

石化项目电动机防晃电措施的研究

何 颖

(中国石化工程建设有限公司, 北京 100101)

摘要: 简要介绍了石化项目电动机防晃电措施的必要性, 就某石化项目电动机的几种防晃电措施进行讨论, 并就各措施的优缺点及投资进行比较, 最后得出结论。

关键字: 防晃电接触器; 防晃电模块; UPS; 电压稳定控制系统

Research on anti-sway measures of motor in petrochemical project

HE Ying

(SINOPEC Engineering Incorporation, Beijing 100101, China)

Abstract: The necessity of anti-swaying measures for motor in petrochemical project is briefly introduced, several anti-sway measures of motor in a petrochemical project are discussed and the advantages, disadvantages and investment of each measure are compared. in the last, a conclusion is obtained .

Key words: anti-sway electric contactor; anti-sway module; UPS; voltage stability control system

0 引言

晃电为电压暂降的一种通俗叫法, GB/T 30137—2013《电能质量电压暂降与短时中断》中电压暂降的定义为: 电力系统中某点工频电压方均根值突然降低至10%~90%, 并在短暂持续10 ms~1 min后恢复正常的现象, 持续时间在10 ms~1 min不等^[1]。造成晃电的原因很多, 雷击、厂区内大容量电动机起动、内部线路或设备发生短路和接地故障等均可能造成电压幅值瞬间产生较大幅度波动, 引起晃电。石化项目多为连续性生产装置, 晃电时所造成的工作电源短时中断, 将使连续性生产工艺过程遭到破坏, 造成重大经济损失, 所以对于与工艺流程密切相关的电动机, 其防晃电措施必不可少。

1 中压电动机

中压电动机回路通常采用框架式断路器进行一次回路的配电, 其分合闸和控制回路采用直流不间断电源, 通过对分合闸线圈的通断操作切换开关状态。GB/T 50062—2008《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》中提到对于3 kV及以上电动机, 有备用自动投入机械的I类负荷电动机, 应装设9 s时限的低电压保护, 保护动作电压应为额定电压的45%~50%^[2]。这说明晃电发生时, 对于有自起动要求的电动机, 当电压下降至设定值, 应设置不少于9 s的时限使综保延时发出分闸命令或不设置低电压分闸, 从而使断路器一直保持在合闸状态。电源恢复后, 所有中压电动机将再起动。另外, 根据GB 50052—2009《供配电系统设计规范》

第4.0.3条规定^[3],除一级负荷中的特别重要负荷外,不应按一个电源系统检修或故障的同时另一电源又发生故障进行设计,所以无须考虑双电源同时发生晃电的情况。石化装置负荷一般按二类负荷考虑,装置变电所中压主接线多采用单母线分段,主备电源采用快切切换。因电动机负荷占多数,晃电时,电动机所携机械负载转动惯量,将使电动机短时转为发电机状态,向母线馈出能量,维持中压母线残压,使其下降变缓。快切装置采集及计算通常为20 ms左右,而市面多数成熟框架断路器,例如ABB的VD4系列动作时间一般不超过50 ms。所以,对于采用单母线分段的中压主接线,在电动机降速程度不大时,快切已迅速切换好主备电源,使单母线带好全部负荷,电动机将重新加速。故中压电动机供电方式可自然消除晃电影响。

2 低压电动机

低压电动机回路通常采用塑壳或微型断路器结合接触器的配电方式,其二次控制回路电源通常直接取自低压母线。晃电发生时,母线电压下降,市面上多数品牌的交流接触器线圈通常在电压跌落至60%以下,时间维持20 ms时,脱扣几率大大增加。电压恢复后,若无外部合闸命令,电动机无法自行再启动。由以上分析可知,低压电动机防晃电的关键在于能否保持一次回路的接通状态,即断路器不脱扣及接触器触头在电源恢复后,能重新闭合或始终闭合。低压电动机回路的断路器主要为保护及手动分合闸用,通常只有分闸线圈而无合闸线圈,如晃电时分闸,则无法实现再启动功能,防晃电也就无从谈起,故断路器不应设置低电压分闸连锁。综上所述,对接触器线圈二次控制回路的设计成为防晃电措施的研究重点。

通常有以下几种措施。

(1) 自带防晃电功能的防晃电接触器

某厂家防晃电接触器控制原理和结构如图1、图2所示,其较普通交流接触器增加了一个电压检测接口A3,此接口直接与控制回路相线

L相连,且位于开关上口。当检测到A1接口电压低于设定值,但A3接口电压正常时,将判定为正常停机,接触器立即释放。当检测到A1接口与A3接口同时低于设定值,将判定为“晃电”,接触器触头可在设定时限内保持吸合状态。由图2可知,防晃电接触器实质结合了永磁接触器的原理,控制模块通正向直流脉冲,将使直流线圈产生与永磁体同极性磁力,克服弹簧拉力拉合触头,而后直流线圈断电,依靠永磁体磁力进行触头闭合保持。当正常断路操作或超过晃电延时时限,控制模块输出反向直流脉冲,将产生与永磁体极性相反的磁力,顶开永磁力,使触点在弹簧的拉力下复位。

