

炼化企业母联快切技术优化策略及研究应用

许志军 张汉文

(中国石化兰州石化公司)

摘 要：电力系统母联快切装置是炼化企业电力系统抗晃电的重要技术措施，供电系统故障引起电压暂降时，母联快切装置能否发挥作用关键在于快速识别外网不同故障能力的模拟量启动方式性能优劣。目前，炼化企业 6kV 系统多为单母分段运行方式，母联装设传统的备用电源自动投入装置。然而，备用电源自动投入装置功能单一，动作时间设置较长，不能满足企业抗电压波动要求。相比于备用电源自动投入装置，新型快切装置克服了备用电源自动投入装置缺陷。在实际使用中，由于快切装置关键参数的计算与选择关系到其快速切换的正确率和成功率，因此本文通过分析快切装置原理并进行验证、优化，以得出快速切换装置的关键优化策略，提高快速切换成功率。

关键词：母联；快切技术；优化策略；应用

引 言

针对供电系统运行方式，主要以 ABB SUE3000 母联快切装置为例，ABB SUE3000 母联快切装置引入的电压、电流模拟量不全，装置本身是低电压启动备自投功能，执行的是电源串联切换，切换时间长，从而造成大量运行中电动机停机，不能满足炼化企业“晃电不停装置”基本目标要求。通过提出“提高快速切换技术优化策略的措施”来解决供电系统优化运行，该措施共采用了 6 种切换优化策略方式，从而实现了所有故障引起的供电系统晃电时，母联快切装置快速启动与电源自动无扰动切换，将 ABB SUE3000 母联快切装置 100ms 内故障准确识别率提升至 100%，使母联快切装置同期切换概率切换提升至 80% 以上。

1 SUE3000 快速切换装置动作原理

快切装置是通过判断备用电源与失电母线频率差、相角差、电压差等判据，来快速跳开工作电源断路器，投入备用电源的设备。一旦母线失电或电源故障，快速切换装置就依次启动快速切换、首次同相切换、残压切换 3 种切换方式来快速切除故障进线，投入备用电源。（图 1 ABB SUE3000 快切装置功能配置图）

