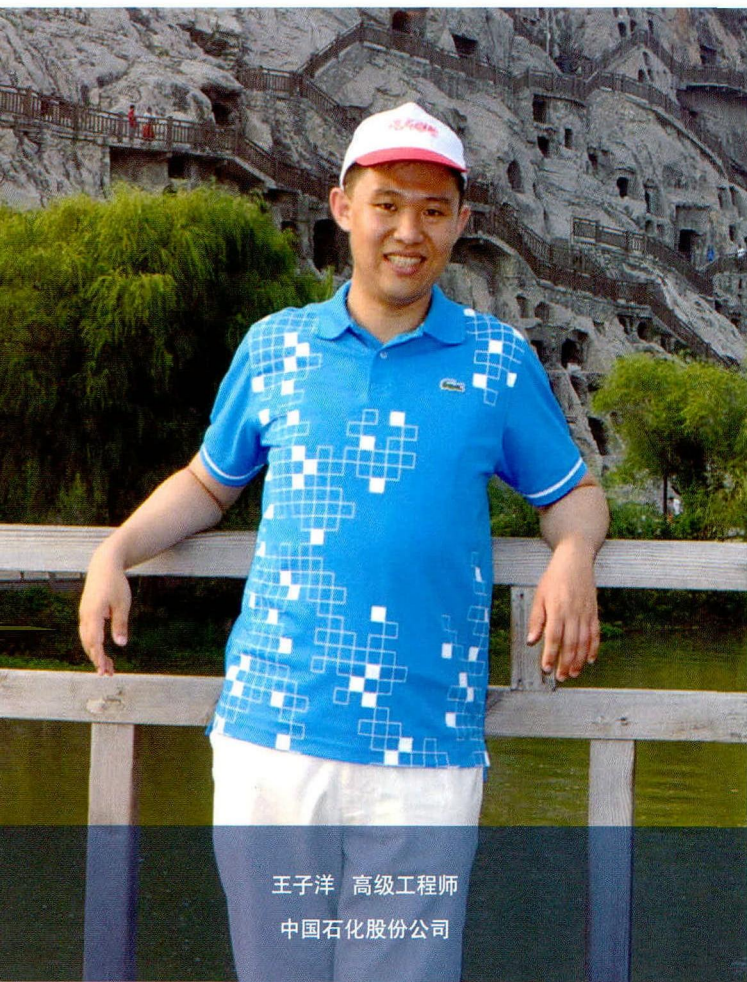


化工企业生产系统敏感负荷抗“晃电”技术探讨

访中国石化股份公司高级工程师王子洋

■ 史海疆/本刊记者



王子洋 高级工程师
中国石化股份公司

动态电压调节器（AVC）是专门针对电压暂降问题研发设计，能够保护敏感负载免受电压干扰的影响，是提高设备抗“晃电”能力的新型产品。

目前，电压跌落是化工企业面临的最主要电能质量问题之一，在生产中应用的变频调速设备抗晃电能力差，容易受到电网电压波动的影响。化工企业生产特点为连续性，一旦设备出现故障使生产流程中断，将造成重大的经济损失，情况严重时还会引发火灾、爆炸等重大事故。因此，如何解决化工企业供电系统电压波动问题受到业内人士普遍关注。为此，本刊记者特地采访了中国石化股份公司高级工程师王子洋，请他就相关问题作出解答。

供电系统电压波动亟待解决

电气应用：王工您好！感谢您在百忙之中接受本刊的专访！请问王工如果化工企业的供电系统电压出现波动会给生产带来哪些影响？

王子洋：由于电力系统供电网在运行中受种种因素的影响，如台风和雷电天气、电气设备故障和人为误操作等原因，致使电网电压波动，造成供电系统发生供电网络瞬时失电压，俗称“晃电”。

众所周知，化工企业的生产特点为“高温高压、易燃易爆、有毒有害和连续生产”，化工生产装置是一种连续性生产系统，对电力系统供电质量的可靠性提出了严格的要求。当化工装置供电系统出现故障时，哪怕只是电网瞬间失电压、短时出现的大幅度电压波动，都将对装置运行带来很大的影响，会引起交流接触器释放、低压电动机停转、电子软起动器和变频器停机。某些化工装置再重新建立起稳定的生产平衡都需要较长的时间，一般为1~3天，而且由于物料放空、产品质量下降，一套化工装置因“晃电”影响至少会造成几十万元的损失。同时，还可能造成压力容器的超温超压、有毒有害物质的泄漏，情况严重时还会引起危害更大的火灾爆炸、人员伤亡等次生事故发生。

电气应用：针对“晃电”问题，可以采取哪些技术措施来解决？

王子洋：随着科学技术的不断进步、电气技术的日趋完备及新型产品的出现，电动机再起动的方法及技术有多种，如综合保护继电器、抗“晃电”交流接触器、电动机再起启动延时继电器和电动机分批再起启动装置等抗“晃电”设备的应用，能够有效应对“晃电”现象。