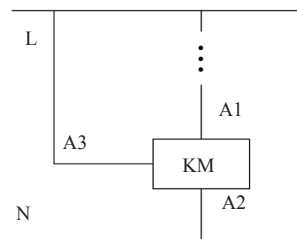


图1 防晃电接触器控制原理

Fig. 1 Control principle of anti-sway contactor

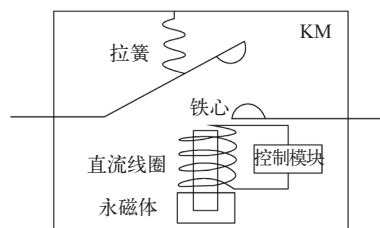


图2 防晃电接触器结构

Fig. 2 Anti-sway contactor structure

1) 优点。因永磁体的存在,无须为线圈持续通电而能保持触头闭合,自然也避免了交流接触器线圈受电压波动带来的影响,同时节省了电能,与绿色环保理念相符。其体积与普通接触器近似,无须额外的安装空间,回路改造简单。

2) 缺点。内部需根据所采集电压运算输出正反向直流脉冲,关键部件除控制电路板外,还含整流与电容部件,结构较为复杂,可靠性有待验证,产品成熟度难与传统接触器相比。控制模块仅在接触器通断操作时投入,而

平时一直处在充电状态，出现故障无报警，将成为潜在的故障点。依靠控制模块进行接触器的通断操作，其一旦损坏，将造成接触器控制失灵，保持故障前的状态不变，从而导致无法闭合或无法断开。此时，如现场检维修出现紧急状况，将可能因无法远程停止而扩大事故。如增加额外报警输出，又会使控制回路更为复杂。该产品售价相比传统接触器贵3~5倍，如大面积使用，将大大增加成本。另外负荷容量不同需备用不同档位的接触器，备用成本也很高。

(2) 防晃电模块配合传统接触器

以某厂家防晃电模块为例说明防晃电模块内部简单原理如图3所示。图3中，A1、A2和A3关于正常断路与晃电判断逻辑与前文防晃电接触器完全一致。电源正常时，采取旁路工作模式，接触器的控制与无模块时完全一致，尽可能使模块不干扰原有控制回路。晃电发生时，通过内部联动开关的状态切换，断开A1、A2，使正常时处于充电状态的储能回路迅速切换成放电回路，从而保持住接触器线圈带电状态。

1) 优点。仅增加模块及少量接线，对原控制回路改动不多，可靠性相对较高。同一模块适配多个负荷容量档位，无须全系备用，相对节约。

2) 缺点。同防晃电接触器类似，因含控制模块，模块故障时，切换开关有可能误动作而导致不必要的停机从而失去防晃电功能。无故障信号输出则防晃电模块将成为一个潜在的故障点，增加检维修时故障分析及查线难度。防晃电模块同样为一对一配置，一个模块价格接近一整个抽屉单元价格，导致成本增加接近一倍。

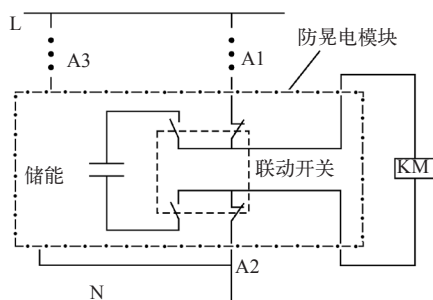


图3 防晃电模块内部原理图

Fig. 3 Control principle of anti-sway contactor

(3) 二次控制回路采用UPS电源

UPS根据工作方式一般划分为后备式与在线式，前者蓄电池平时均处于浮充状态，投入时存在切换时间，而在线式蓄电池一直处于逆变状态，工业用UPS属于后者。晃电时，以UPS电源作为二次控制电源的回路将不受任何影响，接触器线圈仍保持原有状态。电源恢复后，电动机可直接加速或再起动。

1) 优点。为利用成熟产品进行搭配改造，稳定可靠。UPS通常自带故障输出功能，出现问题能及早发现和解决，检修时由旁路供电也不会造成运行回路的停车，这是上述方案所不具备的优势。虽然投资有所增加，但同时也增加了UPS电源，可供其他设备使用。而当变电所内已设计有UPS电源时，亦可花费最小成本进行防晃电改造。另外，采用UPS改线方便，如果在低压柜排列布置时，将有防晃电需求的电动机回路集中组柜，合用UPS小母线，可减少UPS出线回路数量，节约开关、电缆等投资。

