动态电压恢复器在石油化工行业的应用

文/岳阳长炼机电工程技术有限公司　罗　洪　刘琢华　刘　杰

介绍了动态电压恢复器的基本结构、工作原理以及动态电压恢复器在石油化工行业的应用，结果表明，动态电压恢复装置能够很好地保证企业关键电气设备平稳过渡，避免发生非计划停车，确保生产装置安全稳定长周期运行。

某炼厂聚丙烯装置挤压造粒机组有切粒机MEX20801/2电动机132 kW、0.4 kV主辅机两台，采用ABB变频器；造粒机主电动机7500 kW、10 kV，挤压造粒机组的设备是生产厂区非常重要的关键设备。近几年来，由于雷电、台风天气和外电网故障增多，导致电力系统波动，造成挤压造粒机组经常停机，每次装置停车，需要较长时间重新恢复生产。经过全方面检查与数据分析，确定为切粒机MEX20801/2电动机变频器在发生电压暂降时导致低电压保护动作，变频器跳闸，联锁致使停工。针对上述情况，对厂区电力系统与ABB变频器参数进行了优化，但效果不明显。为确保设备长周期稳定运行，避免因电压扰动造成装置停工与经济损失，结合现场实际条件，通过计算与现场考察，决定对切粒机MEX20801/2电动机所在CS06低压所进行优化改造，增设动态电压恢复装置PSTN-DVR。

电压暂降

IEEE定义电压暂降是指系统故障或干扰造成用户电压或电流在0.5周波至1 min内下降到额定电压或电流的10%～90%，系统频率在这个过程中仍为标称值，在暂降过程结束后电压或者电流又恢复到正常水平的现象。电压暂降波形图如图1所示。

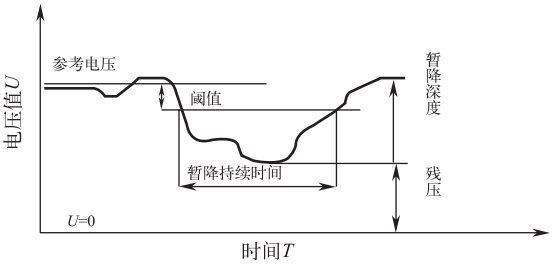

图1　电压暂降波形图

1. 电压暂降的起因

引起电压暂降最主要的原因是系统元件或线路故障（雷电、台风等恶劣天气影响引起绝大多数线路短路），这类电压暂降特征是暂降幅度大、近乎矩形曲线和持续时间短。引起电压暂降的另一主要原因是大容量负荷（大型电动机、电弧炉和焊接设备等）投切，这类电压暂降特征是暂降幅度小、非规则矩形和持续时间长。

2. 电压暂降的影响

电压暂降是突发事件引起的功率（尤其是无功功率）大幅度变化。电压暂降的直接影响取决于电压暂降幅值和持续时间。电压暂降使得设备不能发挥应有的功能，或只能在有限的范围内运行，导致设备效率整体降低，或者在极端情况时完全停止工作，更为严重的是，造成工艺流程重启动一系列连带影响。

动态电压恢复器工作原理与基本结构

动态电压恢复器（DVR）是一种电力电子器件，能够对突然变低的电压实施补偿功能。串联于电源与敏感负荷之间。负荷正常运行时，DVR被旁路，由系统提供电压；当发生电压凹陷时，DVR可以在数毫秒内对凹陷电压进行有效补偿。典型的结构框图如图2所示。从图2中可以看出，DVR主电路包括控制器、双向晶闸管、逆变器、超级电容、旁路开关和隔离开关等几部分。当外电源正常供电时，DVR设备处于旁路热备状态。一旦系统电源发生电压扰动，由储能单元释放电能，逆变装置产生补偿电压，经过滤波迅速投入，保证负荷正常供电。动态电压恢复器DVR的工作原理，简而言之大致运行内容可重点概括为三个主要方面，即检测、补偿和控制。动态电压恢复器补偿原理图如图3所示。