根据装置生产特点，可以对电动机实施一种或多种抗“晃电”优化措施。通过近些年持续“抗晃电”优化攻关改造，关键机组及重要设备已同时具备了多种抗“晃电”措施，电力系统及电气设备的抗“晃电”能力已大大增强。但是，某些敏感负荷，以聚丙烯装置为例，挤压造粒线大量使用变频器，而且工艺连锁多，抗“晃电”能力差，容易受电压波动影响，造成挤压造粒系统连锁停车。特别是变频调速切粒机电动机属于聚丙烯后段工艺装置的重要设备，切粒机作用是将原料切成微小的颗粒，在送料和高速切割过程中不允许停机，生产过程中对供电的可靠性、连续性均要求很高。而变频器的抗“晃电”能力差是由它的工作原理或控制原理所决定的，变频器的工作过程包括导通、触发和关断三个过程，当电力系统因“晃电”导致电压降低时，变频器晶闸管会因同步脉冲丢失，或正向电压过低而关断，从而导致变频器低电压跳闸。虽然变频器自身也有再起启动功能，但电网电压发生较深度“晃电”时，效果不明显。

敏感符合电压暂降防治措施

电气应用：请问对于敏感负荷供电电压的暂降问题可以采取哪些治理对策？

王子洋：化工企业外部电网电压波动在电力系统中是客观存在，无法彻底防止电压暂降以及减少其对敏感负荷的影响，因此对电压暂降问题采取的措施要从供电部门、用户和电气设备厂商等多方面考虑。

对于已投运的敏感负荷的电压暂降防治措施宜采取先调查后治理的思路，即先进行深入详实的电能质量评估和生产工艺敏感负荷调查，在充分掌握相关数据的基础上，来分别确立具体的治理方案。为尽可能减少电压暂降事件对装置生产的影响，可从管理和技术上采取以下措施：

- 1) 检查核对敏感设备等保护装置的电压保护设定值，确保设定值准确有效，保护措施能及时投入。
- 2) 如果变压器和敏感设备电压保护设定值可以调

整，则可在确保系统和设备安全的前提下，根据实际情况进行适当调整。

3) 详实进行电压暂降事件记录，包括电压暂降的时间、幅值、持续时间以及造成停机的设备，为进一步采取措施提供数据基础。

4) 在供电网络与用户设备间加装缓解设备。在供电网络与用户设备间加装缓解设备方法较多，对于用户端保护，往往是通过加装补偿装置的方式，如使用不间断电源（UPS）、固态断路器（SSCB）和动态电压补偿装置等。其中，采用UPS方式占有很大比重，但是它的维护和运行成本很高，电池损耗引起的电费增加很大，其电池平均每隔数月就要进行一次性能测试，每隔5~6年更换一次蓄电池，而且带来很多环保问题。目前，进行电压暂降防治的措施已从使用UPS向无需电池且动态性能更佳的动态电压补偿装置过渡，如动态电压调节器（AVC）等。

变频器广泛应用于传动系统中，一般的变频器都具有过电压、失电压和瞬间停电的保护功能。ACS800变频器有整流、直流、逆变和控制四个部分，简单说由主回路和控制电路组成。变频器的控制电路的核心是一块电压等级为24 V的控制电路板，它的电源由变频器内部交流220 V转化为直流回路的开关电源提供，当外部电源电压波动时可能造成控制板失电。基于这点考虑，将变频器的外部控制电源改由UPS供电，但是这只能解决控制电路电源的抗“晃电”问题。而变频器低电压一般指主回路的中间直流回路低电压，即逆变器输入电压过低，通常在满足设备运行要求的前提下调低“低电压跳闸定值”是变频器抗“晃电”措施之一。

ACS800变频器自身具有再起启动功能，在电网电压失电压或停电后，将允许变频器继续工作一个短时间 t_d 。若失电压或停电时间 $t_0 < t_d$ ，变频器将平稳过渡运行；若失电压或停电时间 $t_0 > t_d$ ，变频器自我保护停止运行。一般 t_d 都在15~25 ms，这个时间很短，相当于瞬时就跳闸，而近年来供电系统遭受“晃电”的时间一般为100~500 ms，况且“晃电”时电压下降幅度有可能更低。在这种情况下，变频器即使更改了相关参数照样会因“低电压”保护动作跳停，这也是切粒机遭受“晃电”困扰的根本原因。因此，如何为变频调速切粒机电动机这样的敏感负荷提供更可靠的电源是解决“晃电”问题的关键。

动态电压调节器（AVC）是专门针对电压暂降问题研发设计，能够保护敏感负载免受电压干扰的影响，是提高设备抗“晃电”能力的新型产品。

动态电压调节器功能特点

电气应用：请您详细介绍一下动态电压调节器的原理以及应用特点。

王子洋：动态电压调节器主要由整流桥、电压源逆变器、串联在负载和电源之间的注入变压器以及旁路组成。其中，整流器、DSP数字化控制器和显示单元也是动态电压调节装置的核心部件。各组成部分作用如下。