2) 缺点。变电所需增加UPS设备，并占用一定空间，投资成本不低。

(4) 电压稳定控制系统

在发生晃电时，电压稳定控制系统能维持住电压的时间为秒级，以某项目为例，技术要求持续时间为1 s。此时，静态开关迅速切换，断开与上端母线连接，防止反送电。同时通过超级电容高倍率放电，在设计时间内维持住下端母线电压，电压被维持，接触器线圈自然不会失电。晃电结束后，静态开关切回正常方式，受此系统保护的重要电动机，将晃电影响化为无形。另外，石化项目低压主接线也多采用单母线分段，因同样不考虑双电源同时晃电情况，晃电发生时，备自投装置将进线开关断开，分段开关合上，主电源切换至备用电源。行业标准中，通常1 s的时间已足够使备自投动作完成。所以，即使主电源为停电，也能使本段电源顺利切换至另一段，恢复供电。

1) 优点。电压稳定控制系统是一种系统性的晃电解决方案。从本质上来说，电压稳定

控制系统是一台容量巨大的后备时间为秒级的UPS。所以，它与采用UPS作为二次控制电源的方式效果相同，且其一次回路晃电时也能保持供电，技术优势巨大。

2) 缺点。占地需求大，设计工作量大，产品结构复杂，投资巨大。

(5) 普通再起方式

1) 优点。成熟，可靠。

2) 缺点。传统再起方式的实质不是保持接触器不断开，而是采取断后再合的方式。晃电时所有接触器迅速断开，电动机全体脱网，从而使母线电压迅速下降，此时即使分段开关投入，电源恢复，电动机也只能根据再起命令，分批或同批起动，速度较以上方式慢。采用单独再起柜时，需要配置PLC元器件，同时采集进线、分段和各接触器的状态等，优点是可以根据电源容量，根据各批次投入时母线压降情况，灵活投入各批次负荷，保证所有有再起要求的负荷最终能重新投入运转。缺点是投资增加，再起系统构成较为复杂。而伴随着电力系统的容量不断增大及电动机综合保护器功能的不断完善，现在多直接利用综合保护输出再起命令。此方式的优点，是仅需要增加综合保护输出的时间设定及并接一对起动触点，投资增加几近于0。其缺点为综合保护无法判断合闸前母线电压状况，而只能按输入时间定值定时输出，故存在无法成功再起的可能。

3 电动机再起计算

晃电时，母线电压下降，电动机将降速或停转，晃电结束电源恢复，采取了防晃电措施的电动机将升速或再起，此时需要考虑大量电动机同时起动时，母线电压是否能维持在规范允许范围之内。GB 50055—2011《通用用电设备配电设计规范》第2.2.2要求，对于不频繁起动的电动机其起动时，母线电压降不低于额定电压的85%。防晃电措施的根本在于对接触器线圈的控制回路的设计，其前提需要对有再起需求的电动机进行再起计算。经过计算，如果最小

运行方式下的电源容量较小，引起母线电压降超限，不足以使电动机同批起动，将只能采取分批再起，此时，只能对第一批电动机采取防晃电措施，其余批次电动机只能逐批起动，若此时对它们进行了防晃电设置，将可能引起母线电压超限，进线电源开关跳闸。

4 结束语

通过对比上述几种防晃电措施不难看出，对于防晃电接触器及模块而言，因二者均为单独模块，内部又包含关键的控制电路，其失灵及故障将带来配电回路的供电异常。如今变电所的设计都朝着无人值守、智能化和自动化方向发展，电气设备的很多信号均需要采集、收集、远传和分析，以利于故障时快速分析及定位，这意味着还需设置专门的故障处理单元，控制回路复杂，且费用较高。电压稳定控制系统有其他方式无法比拟的优势，但设计生产难度高，占地及投资均巨大，石化项目供配电力求稳定可靠，现该措施多为试验性阶段，难以大面积推广。UPS在线式交流不间断电源作为一种成熟产品，其电能输出稳定可靠，再结合优化盘面布置，在投资概算允许的情况下，不失为一种稳妥的防晃电措施。

参考文献

- [1] 《电能质量电压暂降与短时中断》：GB/T 30137—2013[S].
- [2] 《通用用电设备配电设计规范》：GB 50055—2011[S].
- [3] 《供配电系统设计规范》：GB 50052—2009[S].

作者简介



何颖

何颖（1983—），男，工程师，主要研究方向为石化工程电气设计。

（收稿日期：2019—05—10）EA