

西门子数控系统主轴制动问题探讨

陈眉

杭州机床集团有限公司技术中心 浙江 杭州 310003

对于一般数控系统，在系统发出急停、复位指令时，对于各个运动中的伺服轴和主轴，以最大加速度制动以保证整个机械电气系统的安全。这个过程对于一般加工中心、数控车床、数控铣床的主轴是合理必须的。我公司生产的数控成型磨采用大功率数字伺服主轴。主轴电机功率目前已用到 60kW,砂轮宽度 200 mm.直径 500 mm，转速 1000rpm 以上。这样主轴的转动惯量是相当大的，要使主轴在最快的时间里停下来，系统就给主轴施加了一个极大的反向制动力矩。在这个巨大的反向力矩作用下，砂轮的固定螺母会松动，给人身设备造成危害，因此在成型磨主轴停车时要求自由停车。此外在主轴在手动或自动方式下正常运行启动和停止时，也有类似的问题产生。对于启动过程，希望主轴以较快的加速度加速到运行速度，停止时又不能以此较快的加速度停止。轴的加速度可以设定，但启动和停止所用加速度是同一数据。因此存在效率和安全上的矛盾。

我公司在使用西门子 802D/810D/840D 数控系统配置数控成型磨时对此问题作了探讨，在一定程度上解决了这一问题。

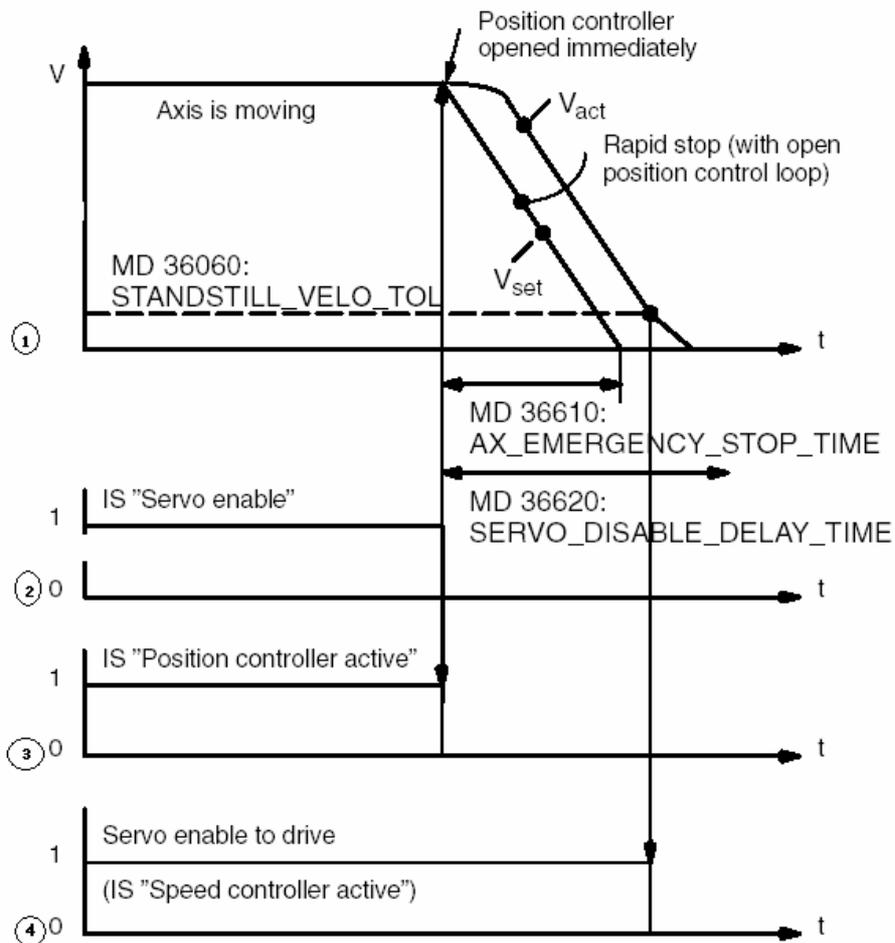
对于正常运行时或复位时主轴的加速度控制，西门子数控系统在系统功能上具有对复位信号对主轴单独处理的功能，也可采取多通道来解决。但复位信号对主轴单独处理的功能经我们在机床上试用，虽然发出复位信号后主轴继续运转，还是经历了一个瞬间制动的动态过程，只是经此瞬间制动速度突降以后，主轴又回到正常运转速度，主轴上已经承受了瞬间反向制动力矩。至于多通道功能中，不同通道轴使用不同的复位、启动、停止命令，可在一定程度上解决问题。可是只有 810D 以上的系统才有双通道功能，并且是软件选件功能，需要单独订货才给予提供。这样的对主轴正常开停、复位、紧停都要管起来的控制要求经我们向西门子供货厂商询问，无现成功能可用。而国外厂家成型磨的主轴实现了平稳停车。

在我公司 2004 年以前出厂的成型磨上，为解决这些问题，采取了将紧停按钮串入电源模块 9-48 接触器控制使能端处的办法。这样在按下紧停按钮时，600V 直流母线

