进入来电重合闸控制时段。当来电（设置允许失电压范围内，本项目设置为12 s）达到继电器设置的重合闸允许电压阈值时，则通过延时元件分时段发出重合闸指令（闭合DZQ继电器6、8触点）。停电超过12 s，则认为是外部电源故障，DZQ继电器停止工作。

对于事故段所带电动机，若超过500 ms电源没有恢复，则DZQ继电器6、8触点打开，进入来电重合闸控制时段，考虑到柴油发电机起动时间（15 s）和电源转换开关动作时间，当20 s内来电（设置允许失电压范围内，本项目设置为20 s）达到继电器设置的重合闸允许电压阈值时，则通过延时元件分时段发出重合闸指令（闭合DZQ继电器6、8触点）。停电超过20 s，则认为是外部电源故障且柴油发电机转换故障，DZQ继电器停止工作。

由于炼油工艺要求，现场都存在A、B泵相互备用的问题，离散控制系统（DCS）通过接触器辅助触点判断电动机状态。一旦因晃电停机并在允许时间内，DCS会起动备用泵，而电网恢复正常后，再起动控制器又会将晃停的电动机再起动起来，导致双泵同时运行。为解决上述问题，DZQ继电器提供一对状态信号触点，用于在线闭锁接触器KM的状态信号，DZQ继电器5、7触点作为DCS的状态信号。正常电压下该状态信号与接触器常开触点状态相同，发生失电且停机后，在允许再起动时间内5、7触点仍然闭合，直到允许时间超过后，该触点释放，DCS检测到释放信号后起动备机。

2.2.3 再起动继电器储能元件

低压柜内没有给再起动继电器提供专用电源，而是和控制回路共用电源。当再起动继电器和电动机同时失电压时，为了保证再起动功能的执行，国内市场有安装内部电池为继电器供电的产品。由于内部电池一般寿命1～2年，需要定期更换，后期使用麻烦。

本项目选用的DZQ继电器内部配置超级电容，在失电时仍然可以准确累计失电压时间，不必为继电器考虑专用电源。超级电容与电池相比，突出优点是功率密度高、充放电时间短以及工作温度范围宽，特别是具有超长寿命，可以充