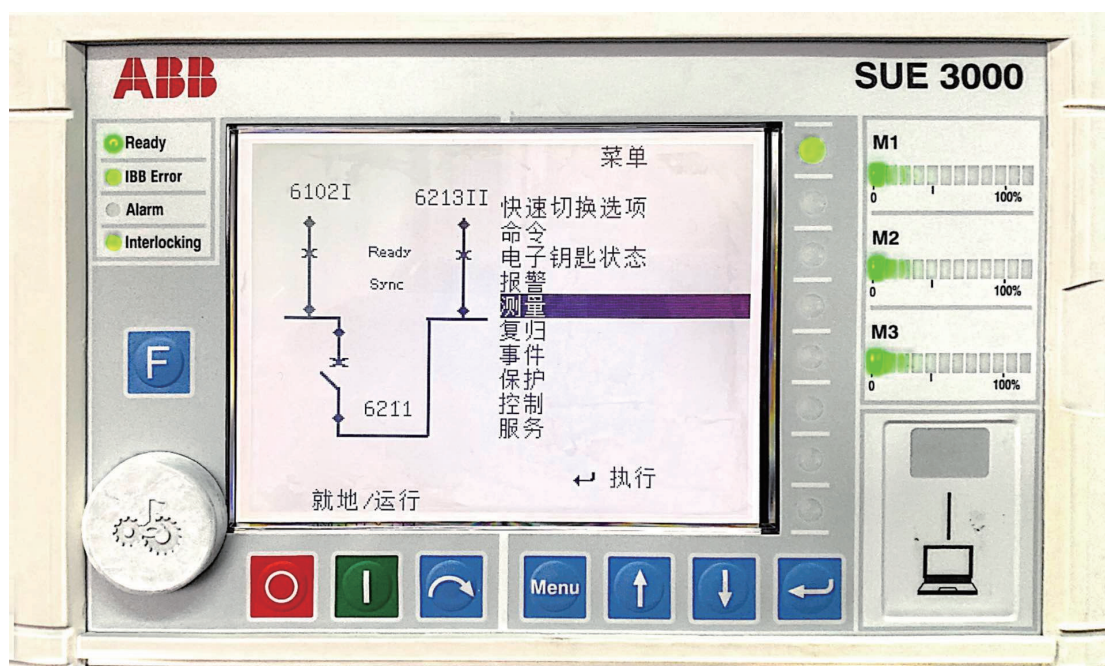


图 1 ABB SUE3000 快切装置功能配置图

2 炼化企业母联快切装置技术经济指标

炼化企业突破晃电不停装置基本目标，实现晃电不影响装置生产目标，须确立三个关键技术指标。

2.1 电源波动识别指标

(1) 电源波动时间 T 指标：根据 SH/T3038-2017《石油化工装置电力设计规范》规定：母联快切及各自投装置最快启动时间应躲过上、下级最严重短路故障主保护动作时间，主保护动作时间规范要求 80ms 内切除故障。实取 100ms 作为供电系统外电网短路故障时母联快切装置识别模拟量启动快切方式时间区分指标，实取 20ms 作为外网供电线路上级开关偷跳故障时母联快切装置识别模拟量启动快切方式时间区分指标。

(2) 电源电压 U 波动指标：当电源系统频率 F 不变时，电源电压 U 与电动机输出转矩 M 关系计算，异步电动机的转矩 M 与电动机电源电压平方 U 成正比，异步电动机的最大转矩 M_{max} 为 (1.8-2.4) MN，经计算，电动机电源电压最低不低于 75%UN。

(3) 电源频率 F 波动程度指标：根据 GB/T15945-2008《电能质量电力系统频率偏差》规定，电力系统正常运行条件频率偏差限值为 $\pm 0.2\text{Hz}$ ，当系统容量较小时，频率偏差限值为 $\pm 0.5\text{Hz}$ ，本例取 0.5Hz。

2.2 供电系统电压波动程度指标

(1) 电压波动小定义为：电力系统频率 F 为 50Hz，电压 U 不低于 75%U，波动时间 $T < 100\text{ms}$ 。

(2) 电压波动大定义为：

电力系统频率 F 为 50Hz，电压 U 不高于 75%U，波动时间 $T > 100\text{ms}$ ；

电力系统频率 $F < 49.5\text{Hz}$ ，电压 U 不低于 95%UN；

电力系统频率 $F < 49.5\text{Hz}$ ，电流由正常运行负荷电流值变为 0。

2.3 电源切换能力指标

2.3.1 母联快切装置启动指标

电源波动小时不切换；短路故障引起电源波动大时 100ms 内启动切换，外网供电线路上级开关偷跳故障引起电源波动大时 20ms 内启动切换。

2.3.2 母联快切装置切换指标

母联快切装置切换启动后，80ms 实现快速切换，300~600ms 内实现同步切换。

3 电网电压波动故障类型及相应母联快切装置启动方式

电力系统母联快切装置在供电系统故障引起电压暂降时发挥作用的关键在于快速识别外网不同故障能力的模拟量启动方式性能优劣。进行母联快切装置合适模拟量启动方式研究，首先需分析外网供电系统故障，通过供电系统不同外网故障引起的电力系统参数变化来设计最快速且可靠的启动方式。

3.1 电压暂降四种故障应采取的母联快切启动方式

(1) 应优先采取线路光纤差动保护启动作为 ABB SUE300 母联快切装置主要启动信号。在无线路光纤差动保护时，可依次采取逆功率启动、频压启动、低电压启动三种模拟量启动方式迅速启动 ABB SUE300 母联快切装置，执行电源无扰动快速切换。

