

使用 Mint Workbench 设置 ABB 运动驱动器
使用调试向导在数分钟内完成设置



介绍

本应用说明的目的，是对 ABB 运动驱动器配合交流伺服电机运行，并在“调节”后达到可能的最佳性能所需的步骤进行说明。虽然对感应电机参数做了部分引用，但有单独的应用说明讨论感应电机的设置和调节。

MicroFlex e190 和 MotiFlex e180 运动驱动器

MicroFlex e190 和 MotiFlex e180 是精密的伺服驱动器。它们被设计用于满足分散型单轴智能解决方案和集中型多轴系统的需要，以便宜的价格提供更高性能。

它们为许多机械应用提供了理想的解决方案，也是机械制造商和系统集成商的理想部件。

在本应用说明中，我们将描述 MotiFlex e180 的调试过程。该过程对 MicroFlex e190 驱动器几乎完全相同。因此，除非另有说明，本文件中提到 MotiFlex e180 的地方一般也可用于 MicroFlex e190。

所需设备：

- 运行最新固件的 MotiFlex e180 伺服驱动器，安装了正确的反馈选项模块
- 带增量式编码器、SSi、EnDat、SinCos、Hiperface、SmartAbs、Resolver¹ 或 BiSS 反馈的 BSM 电机
- 运行 Windows 7 或者以上版本的 PC
- 使用适当的两端端接的连接器的电机反馈电缆
- 在电机端有适当的连接器的电机动力电缆
- MotiFlex e180 的市电电源（如果 PHASELOSSMODE 参数设置为 0，外形尺寸 A 和 B 也可使用三相 200-480VAC 或单相 230VAC 电源）²
- 以太网电缆

¹ 如果使用 MicroFlex e190，基于旋转变压器的电机将需要使用旋转变压器适配器 OPT-MF-201

² 如果使用 MicroFlex e190，电源应为单相 115-240VAC 或三相 115-240VAC

目录

1	概述	3
1.1	推荐的 I/O 连接	3
1.2	反馈设备	4
1.3	电源和电机电源连接	5
1.4	连接 PC	5
2	调试向导	7
2.1	输入应用数据	7
2.2	查看和修改参数	14
2.2.1	修改电机方向	14
2.2.2	电机抱闸控制	15
2.3	理解控制率和控制环	16
3	电机调节	17
3.1	调节前要执行的检查	17
3.2	初始调节	18
3.3	无载调节	19
3.3.1	测量定子电阻和电感	20
3.3.2	计算电流环增益	20
3.3.3	测试反馈	20
3.3.4	测量电压常量	20
3.4	有载调节	21
3.4.1	测量惯量	23
3.4.2	计算速度和位置环增益	23
3.5	微调	23
3.5.1	微调电流环	25
3.5.2	在速度伺服配置下微调速度环	25
3.5.3	在速度伺服配置下微调位置环	27
3.5.4	在转矩伺服配置下微调位置环	30
3.6	手动调节	33
3.6.1	手动调节电流环	33
3.6.2	在速度伺服配置下手动调节速度环	34
3.6.3	在速度伺服配置下手动调节位置环	36
3.6.4	在转矩伺服配置下手动调节位置环	37
4	调节中的调试和故障诊断	38
4.1	调试“测量定子电阻和电感”	39
4.2	调试电流环的调节	39
4.3	调节“测试反馈”	39
4.4	调试“测量电压常量”	40
4.5	调试“测量惯量”	40
4.6	机械因素	41
4.6.1	惯量失配	41
4.6.2	力顺和添加转矩滤波器	41
5	完成调试	43
5.1	进一步支持	44

1 概述

1.1 推荐的 I/O 连接

如果该过程有任何类型的安全要求，则应在驱动器使用两个安全转矩取消（STO）输入。它能够提供 TUV 认证的 SIL 3 STO 功能。除这些 STO 连接外，没有必要添加任何额外的控制连接。但是，在结合运动控制器使用驱动器时，通常会包括一个驱动器使能输入来提供硬接线模拟和/或数字控制连接（比如，NextMove ESB-2）。

驱动器上的数字输入可连接寻零传感器或限位开关等设备。其中的两个输入（1 和 2）可用于高速记录，按 nS 到 μ S 的顺序捕获位置（取决于反馈类型）。可以为“drive ready”等功能配置数字输出，可以为电机抱闸控制（记住按照安装手册中的说明，通过输出上的继电器为电机抱闸电路使用隔离 24Vdc 电源）。



注意：MicroFlex e190 没有继电器输出。因此，如果这个产品需要电机抱闸控制，需要一个外部中间继电器。

驱动器使能信号：

需要使能驱动器，让其控制电机。可在调试向导中定义这个使能信号的来源，也可使用 Mint 关键字“DRIVEENABLEMODE”来设置。这个关键字定义是只通过硬件输入来使能驱动器，还是同时包括某种形式的软件互锁（比如，Mint 程序或通讯控制字）。如果 DRIVEENABLEMODE 被设置为包括硬件输入（不是 STO 输入），则应该使用 DRIVEENABLEINPUT 关键字来指定在调试过程中把哪一个输入通道用于本功能（在后文说明）。作为智能单轴系统（即，运行 Mint 程序）运行的驱动器和实时以太网控制的驱动器（即，EtherCAT 或 Ethernet Powerlink）一般不使用专用的驱动器使能输入，趋向于依赖 STO 输入来实现驱动器的功率级的硬件控制。