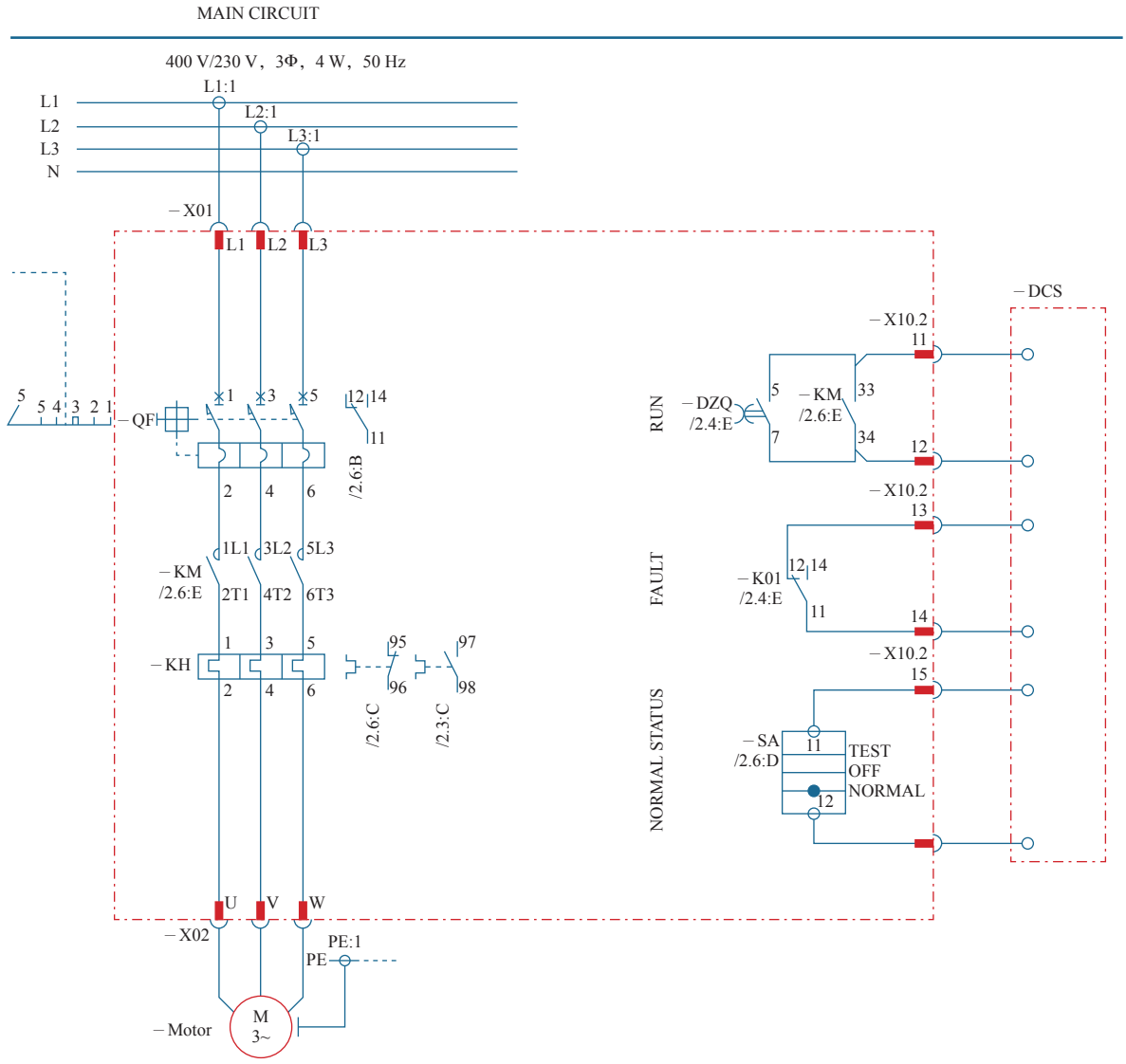


图2 电动机主回路

放电大于50万次。如果超级电容每天充放电20次，可连续使用达68年，且免维护。

在现场实测结果，DZQ继电器内部电容可以提供30 s等待时间，失电压超过30 s，电容放电结束。而本项目设置允许失电压再起动最长时间为20 s，因此完全满足项目的需要。

## 3 结束语

炼油行业对工艺连续生产的要求很高，要保证电源可靠性以及在晃电和短时失电压后，电动机要具备再起动功能。本文通过分析其海外炼油项目，根据外方业主对电动机再起动的要求，以及保证元器件尽可能简单和检修更换方便的原则，设计了一套方案，在发生晃电和短时失电压故障后，电动机能够自动再起动。通过在现场实际检验测试，满足业主的要求，为炼油厂可靠稳定运行提供了有力保障。同时，积极响应了国家“一带一路”战略，在海外市场积极探索，积累了海外炼油行业电气设计应用的经验，为国内同行更好地走出去提供借鉴。