(2) 应依次采取频压启动、逆功率启动、低电压启动三种模拟量启动方式来迅速启动 ABB SUE300 母联快切装置，执行电源无扰动快速切换。

(3) 应依次采取逆功率启动、频压启动、低电压启动三种模拟量启动方式来迅速启动 ABB SUE300 母联快切装置，执行电源无扰动快速切换。

(4) 应依次采取低频无流启动、低电压启动两种模拟量启动方式来迅速启动 SUE3000 母联快切装置，执行电源无扰动快速切换。

综上所述，对于外网故障引起的电压暂降母联快切装置需要采用逆功率启动、低频无流启动、频压启动、低电压启动模拟量启动方式，才能实现电源无扰动快速切换要求。

4 提高快速切换技术优化策略的措施

快速切换装置依次采用高速开关提高分合闸速度、采用同时切换降低分合闸总时间、配合使用光纤差动保护、提高同一段母线感性负载、无方向过流闭锁低电压启动逻辑以及低电压启动模块 6 种切换优化策略方式快速切除故障进线，投入备用电源。其中，快速切换方式备用电源投入速度最快，对系统冲击最小，母线电压下降幅度最小，电机自启动最容易，下级系统低电压保护不易动作，所以提高快速切换成功率，对系统整体运行安全性、稳定性有着重要的意义。通过以上分析，提出以下提高快速切换装置切换成功率的措施。通过技术深入研究，该系统采取模块化组合方式，由多台保护装置与 SUE3000 母联快切装置共同配合组合而成，实现对供电系统外网所有故障引起电压暂降时有效快速启动与电源自动切换，真正提高了抗外网晃电的能力。（结合现场实际运行情况，图 2 为 ABB SUE300 快切装置优化策略接线图）

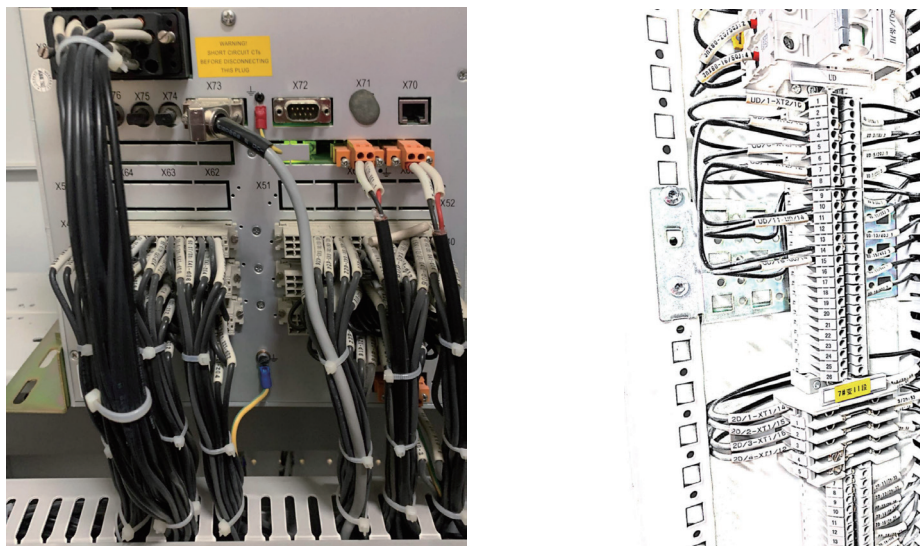


图 2 ABB SUE300 快切装置优化策略接线图

4.1 采用高速开关提高分合闸速度

涡流盘分合闸总时间为 40ms，用于取代储能弹簧高速开关，可提高快速切换最大相角差及最大频差，扩大快速切换适用范围，同时提高保护装置故障判断、出口动作时间，成功率可大幅提高。