电机抱闸控制输出：

如果你正在使用的电机有制动器，则驱动器可以通过任何可用的数字输入控制电机制动器（注意，输出 0 预先默认配置为 GLOBALERROROUTPUT，即驱动器状态输出，因此一般为抱闸控制使用其它输出）应该使用 OUTPUTACTIVELEVEL 关键字，来确保被选择用于控制电机制动器的指定输出通道被配置为低电平有效。电机抱闸控制通过专用于该功能的驱动器参数来配置（所有这些关键字都以文字 MOTORBRAKE 开头）。重要的是要考虑制动器的 24Vdc 电源的来源。它应该由单独的隔离电源提供。该电源用于为驱动器控制板和其它控制设备等逻辑设备供电。

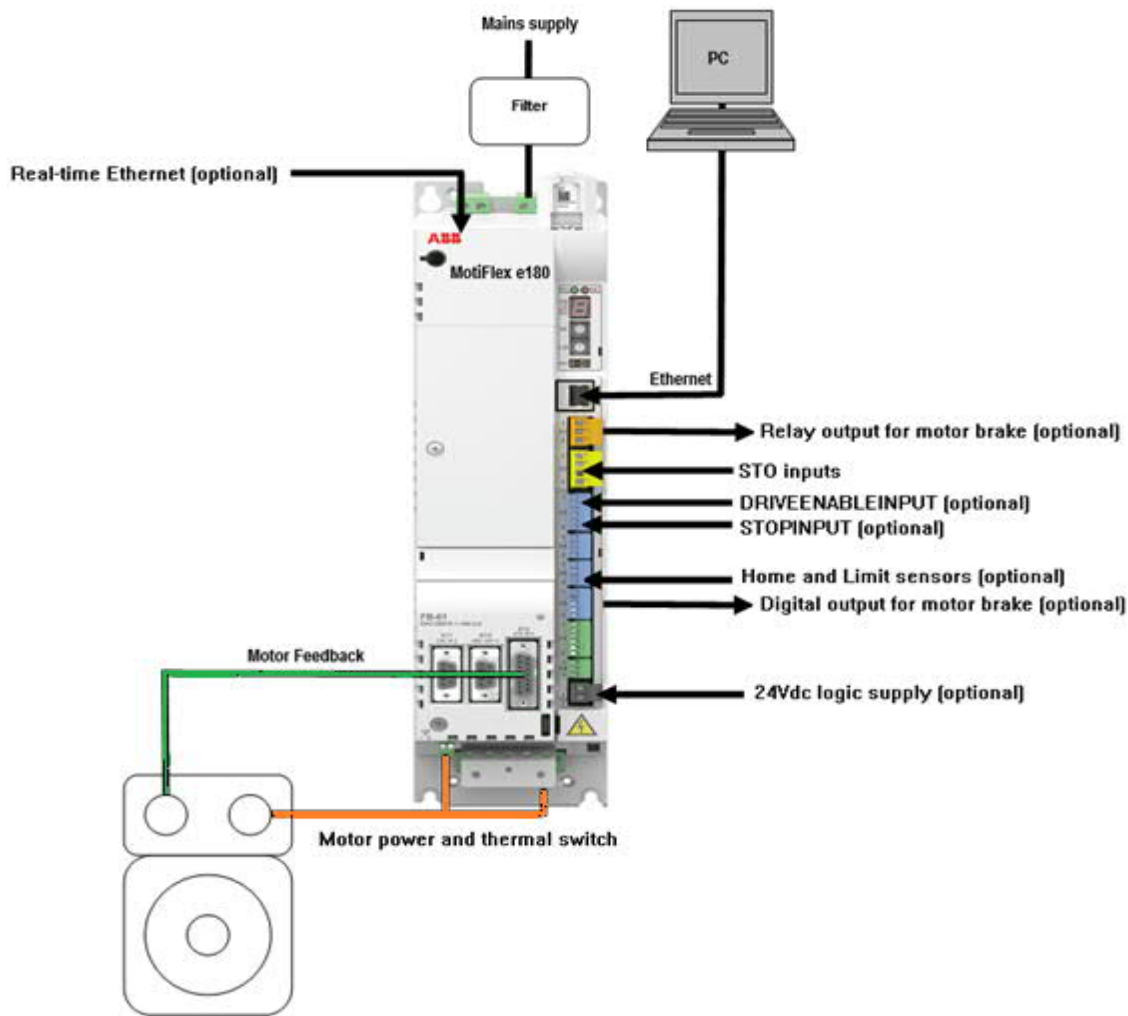
急停输入：

在 SIL3/PLc STO 输入中的任一个或同时激活时，驱动器将立即关闭对电机的供电。如果负载有任何类型的冲量和/或高惯量，它可能继续做不适当的“惯量滑行”。为此，有时候需要驱动器使电机在控制下在激活 STO 功能前快速减速。如果你的驱动器可编程（带 Mint 存储模块选件+N8020），可在驱动器上配置 STOPINPUT，提供一种使驱动器快速减速的方式。可以在驱动器配置好的 STOPINPUT 上连接一个由系统安全电路引出的触点，可立即断开。对通过实时以太网网络控制的驱动器，一般是把这个信号连接到电机控制器。可以延迟移除 STO 输入，以在最终通过 STO 功能停用电机输出前，留出驱动器（运动控制器）配置轴受控停止的时间。实际的实现方式必须由用户按照在系统上执行的风险评估的结果来确定 - 请参考应用说明 AN00206 了解更多详情。可以从 ABB 运动支持网站上获取该应用说明。

电机热敏开关：

可为电机提供传感器/开关，以在达到电机温度限值时完全断开或提供高阻抗。它应该直接连接到 MotiFlex e180 驱动器上专用的电机温度开关输入（X10）。如果使用的是 MicroFlex e190 驱动器，该温度传感器是可选的。但是如果使用了温度传感器，应该使用隔离的 24Vdc 电源接线（可以与电机制动器共用电源）为其接线，然后通过中间继电器纳入控制方案中。中间继电器的触点可用于以某种方式禁用驱动器，或作为分配给 MOTORTEMPERATUREINPUT 的输入馈入 MicroFlex e190。

下图说明了与 MotiFlex e180 驱动器的大多数可能的连接。请参考相关驱动器（和运动控制器（如果使用））的安装手册了解详细信息：