1) 整流桥。是给直流侧的储能电容器充电，保证电网欠电压时设备能长期工作。

2) 电压源逆变器。由三桥臂、IGBT-DIODE组合器件构成，逆变器驱动脉冲采用专用驱动板，并带有互锁、过电流及开路等保护功能。控制系统采用高速数字处理器DSP，该处理器带有可灵活编程的PWM输出，为实现各种对称及不对称补偿控制提供了方便。它是一种“主动式”系统，能够实时监测输入侧电源的电压，并在发生电压暂降或突变情况时，能极快地对其进行校正。

3) 注入变压器。注入变压器具备可降低逆变器直流侧电压等级，将逆变器与电网隔离两方面优点。变压器参数设计与AVC的主电路结构，特别是滤波器的位置、系统参数等有很大关系。

4) 内部旁路系统。在逆变器出现过载等保护时，该旁路系统能够对注入变压器一次侧进行短接，保护设备器件如逆变器的安全，从而释放逆变器的负载量，将直接的市电电源提供到输出侧，在切换过程中不会中断负载，实现负荷自动无间断地转为旁路运行。

动态电压调节器的工作原理是：AVC串联在供电电源和受保护的负载之间，控制电路会持续监测输入端电源电压，一旦发现供电电压偏离额定电压水平，它会计算出指令参考信号通过IGBT逆变器逆变放大，再通过注入变压器迅速注入一个适当的补偿电压，从而消除电网的电压波动和畸变。并且它不需要电池、电容等储能元件，因为它从电网中吸取所需的额外能量用于提供电压校正。

动态电压调节器的应用特点如下。

1) 属于串联性补偿设备，可靠性要求高。动态电压调节器保护的都是敏感重要负荷，而且是串联在电源和负载之间，所以必须具有极高的可靠性。AVC通过注入式变压器串联在电源和负载之间，内置三重故障保险旁路，当逆变器检测到短时过载、温度过高或设备本身故障时，可自动切换至内部旁路供电。当故障状态消失时，AVC能够自动切换到在线补偿状态。

2) 属于大功率电力电子设备，设备本身损耗要求小。大型电力电子设备本身应尽量减少设备损耗。

动态电压调节器没有电池等储能元件，运行效率高达98%~99%，能耗低。负荷电流的绝大多数通过串联变压器向负荷供电，整流器和逆变器侧只需要用于补偿电压暂降的能量。而且，对于电压设定值的输入电压可以通过逆变器将多余的能量反馈到电网。

3) 属于现场在线运行设备，维护工作量要求少。动态电压调节器保护的是重要敏感性负载，负载重要性高，而且属于连续生产工艺。因此，动态电压调节器应尽可能减少停机时间，减少维护工作量。动态电压调节装置的整流器后端没有使用传统的电池、超级电容等储能元件，也没有机械转动部件，减小了维护费用和工作量。

4) 电压暂降的补偿要求设备应具有优异的响应速度。电压暂降持续时间最短只有10 ms(低于10ms称为瞬变)，为补偿电压暂降事件和瞬变事件，动态电压调节器必须有很快的响应时间。AVC动态电压调节器从检测到电压变动，到开始补偿动作时间仅需0.25 ms，完成整个补偿过程不超过半个周波(10 ms)。

电气应用：最后请您介绍一下动态电压调节器在具体项目上的应用情况。

王子洋：根据敏感负荷和近几年电力系统电压波动情况，选择了30%校正型的PCS100 AVC，额定输入和输出电压均是：400 V 3相50 Hz，额定输入电流：547 A，额定输出电流：577 A，额定输出负载：400 kW·A。

考虑到AVC的额定输出电流为577 A，切粒机电动机额定电流为451 A，实际平时正常运行电流约为200 A，还有较多的容量。考虑到聚丙烯挤压系统同样重要的负荷还有加料盘系统，它供电给挤压线的粉料添加剂单元，有20台小功率的重要电动机组，其中有7台电动机由小功率变频器驱动，13台由常规接触器控制，受系统电压波动影响也很大，在历次“晃电”时，都会出现电动机停机进而造成聚丙烯挤压线停车的现象。经过充分计算和分析，将聚丙烯挤压配电间的切粒机变频器、加料盘重要电动机电源等敏感负荷由AVC供电。

对聚丙烯装置切粒机变频器和加料盘采用AVC供电改造后，大大提高了敏感负荷的电能质量和抗“晃电”能力。改造前变频器供电电压正常情况下在400 V±5%范围内波动，抽查4个月分别为389 V、376 V、410 V和418 V；改造后变频器供电电压稳定在400 V，电能质量有很大提升。更重要的是，在电力系统发生“晃电”时，动态电压调节器及时补偿了电压，变频器未受到“晃电”影响，保证了装置安稳生产。EA