### 参考文献

[1] 石勇，魏威，侯伟，等．一种电动机再起动方法在石化企业的应用 [J]．电气应用，2016，35 (10)：58-61．

[2] 王茂君．用PLC实现电动机分批在起动和自动切

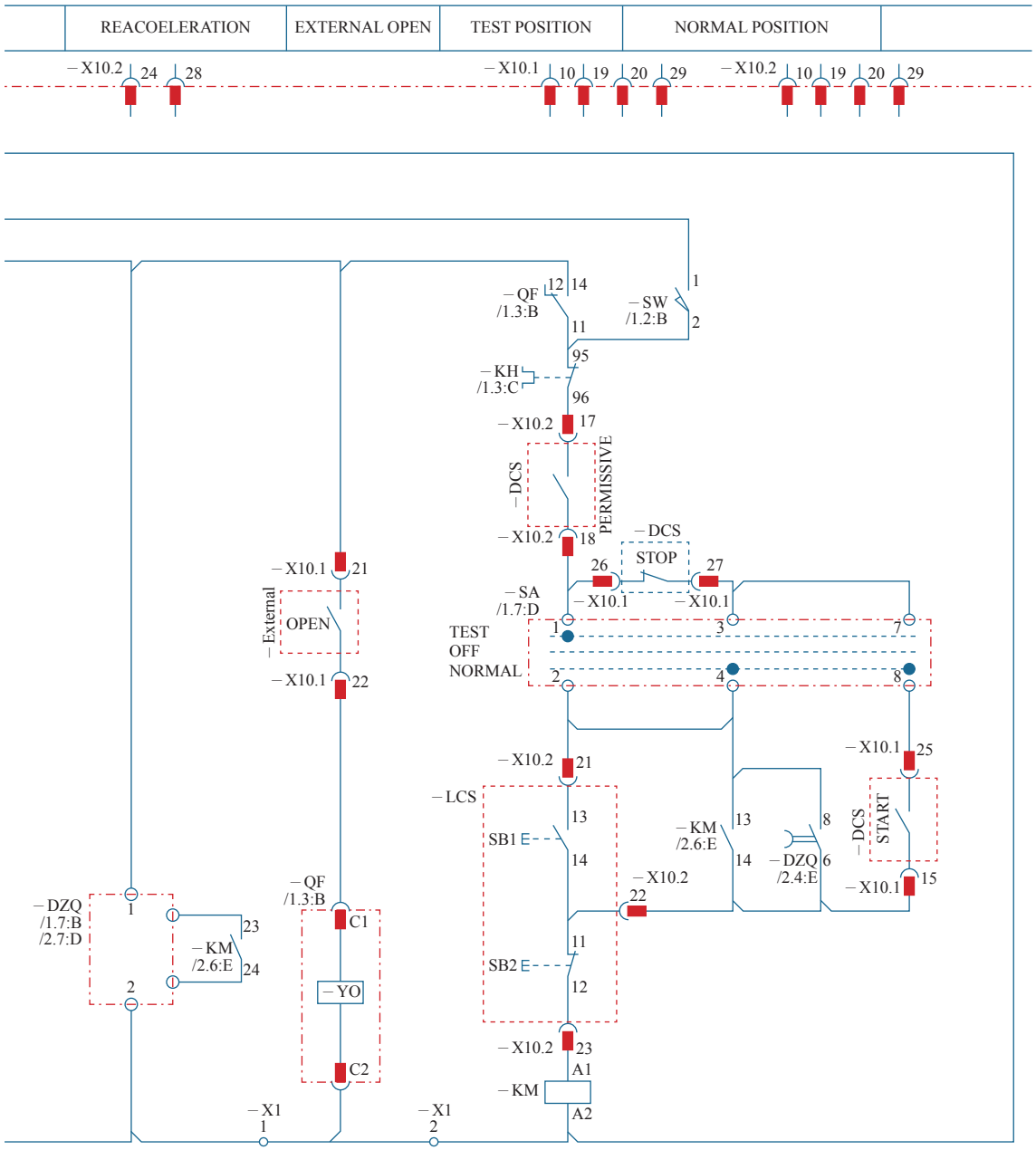


图3 电动机控制回路

换 [J]. 石油化工自动化，2007 (4)：40-42.

[3] 吴化龙. 新建炼化企业抗“晃电”解决方案的研究 [J]. 电气应用，2017，35 (5)：86-89.

[4] 孙伟森. 石油化工装置抗晃电措施的探讨 [J]. 电工技术杂志，2003 (9)：82-85.

[5] 王蛇良. 防晃电技术在化工生产中的应用 [J]. 电工技术，2006 (11)：73.

[6] 工业与民用配电设计手册 [M]. 北京：中国电力出版社，2016.

[7] 陈培国. 低压电动机保护器的现状及完善 [J]. 低压电器，2011，33 (2)：1-5.

[8] 刘龙舞. “晃电”再启动技术在石油化工企业中的运用 [J]. 低压电器，2011，33 (6)：33-36.

[9] 李闻芝. “一带一路”：石化产业升级新机遇 [J]. 中国石油化工，2015 (3)：10-13.

（收稿日期：2017－07－26）EA