1.2 反馈设备

对驱动器内置的速度和位置环来说，要实现准确的“闭环”控制，电机反馈非常重要。电机上通常安装了大量不同的反馈设备。对无刷交流伺服系统，位置信息用于电机整流。速度通过测量位置变化率得出。在订购 MotiFlex e180 (+L5xx)时，必须添加“+代码”，以确定要安装四个可选反馈模块中的哪一个来适配所选择的反馈类型：

- FB-01 (+L517): 带Halls的增量式编码器 (X13)**
- FB-02 (+L518): 串行接口 + SinCos (X13)**
- FB-03 (+L516): 旋转变压器 (X13)**
- FB-04 (+L530): DSL (X13)**

MicroFlex e190 驱动器使用支持各种编码器类型的通用编码器输入 (UEI)，以及通过旋转变压器适配器模块 OPT-MF-201 提供的旋转变压器反馈。

1.3 电源和电机电源连接

在把电机和动力电缆连接到驱动器时，我们必须特别注意接地和动力电缆屏蔽层的端接。必须有指定的接地线接地，屏蔽层最好是使用 P 型夹夹在随驱动器提供的金具上，以实现电磁兼容性（EMC）（比如，随 MotiFlex e180 提供的屏蔽层夹板，或 MicroFlex e190 散热器上的螺纹孔）。请参考驱动器的用户手册中的“电气安装”部分了解更多信息。如果控制板需在市电关闭时保持上电，除所需的交流市电电源外，一般还会考虑额外的 24Vdc 逻辑电源（比如，保持控制网络的健康状态）。

1.4 连接 PC

因为我们的编程/调试连接是通过标准以太网（TCP/IP）实现，必须考虑 PC 的网络适配器的配置。新驱动器（或拨码开关 SW1.1 位于 ON 位置的驱动器）配置的 IP 地址为 192.168.0.1。因此，为了与之连接，必须配置 PC 使其能够访问 192.168.0 子网。为实现该目的，一般设置 PC 的网络适配器掩码为 192.168.0.[除 1 以外]，并使用子网掩码 255.255.255.0（以确保只有 192.168.0 上的设备可以访问）。

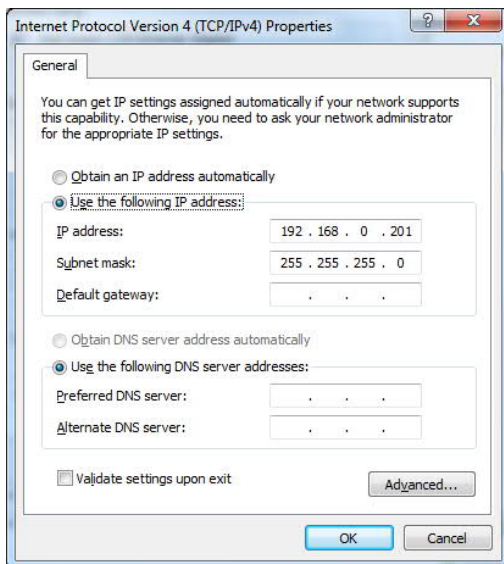
要访问你 PC 上的网络适配器设置，进入：

Control Panel > Network and Sharing Center > Change adapter settings>[选择你正在使用的网络适配器]>