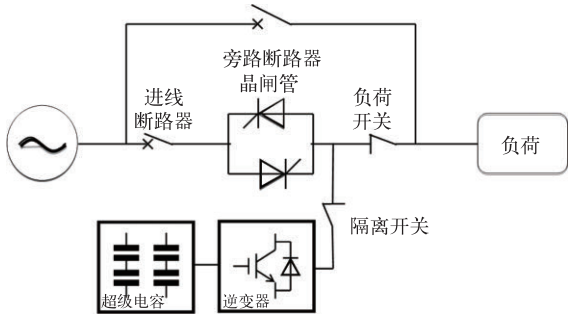

图2　动态电压恢复器DVR基本结构图

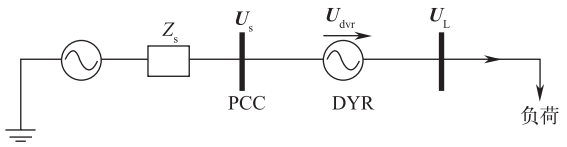

图3　动态电压恢复器补偿原理图

图3说明了DVR在电压暂降时如何将电压迅速恢复到正常值。在系统正常供电情况下，DVR工作在备用状态，其损耗相当低。当系统电压发生暂降时，DVR装置立即向系统注入补偿电压，用以补偿故障下的电压差，使其迅速恢复正常。注入电压的幅值和相角均可控制，补偿所需的有功和无功都由DVR提供。DVR装置所需要补偿的持续时间可以根据敏感负荷的要求以及系统故障的特征来预先设计配置，达到经济、合理的效果。

DVR的工作原理简述如下：通过检测电源电压生成指令信号，对逆变器进行控制，产生所需的补偿电压$\boldsymbol{U}_{dvr}$，补偿电压经过滤波后与暂降后电源电压$\boldsymbol{U}_S$叠加，从而确保负荷电压$\boldsymbol{U}_L$的质量。动态电压恢复器补偿相量图如图4所示。

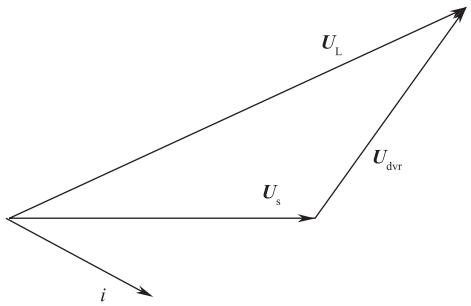

图4　动态电压恢复器补偿相量图

由图4可以看出，DVR在补偿电压暂降时，既要输出有功功率，还要输出无功功率。由于DVR上的直流电压一般通过储能装置提供，只能短时间内对电压跌落进行补偿，如果系统电压暂降较深，就不能实现全相补偿。

DVR技术在石化行业的应用效果

1. DVR技术实施

某炼化企业在CS06变电所挤压造粒配电间，切粒机MEX20801/2（132 kW）主机、切粒机MEX20801/2（132 kW）辅机并列于同一段母线切粒机区域，功率因数0.89，运行模式始终保持一用一备状态。