电压被切断，主轴处于自由停车状态。但随之而来的有一系列问题，首先其余伺服轴也处于自由停车状态，是不安全的。其次在电源模块的 63-9、64-9 处未按时序拉电情况下先拉 600V 直流母线电压，电机反电势将对电源功率模块产生冲击，影响模块功放部分的寿命。这样的办法也无法解决复位时产生的反向制动力矩。当时在我们的说明书上，规定用户绝对不允许在主轴旋转时按复位键。有用户提出，这是不合理的规定，要求取消，也就是要求我们在控制和结构上加以改进。

经我们对西门子数控系统的系统参数和控制功能进行分析，伺服轴/主轴的控制使能，必须外部接触器控制、硬件脉冲式能、驱动器使能 3 个使能信号和内部软件伺服使能(SERVO EBABLE)、脉冲使能信号全部到齐，轴才进入正常工作状态。

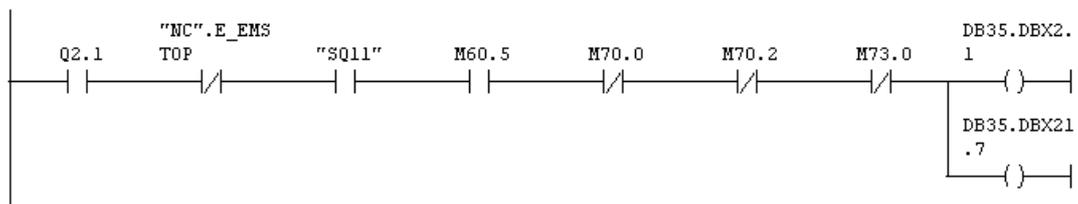
伺服使能信号 SERVO EBABLE 撤消时，如果伺服轴/主轴在静止状态。则位置环开环，伺服轴/主轴切换到 HOLD 或 FOLLOW UP 模式（取决于信号 IS “FOLLOW-UP” 的状态）。如果伺服使能信号撤消时伺服轴/主轴在运动状态则其动态过程如下图所示：



即当伺服使能信号撤消后，位置控制器开环，伺服轴/主轴按 MD36610 设定的速度降速到 MD36060 制定的速度点，然后速度控制器输出为零，进入 HOLD 或 FOLLOW-UP 模式。

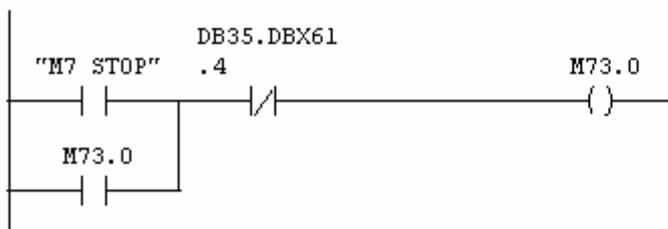
我们利用此功能，考虑在各种情况下主轴的停车要求。需考虑的情况有紧停情况、复位情况以及手动、自动运行时的主轴停车。为此在 PLC 梯图中建立专用的主轴控制模块，在此模块中对主轴的 SERVO ENABLE 信号加以控制。

PLC 梯图，主轴使能控制部分：



上图中，DB35.DBX2.1 即西门子 810D/840D 系统中 SERVO ENABLE 信号。M60.5,M70.0,M70.2,M73.0.均为中间变量。例如 M70.2,反映输入复位信号时主轴状况。如主轴转速在静止速度点以上，M70.2 为逻辑“1”其常闭接点为逻辑“0”。主轴 SERVO ENABLE 为零。当主轴速度在静止速度点之下则 M70.2 为逻辑“0”。主轴 SERVO ENABLE 置位。各中间变量根据主轴转速控制主轴的 SERVO ENABLE 信号。在 PLC 梯图中，同时编制了对 FOLLOW-UP 模式的控制。

PLC 梯图，中间变量 M73.0 控制部分



PLC 梯图，FOLLOW-UP 模式控制部分



除了在梯图中作对应控制之外，还要设定相关的机床数据。

要设定的参数有 MD35200 GEAR_STEP_SPEEDCTRL_ACCEL.速度控制模式下的开环加速度；MD36060 STANDSTILL_VELO_TOL 伺服轴/主轴静止点最大速度；MD36610 AX_EMERGENCY_STOP_TIME 急停减速时间；MD36620 SERVO_DISABLE_DELAY_TIME 伺服切断延时时间。

按前述编制梯图、设定合适的机床参数之后，开停主轴，在主轴旋转的情况下按下紧停按钮或复位按键，主轴都能平稳的停车，达到了我们预期的目的。同时我们在系统中编制了对应的报警信号，提示用户主轴在旋转的情况下被急停或者复位。为保证安全我们设定了系统程序，使主轴未减速到速度静止点之前报警信号不能被复位消除。以上控制方法在西门子 802D 数控系统中同样适用，只要修改 802 D 对应的伺服轴/主轴接口信号即可，现已在 MKL7132x25 剪刀磨上得到应用。

目前的电气控制方法已能满足正常调试、使用，但尚不能包含所有的可能发生的主轴制动情况。在数控系统发生内部故障，或者用户误操作如错误切换工作方式时，主轴还是会有制动产生。目前在机械结构上已设计了相应防止松动的保险结机构，但为保证安全用户仍应按照使用说明书谨慎操作。