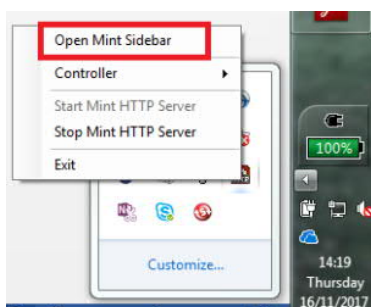


右击适配器并选择“ Properties”。

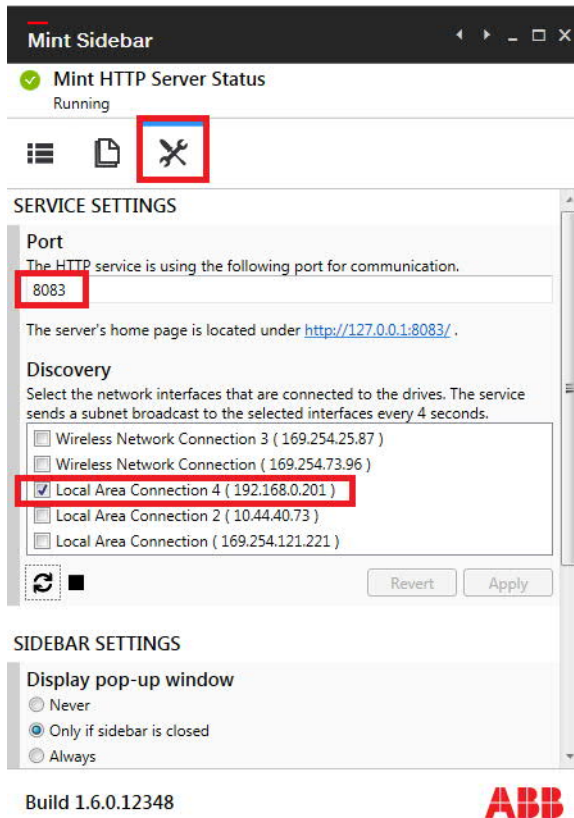
选择 Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) > Properties>选择“ Use the following IP address” >添加你的 PC 需要的 IP 配置，比如。



点击 OK，关闭网络适配器属性对话框。现在，已经把网络适配器配置为使用与驱动器相同的子网，可以连接驱动器。但是，对“Discovery”和访问驱动器提供的 Silverlight 页面（比如，网络配置屏幕），还有必要配置 Mint HTTP 服务器托盘应用程序/Mint Sidebar。Sidebar 作为一项服务运行，在安装 Mint Workbench 时被配置为自动运行。在 Windows 系统托盘内找到 Mint HTTP 服务器图标（一般位于屏幕的右下角），右击它访问 Mint Sidebar。

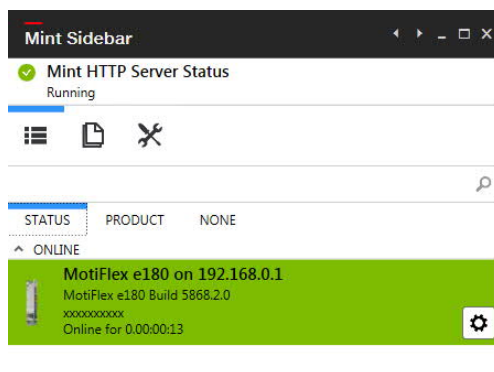


Mint Sidebar 在打开后显示所有连接驱动器的列表视图，但此时可能为空。首先，我们必须告诉 Sidebar 应该为所连接运动产品的“Auto discovery”使用哪个网络适配器。



点击设置图标访问 Service Settings 页面。在该页面上，你可以更改为 HTTP 服务使用的端口编号（8080 是默认值，但许多基于以太网的应用程序都使用它。因此，可能有必要修改它为不太常用的不同端口，比如 8083。Sidebar 将通知你端口是否在使用中）。你应该可以看到在 Discovery 部分列出了你之前配置的 PC 的网络适配器（否则，点击列表下方的刷新按钮）。确保你勾选了该适配器。

如果所有项目运行正常，你的 PC 和驱动器前端以太网端口（E3）之间连接以太网电缆，并切换回到控制器列表页面，你应该可以看到你连接的驱动器（在绿框内）。



如果你不能在 Sidebar 中看到驱动器，重新检查你的适配器和 Sidebar 设置。如果你确定设置正确，可能是防火墙或杀毒软件阻止了 HTTP 服务器访问所需的端口和协议。联系你的 IT 部门确认你的 PC 是否可以访问以下端口：

- TCP 端口 80
- UDP 端口 5050

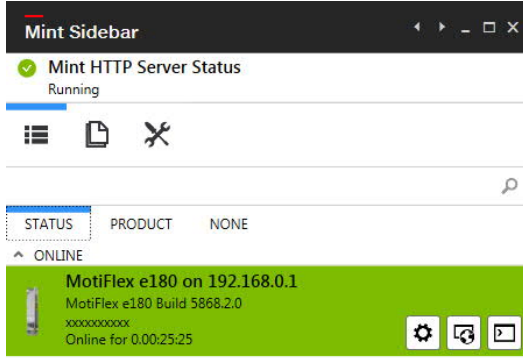
如果 Sidebar 不能发现驱动器，你仍然可以从 Windows 开始菜单启动 Mint Workbench，并使用“Add Specific Controller”来建立与驱动器的连接。但是，你将不能访问 Workbench 中的“Configuration”或相关实时以太网页面（虽然不需要这些页面来设置和调试电机）。