4.2 采用同时切换降低分合闸总时间

跳故障进线断路器命令发出后，不等断路器分闸状态返回立即合闸备用电源断路器，该切换时间略大于进线断路器分闸时间（60ms），但远小于分合闸总时间（120ms）。

4.3 配合使用光纤差动保护

传统 6kV 线路保护，如电流速断保护、过电流保护、单相接地保护等对故障的判断时间较长，出口动作时相角变化及频率下降程度较深，不满足快速切换条件。对此，可使用线路光纤差动保护（动作时间为 40ms），提高保护对线路故障的反应时间。

4.4 提高同一段母线感性负载

一段母线失电后，系统上运行的电动机（感性负载）旋转磁场转速低于机械转速，电动机变成发电（再生）状态，其动能转化为电能倒送失电母线。感性负载越高，电压、频率下降越慢，越易实现快速切换。

4.5 无方向过流闭锁低电压启动

供电系统内部短路故障引起的电压下降，供电线路最大电流会大于过流闭锁定值，通过无方向过流闭锁低电压启动模块能够根据三相线电压和最大电流判断是否为内部短路故障引起的压降，从而防止误启动。通过逻辑图可知，本母联快切启动方式尤其适用于在发电机组并网时，外网供电线路或其他供电线路短路故障引起系统电压暂降时母联快切装置的快速启动。（逻辑见下图 3 闭锁低电压启动方式逻辑图）

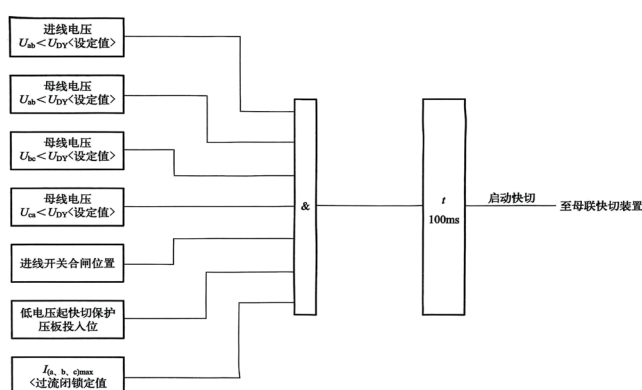


图 3 闭锁低电压启动方式逻辑图

4.6 低电压启动模块作为外网线路故障晃电时的后备启动母联快切装置的方式

该方式是实现对于外网所有故障引起的电压暂降的上述启动方式的后备启动方式。在 6kV 系统自主设计不同逻辑的低电压启动母联快切方式，包括方向过流闭锁低电压启动逻辑和无方向过流闭锁低电压启动逻辑。若为供电系统外部故障引起的电压下降，则供电线路电流方向会发生改变，且小于方向过流闭锁定值，通过方向过流闭锁低电压启动模块能够根据三相线电压和最大方向电流判断是否为供电系统外部故障。

5 结束语

通过供电系统母联快切技术多种模拟量启动研究和应用，包括 6kV 系统母联快切启动方式以及采用高速开关提高分合闸速度、采用同时切换降低分合闸总时间、配合使用光纤差动保护、提高同一段母线感性负载、无方向过流闭锁低电压启动逻辑以及低电压启动模块 6 种切换优化策略方式对母联快切技术控制。快切装置由多台保护装置与母联快切装置共同配合组合而成，供电系统 2 个电压等级模拟量参数，实现对供电系统外网所有故障引起电压暂降 100ms 内自动准确、快速识别判断，实现有效快速启动与执行电源的无扰动快速切换，兼顾母联快切装置与发电机组有效配合要求，有效削减了晃电对生产装置的影响，本发明的应用使企业跨越了晃电不停装置基本目标，无限靠近晃电不影响装置终极理想目标，在炼化企业具有一定推广价值。

参考文献

- [1] 张军梁，鲁宗相，李立．石化企业抗晃电问题研究 [J]．电气应用：2010. 29 (22) :60-63.
- [2] 陈玉祥．电气工程中低压配电系统的安装调试技术 [J]．中国高新科技：2021. (13) :101-102.
- [3] 张炳辉．快切装置在石化企业供电系统的应用 [J]．微型计算机：2025, 49 (03) :49-51.