切粒机主机、辅机采用一对二保护，即一套DVR装置分别保护两台切粒机。

1）设备选型及解决方案见表1。

表1　设备参数表

负荷功率/kW	治理设备/(kV·A)	补偿时间/s	数量	备注
132	PSTN-DVR-150-0.4	1	1	响应时间≤1 ms、治理范围0～130%

2）安装位置：CS06变电所挤压造粒配电间。

3）接线方式：DVR从切粒机控制盘取电，电缆夹层走线，下进下出。

4）动态电压恢复装置PSTN-DVR接入电路示意图如图5所示。

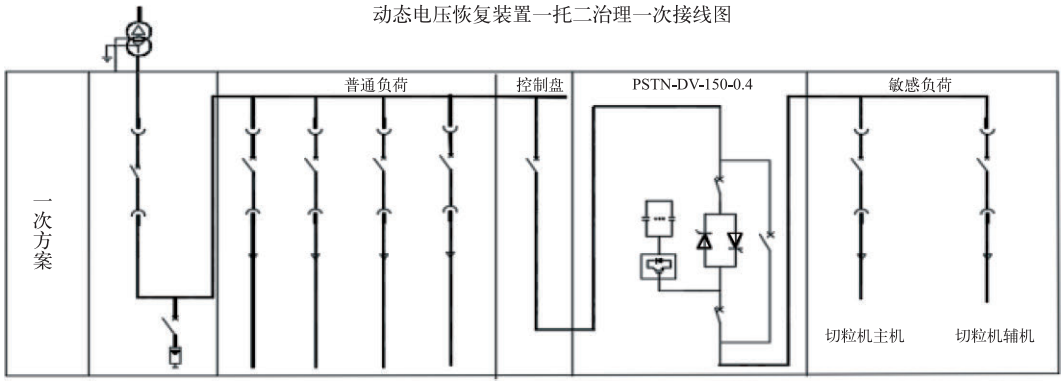

图5　DVR装置接入切粒机主辅机示意图

2. DVR技术实施效果

动态电压恢复装置PSTN-DVR投用近一年以来，厂区发生了两次“晃电”，都成功避免设备停电、装置停工事故。如2019年10月12日，因外电网故障原因，导致厂区电网晃电，CS06变电所挤压造粒配电间发生电压暂降，A相与B相电压由223.6 V瞬时掉到了150.4 V，电压暂降持续时间311 ms。动态电压恢复装置PSTN-DVR通过检测，立即发出有效补偿，使三相电压始终保持在220.1 V左右，直到电网恢复到正常供电，如图6所示（绿色曲线是系统电压，桔黄色曲线是补偿电压）。

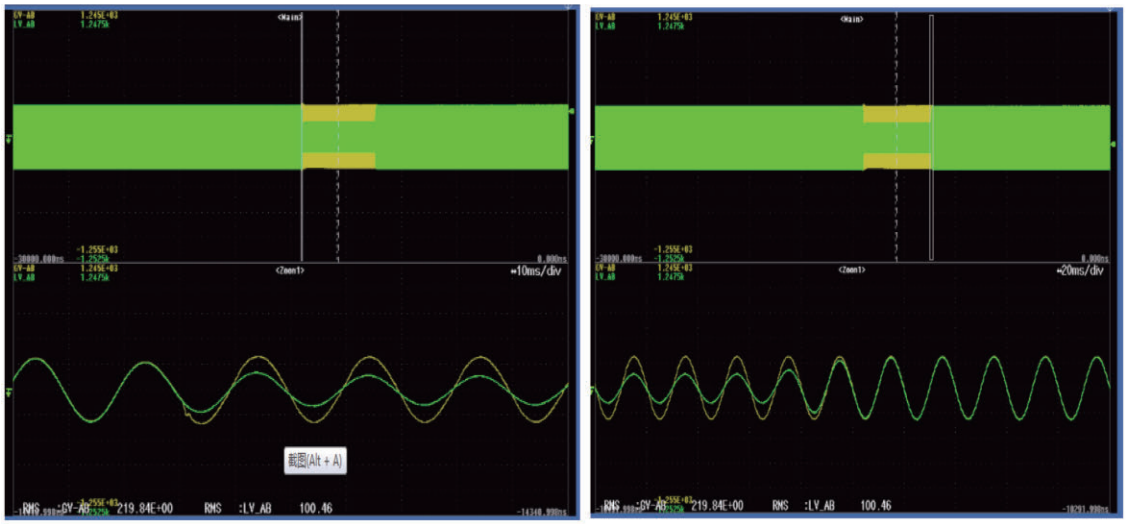

图6　系统电压暂降DVR电压补偿图

通过此次电力系统出现异常情况可以看出，DVR动态电压恢复装置能够很好地保证企业关键电气设备平稳过渡，避免发生非计划停车，确保了生产装置的安全稳定长周期运行，改造应用取得了明显效果。

结束语

石油化工和煤化工的生产是典型的流程工业，属连续性生产高要求企业，其显著特点是装置多、工艺生产过程复杂，工作条件苛刻，各工艺装置间联系十分紧密，对电力系统的暂态电能质量依赖程度非常高。电压暂降引起生产工艺中的敏感负荷如润滑油泵、进料泵、高压煤浆泵和给煤机等变频器停机及接触器释放，引起联锁反应，工厂停产，原材料报废，严重时危害人身安全。且恢复生产时间长，直接和间接经济损失巨大。通过增加动态电压恢复装置DVR后，外电网发生电压暂降、骤升和短时中断时，所治理的敏感性负荷不再受电压扰动影响。很好地避免了发生非计划停车，确保了生产装置的稳定长周期运行。EA