Sidebar 默认显示一个按钮，允许在发现驱动器后立即启动 Workbench。为再次访问驱动器的网页和跟踪日志（用于更高级的系统诊断），切换到 Service Settings 页面，向下滚动，并按照下文所示勾选 Web page 和 Trace log 选项。

Show open button for

- Web page
- Trace log

现在，Sidebar 将在 Controller 列表中显示更多按钮。



现在，你可以点击  从 Siderbar 的控制器列表页面启动 Workbench（或者按照正常方式通过 Windows 开始菜单启动 Workbench）。

2 调试向导

我们将要运行的调试向导程序会显示一系列的屏幕，给出当前的驱动器设置，同时要求提供驱动器和电机调试所需的信息。在完成每个页面后，点击 Next 按钮继续完成向导。如果从 Sidebar 启动 Workbench，必须从 Tools>Commissioning Wizard 菜单选项启动向导。如果从 Windows 开始菜单启动 Workbench，作为控制器选择过程的一部分，你可以选择“Launch Commissioning Wizard”以自动启动向导。如果你需要在调试过程中的任何时候访问 Mint Workbench 命令窗口，只需右击屏幕的任何空白区域，然后从弹出的右键菜单中选择“Command Line”。

2.1 输入应用数据

欢迎页面

第一个屏幕是对过程的描述，可以在这里设置所有驱动器参数为出厂默认值。确保选择了“Reset device to defaults”选项并点击 Next 按钮。这将重置除通讯设置外的所有驱动器参数为出厂设置。如果驱动器上有 Mint 程序，它将被保留。如果你重新使用向导来检查或修改现有设置，则需确保取消“Reset device to defaults”选项的选择。



注：也可随时在命令窗口中输入“SYSTEMDEFAULTS”来实现该操作。如果你想在调试前重置驱动器为出厂默认值，即重置通讯设置、删除 Mint 程序、重置非易失性数据值以及所有驱动器参数，你可以在 Workbench 命令窗口中输入“FACTORYDEFAULTS”。

选择电机类型

从列表选择正确的电机类型：AC brushless rotary、AC Brushless Linear、Induction (Rotary) 或 Induction (Linear)，然后点击 Next 按钮。

选择电机

Workbench 内部存储了 ABB 电机数据库。因此，我们可以在当前页面通过 Catalog number 或 Specification number 选择 ABB 电机。在这样做时，Workbench 将告诉你所选择的部件代码的含义。在下面的例子中，所选择的电机是 BSM60R-240MT 交流旋转伺服电机：

此外，可手动输入库中未包括的电机的数据或“第三方或定制电机”的数据。但是，如果电机铭牌上没有所需数据，可能需要由电机制造商提供更多信息。点击 **Next** 按钮。



注：定制交流伺服电机所需的最低数量的信息是额定电流、峰值电流、最大速度和电极数量。自动调节过程可测量所有其它电机属性。对感应电机，最低数量的信息是额定电流、峰值电流、额定电压、额定频率、额定速度、功率因数、电极数量和励磁电流。同样，自动调节过程可测量所有其它电机属性。

确认电机信息

下一屏幕允许你确认电机和驱动器信息。对 ABB 电机，这些数据只用作参考，因为数据是从基于电机规格或提供的类别编号的信息库读取。

如果你已经选择定制电机，以下是你为其输入数据的位置。Motor Details 部分是自由文本编辑区域，因此你可以在这里记录部件代码。Motor Nameplate Parameters，顾名思义，是一般可在电机铭牌上找到的值。尽可能输入所有这些值。但是，如果电压常量、电感和电阻未知，可以保持 0 的设置。在选择某个字段后，屏幕底部会显示是否可以在自动调节中由驱动器测量这个值。

Confirm Motor Information

For a motor chosen from the database, confirm that the data matches that of your motor.
For a custom motor, enter the data below. Some parameters can be set to zero here with the values being calculated during the autotune process.

Motor Details		
Spec. Number		
Cat. Number	BSM60R-240MT	
Motor Nameplate Parameters		
Continuous stall current	1.60	Amps (RMS)
Peak current limit	5.00	Amps (RMS)
Voltage constant	47.35	Vpk/kRPM
Inductance (L-L)	16.00	mH
Resistance (L-L)	5.00	Ohms
Max Speed	5000	RPM
Number of Poles	8	= 4 pole-pair(s)

Voltage constant
Back EMF constant of the motor in Volts per 1000rpm. If this value is zero it can be calculated by the drive during autotuning.

