

[电压暂降]

电压暂降治理方案

文/ 东华能源（宁波）新材料有限公司 金之麟 王旭军 李广吉 唐方灿 刘 荣

电压暂降是影响石化企业稳定生产的重要问题，通过对电压暂降概念的描述、电压暂降引起工厂装置停车的实际案例的分析，提出多种减轻电压暂降危害的治理方案并进行实际可行性分析。各行业各工厂的负荷类型不同，因此治理方案也各有不同，为石化企业提供参考。

电压暂降（Voltage Sag）也称电压跌落、电压骤降和电压凹陷等，石化行业习惯于称为“晃电”，是指电压有效值的突然下降，然后又突然恢复正常的现象。国际电气与电子工程师协会（IEEE）将电压暂降定义为电压下降至额定值的 90%~10%，其典型持续时间为 10 ms 到数秒。

引起电压暂降的原因很多，当输配电系统中发生短路故障、雷击和大型电动机起动等时，均可能引起电压暂降。天气原因，由于输电线路大都暴露在大自然中，受到闪电、暴雨和大风的影响，容易击穿线路之间的绝缘介质，造成线路之间或线路对地放电，产生电压暂降；偶然事件：交通事故、建筑施工造成输电线路损坏，人为操作失误以及一些小动物进入配电室等也会造成线路之间或线路对地放电，产生电压暂降；其他故障：如大电动机起动、短路故障、线路切换和配电装置故障等这些原因也会造成电压暂降。因此，电压暂降无法避免。

某公司典型电压暂降引起停工事故回顾

某公司为化工企业，用电负荷大、连续生产要求高，因此电压暂降对工厂装置连续生产的危害较大，如以下两次停车事故为例进行分析。

1. 因外电网雷击引起事故案例

2016 年 12 月 21 日 13 时 55 分，外电网雷击引起电压波动，A、C 两相电压下降，约降至额定电压 40%，持续时间约 60 ms。本次电压暂降事故，造成 PP 切粒机低压变频器因直流段低电压保护跳车，挤压造粒机联锁停车。

2. 因内部电力系统短路引起事故案例

2017 年 3 月 24 日 7 时 26 分，聚丙烯 2 号变 C 相变压器侧 35 kV 电缆头、挤压机专线 B 相开关柜出线侧电缆头，因电缆头施工安装质量原因炸毁，造成 35 kV 系统 B 相和 C 相相间短路，PP 装置 35 kV 变压器因差动保护跳闸，PP 装置全停。短路引起了全厂 35 kV 系统的电压暂降，根据故障录波记录，ABC 三相电压短时都降至零，持续时间约 50 ms，差动保护动作后随即恢复正常。本次电压暂降引起了丙烷脱氢变电所 21K0201 高压变频器低电压保护跳车、多台 10 kV 高压电动机过电流 II 段保护跳车、再生风机低压变频器低电压保护跳车，引起了丙烷脱氢装置较大的生产波动。

电压骤降引起负载跳车的原理分析

公司电气负载类型较多，电压波动对各类负载产生影响的原理和危害程度也各有不同，根据公司实际负载

类型可将设备分为三类进行详细分析。

1. 普通低压电动机

普通低压负载控制回路基本取自回路所在的低压母线段,电压暂降引起低压负载主回路和控制回路的电压同时降低。主回路电压降低引起马保的低电压保护动作或负载为了维持功率输出,电流迅速上升引起的过电流保护动作。控制回路因为电压降低,接触器线圈无法维持吸合力,引起接触器释放,最终导致低压电动机跳车。

2. 普通高压电动机

高压电动机采用真空断路器分合控制,控制回路来自直流屏电源的控母,不存在接触器释放的问题。但会引起高压电动机跳车,原因来自于继电保护装置的出口动作:低电压保护,为了避免低电压时由于断路器未分闸,恢复来电后所有电动机同时起动引起母线电压降低,因此设置高压电动机的低电压保护,若电压暂降超过该定值及延时范围,引起保护动作。综保装置的过电流 II 段保护设置为限时速断保护,是为保护因负载堵转、阻塞、机械卡死、线路末端或电动机的相间短路而设置。当电压降低时,为维持电动机功率及出力,运行电流迅速升高,若电流升高超过该定值,引起过电流 II 段保护动作。

3. 变频器负载

变频器由于内部结构复杂,电力电子元件众多,各变频器厂家为了保护自身元器件,设置了较多的内部保护,如直流低电压、直流过电压、整流过电流和逆变过电流等。变频器类负载对电压骤降或骤升等变化及其敏感,非常容易因为电压暂降而保护跳车。因此需要将此类型负载作为隐患治理和改造的重点。

根据对历年电压暂降的情况统计,以及装置实际维持运行情况,形成下表数据。

表 电压暂降程度对公司各类电气负载的影响				
电压波动情况	变频器	高压电动机	低压电动机	严重程度
100 ms 内,电压不低于 70%	转速下降,可维持运行	维持运行	维持运行	生产波动
超过 100 ms,电压降至 70%及以下	内部保护跳闸	维持运行	维持运行	生产波动或部分停产
超过 500ms,电压降至 50%及以下	内部保护跳闸	低电压动作跳闸	接触器无法保持	全装置停产

治理及改造方案可行性分析

通过对公司电力系统电压暂降情况的数据统计分析,结合目前市面上存在常用手段及新产品,对以下几种可行性较强的治理方案进行分析。

1. 调整 10 kV 系统的继电保护定值

公司 10 kV 电动机采用南瑞继保公司的 PCS-9626D 保护装置,设有三段定时限过电流保护功能。由于之前曾发生过电压暂降期间,10 kV 电压过电流 II 段动作的情况,因此调整了继电保护定值,将过电流 II 段定值调整为 $4 I_n$,延时 0.3 s,将低电压保护调整为 60 V,延时 0.5 s。