< Back Next > Finish Cancel Help

一旦数据被勾选和/或输入，点击 **Next** 按钮。

确认驱动器信息

下一屏幕允许你确认驱动器额定值范围，以及某些驱动器尺寸的应用开关频率。默认值适用于 200% 的过载（持续三秒），脉宽调制（PWM）频率取决于驱动器尺寸。你可以点击包含所需开关频率和过载设置的框来修改这些设置，以符合应用需求。

Confirm Drive Information

Confirm drive data. If applicable, choose a control type and drive rating zone.

Drive Data			Drive Rating Zone. From the table of switching frequency against percentage overload and duration, select the required continuous and (peak) current rating.				
Type	MotiFlex e180		Overload & Duration	300%, 3s	200%, 3s	150%, 60s	110%, 60s
Peak Current	6.00	Amps (RMS)		Switching Frequency			
Rated Current	3.00	Amps (RMS)					
Bus Volts	640	Volts	8 kHz	2A (6A)	3A (6A)	3A (4.5A)	3A (3.3A)
Motor Data							
Peak Current	5.00	Amps (RMS)					
Rated Current	1.60	Amps (RMS)					
Drive Data Information about the type and rating of the drive.							

许多电机的额定峰值电流是其 RMS 额定值的三到四倍。因此，300% 的设置可使驱动器从电机获取最大的性能。150% 和 110% 的额定值一般不在伺服型应用中使用。过载（和恢复）时间更适合采用感应电机的工业应用。

确保使用最新的固件能为 MotiFlex e180 提供改进后的 8kHz 额定值。4kHz 和 8kHz 的额定值是等效的。在选择 PWM 频率时，应考虑所需的最大电机速度。为获得最佳的电流控制，ABB 建立采用 32:1 的最小 PWM:f_{motor}（电机频率）比率。

示例：

根据 $v = 120 * f_{\text{motor}} / p$ （其中， v 是以 rpm 为单位的速度， f_{motor} 是电机频率， p 是电极数量）获得电机同步速度对 4kHz 和 32:1 的比率，我们可以得到 f_{motor} ； $f_{\text{motor}} = 4000 / 32 = 125 \text{ Hz}$
对八电极的 BSM90N 电机...

$$\Leftrightarrow v = 120 * 125 / 8 = 1875 \text{ rpm}$$

因此，如果使用了 4 kHz 的开关频率，我们不建议在 1875 rpm 以上运行 BSM90N 电机。为了尽量提高速度，我们可选择 8 kHz 代替。它可以运行得更快，但随着 PWM:f_{motor} 比率的下降，电流稳定性将变差（如果比率下降到低于 16，你可能遇到驱动器的间歇式过电流触发故障）。

因为这些原因，在使用最大速度通常要低得多的感应电机时，选择 4 kHz 更为常见。同时注意，增加 PWM 频率将导致电机发热上升，因此需检查电机的设计是否能应对 8 kHz 的操作。

电机反馈

在本屏幕中，我们可以定义或检查所选择反馈设备的信息。在本例中，电机连接有 SmartAbs（串行、单匝、绝对值）反馈，它由之前选择的电机部件编号定义（BSM60R-240MT）。其它反馈类型的设置屏幕与本文所示不同。

Motor Feedback

Please confirm that the feedback type and resolution are correct for your motor. No feedback type is required for V/f control. If no feedback device is fitted, select None.

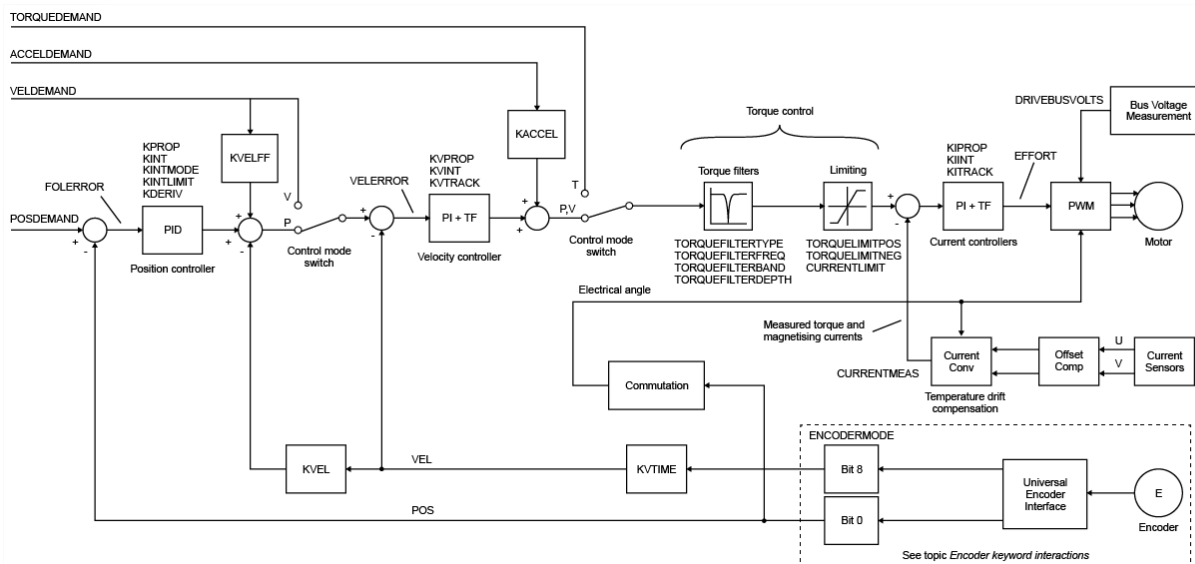
Motor Feedback		
Encoder Channel	Encoder 0	
Feedback Type	Smart Abs	
Feedback Options		
Encoder Info	Unable to read information from feedback device	
Single-turn Bits	17	bits (131072 counts per rev)
Multi-turn Bits	0	bits (1 revs)
Encoder Pre-scale	1	= range of -64.00 to 64.00 revs
Effective Resolution	131072	counts per rev
Battery Fitted	No	
Simulated Encoder Output 0		
Encoder source channel	None	
Resolution	1000	x 4 = 4000 counts per motor rev

对需要绝对位置范围的轴，可使用“Encoder Pre-scale”参数（Mint 中的 ENCODERPRESCALE）来调节有效分辨率。屏幕同时显示达到绝对位置范围前可达到的电机转数，以及编码器分辨率和编码器预缩放设置相结合形成的有效分辨率。可在 1 到 128 的范围内调节编码器预缩放。如果在将来修改预缩放，有必要再次重置应用最大速度参数（DRIVESPEEDMAX）以及速度和位置增益。因此，在本阶段确定是否需要编码器信号的任何预缩放是明智的做法。

我们也可以在这里定义电机模拟输出信号源通道和分辨率。分辨率是编码器每转的脉冲数量，“编码器信号源通道”是表示要把驱动器上的哪一个编码器用作模拟编码器输出给定值。它的选项有 0、1 或 2，对应编码器通道 0（通用编码器输入）、1（驱动器的快速数字输入形成的编码器输入）或 2（次/主编码器输入）。在大多数情况下，电机反馈连接到编码器通道 0。因此，设置 0 将模拟安装到电机上的反馈设备。在准备好后点击 Next。

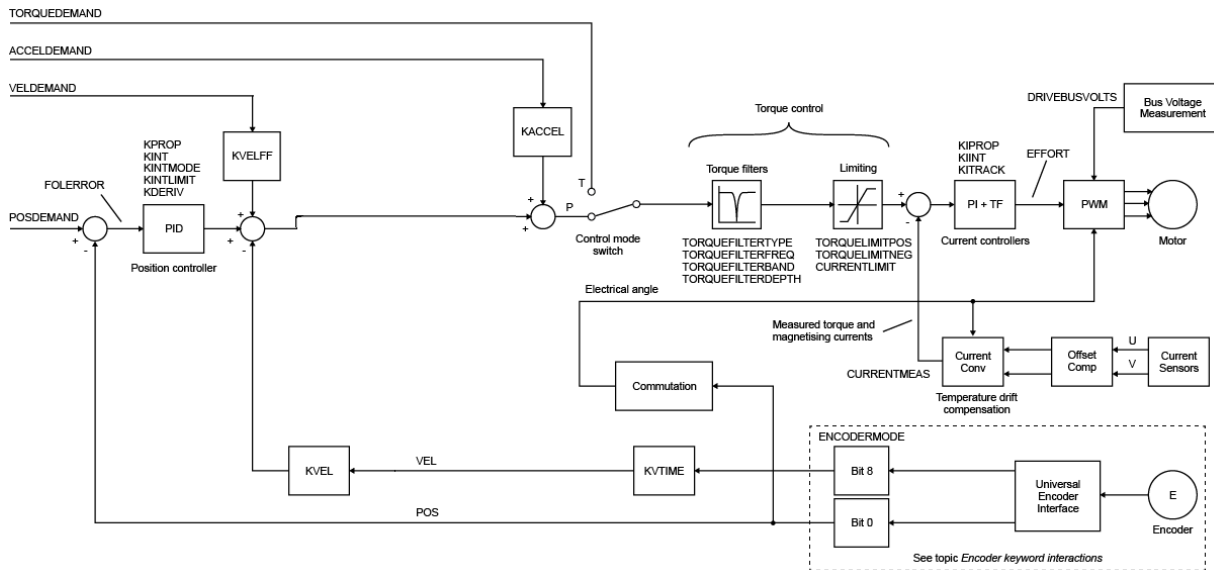
设置伺服配置

驱动器默认将作为“速度伺服驱动器”运行。这意味着，如果使用了位置环，位置环 PIDVF 控制器的输出将作为速度需求，之后传递给驱动器的 PI 速度环控制器。然后，速度环控制器的输出作为电流需求传递到 PI 电流控制器。“速度伺服驱动器”通过设置驱动器参数 CONFIG(0)为 1 (或_cfSERVO)来设置。下面的框图解释了速度伺服驱动器配置的控制结构。。。