实施情况:该项工作已于 2018 年度大修期间实施,从 2018 年 10 月运行至今,再未发生过因电压暂降引起的低电压保护或过电流 II 段保护动作的情况。

2. 调整一般低压变频器的欠电压保护定值

公司低压变频器大量采用施耐德 ATV71 系列产品,为避免低电压情况下,逆变模块过电流而引起损坏,设置有进线欠电压保护和直流母线欠电压保护功能。结合公司实际电压波动情况,基本影响时间都在 200 ms 内,短时电压降低并不会引起整流和逆变模块的损坏,因此将欠电压管理功能中的欠电压故障电压设置为 205 V,延时 0.2 s。

实施情况:该项工作已于 2018 年度大修期间实施,从 2018 年 10 月运行至今,再未发生过 ATV71 变频器因电压暂降引起低电压保护的情况。

3. 考虑设置低压控制回路抗晃电元件

针对电压暂降发生时,可能引起接触器线圈释放的问题,有两种可选方案:

1) 在低压控制回路里加入接触器防晃电装置。原理为当接触器发生晃电时,该元件可迅速切断接触器线圈的交流电源,将内部超级电容储能的电压经过自动控制方式输出到接触器线圈上,保持接触器吸合。当恢复来电时,再自动切回市电,继续保持接触器吸合状态。

2) 将低压控制回路中的交流接触器更换为专用抗晃电接触器,该接触器原理是对已有接触器控制模块进行改进,增加了相关逻辑分析电路及储能元件,实现延时释放的功能。

实施情况:由于低压电动机回路数量众多,因此改造工作量及投资巨大,且考虑到 2016 年运行至今,还未

发生过因电压暂降引起低压接触器释放的案例，所以暂未考虑开展该项改造工作。今后可根据实际情况，再确定是否实施。

4. 调整高压变频器的参数设置

公司有两台西门子公司 GM150 高压变频器，一台 15 500 kW 用于丙烷脱氢装置 REC 一段压缩机组，一台 1 900 kW 用于聚丙烯装置熔融泵，这两台也易受电压波动的影响而保护跳车。经过与西门子厂家技术交流，可通过参数设置开通低电压穿越功能来增强抗晃电能力。

实施情况：目前两台设备都为运行状态，无法修改并调试。且该功能是否会影响现有运行状态，还需实际测试后才能确定。已协调西门子厂家在二期项目新设备的调试过程中开通并实际测试该低电压穿越功能，测试无问题后再将该参数用于一期运行设备。

5. 增加动态电压恢复装置

动态电压补偿装置又称 DVR 装置，是一种采用超级电容作为储能元件，采用电力电子变换技术和数字控制技术，提供后备式短时能量存储形式的解决方案，原理如下图所示。

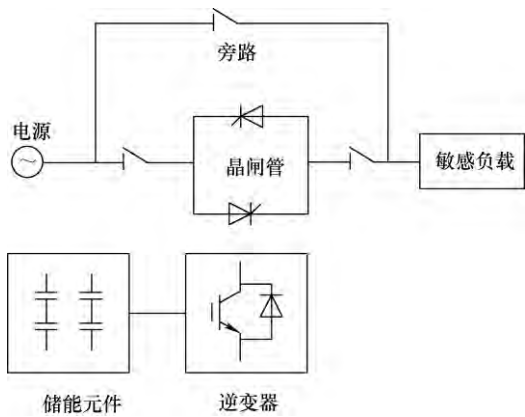


图 动态电压恢复装置系统原理图

当装置控制系统检测到电压异常，以 1 ms 的响应速度发出导通逆变单元的指令，将超级电容所储存的电

能释放，用以补偿电压暂降过程中所缺失的电压波形。该装置可根据工艺要求灵活配置电容器的数量，补偿时间可配置成几十毫秒至数秒。当电网电压恢复正常时，设备将负载交还给电网过程中有一定的相位差，控制系统调整输出电压相位到和电网相同相位时，将设备退出，保证负载电压的稳定性。采用超级电容作为储能元件，相较于蓄电池组，电容充放电次数达 100 万次以上，使用寿命长且免维护。

利用 DVR 技术的抗晃电装置可用于 400 V 低压系统，单台容量最大可以做到 2 500 kV · A 左右，考虑到容量有限且价格高昂，并不适用于补偿整段低压负载。结合公司实际情况，最为敏感的低压负载就是聚丙烯装置的切粒机。由于该切粒机负载运行负荷重、转动惯性和保护联锁众多，导致电压暂降发生时电压或转速稍有下降就会引起联锁停车，因此将该负载列为技改的重中之重。结合现场接线方式以及变电所空间布置情况，动态电压恢复装置有条件用于切粒机负载，可在电源出线与变频器进线之间增加该 DVR 装置，有效提高切粒机抗电压波动的能力。

实施情况：DVR 设备内部有众多电力电子元件及超级电容，在提高了系统抗晃电能力的同时，本身也可能存在一定的故障率。目前，该设备尚处于初步技术交流阶段，有效性和可靠性还需进行论证和别家工厂的使用现场考察。

结束语

电压暂降是影响石化企业稳定生产的重要问题，本文简单介绍了电压暂降的现象及其影响。由于各行业各工厂的负荷类型不同，因此治理方案也各有不同，本文根据某公司实际受影响较严重的几类负载提出了治理方案，部分已实施并取得了一定的效果，部分还在论证待实施阶段。EA

(收稿日期：2020.07.29)

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告