这种设置适合多数通用应用。但是，对有严格的精度和极低循环时间的应用来说，把驱动器用作“转矩伺服驱动器”可能更为合适。例外情况是必须使用速度环的应用（比如，使用了 Mint VELREF 运动命令或运动控制器在 CSV 模式下运行的应用）。

下面的框图解释了转矩伺服配置的控制结构：



如果你认为使用转矩伺服操作可能对应用有益，那么右击当前 Workbench 屏幕空白区域内的任何位置，并选择“ Command Line”菜单选项。现在，在命令窗口中输入：

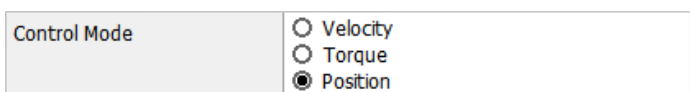
```
CONFIG(0) = 6 (或_cfTORQUE_SERVO)
```

如果你不确定，保留 CONFIG 的默认设置 1。可以在随后的任何时候适时修改它。记住，在收到保存驱动器参数的提示前（或在选择 Tools>Store Drive Parameters 前），所有的驱动器设置都可能丢失，重新上电将使驱动器恢复上次保存的值。

选择运行模式和信号源

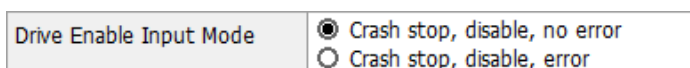
驱动器有三个控制环：位置、速度和电流（转矩）。因此，我们可以选择以 Position（默认设置）、Velocity 或 Torque 控制模式来运行驱动器。在这里，应该作出适合应用的选择。如果驱动器作为网络驱动器运行（即，通过 EtherCAT 或 Ethernet Powerlink），将根据网络主机（即，运动控制器）是在周期同步位置（CSP）、周期同步速度（CSV）还是周期同步转矩（CST）模式下运行来作出选择。如果驱动器正在作为模拟驱动器运行（从运动控制器接收 +/-10Vdc 需求），则可以选择 Velocity 或 Torque。如果驱动器正在运行本地 Mint 程序，则可以选择 Position。

在本例中，我们为控制模式选择“ Position”。



在伺服配置设置为 6（_cfTORQUE_SERVO）时，把 Control Mode 设置为 Velocity 无效。如果尝试使用这种组合，不会发生任何运动。

如果在驱动器已使能时，驱动器使能输入被移除，由驱动器使能输入模式确定所执行的操作。



对使用模拟运动控制器的应用（比如，NextMove ESB-2），驱动器将作为系统运行的正常部分使能/禁用（使用运动控制器上的输入）。因此，在这种情况下，我们可能想要避免驱动器在每次移除使能时进入错误/故障，我们可以选择“ no error”选项。这也是实时以太网模式下运行的驱动器的典型设置。只有在你想要驱动器使能输入被移除时使驱动器进入故障状态，才选择“ error”选项。



DRIVEENABLEINPUT 默认不配置（因为大多数应用只使用 STO 输入）。如果你需要定义这个输入（比如，正在更换 Baldor FlexDriveII 或 ABB Analog MicroFlex 等较老的模拟驱动器），则切换到命令窗口，并输入

```
DRIVEENABLEINPUT = n (其中，n 是使用的输入通道)
```

Drive Enable Mode 允许用户选择如何使能驱动器，提供的选项从只从硬件使能输入使能驱动器，到通过板载 Mint 程序使能控制。要了解详细信息，请参考 Mint 帮助文件中的 DRIVEENABLEMODE 主题。

Drive Enable Mode	<input checked="" type="radio"/> Software enable <input type="radio"/> Cancel + Auto enable <input type="radio"/> Hardware enable <input type="radio"/> Auto enable <input type="radio"/> Cancel + Hardware enable
-------------------	--

对智能和网络驱动器应用，一般选择“ Software enable”。对模拟驱动器，最有可能选择“ Hardware enable”选项。

应该设置与应用匹配的给定值信号源。选项包括：

- Direct (Mint 程序/Profinet/ModbusTCP/EthernetIP/PC 应用程序控制)，
- RT Ethernet (EtherCAT 或 Ethernet Powerlink)
- Analog Input (通过 Control Ref. Channel 中选择的模拟输入提供的 Velocity 或 Torque 给定值)

Reference Source	
Control Ref. Source	<input checked="" type="radio"/> Direct (Host/Mint) <input type="radio"/> RT Ethernet (CiA402) <input type="radio"/> Analog Input (direct)
Control Ref. Channel	Analog Input 0

应用限值

应用限值定义系统的特定电流和速度限值，以及驱动器在过载情况下的行为。应用峰值电流设置被自动设置为电机或驱动器额定峰值电流的下限值。它不能设置得比这些值中的最低值高。但是，如果需要限制施加到电机和负载之间的机械传动元件上的转矩，可以设置为更低的值。

Current Limit		
Motor Rated Current	1.600	Amps (RMS)
Motor Peak Current	5.000	Amps (RMS)
Drive Rated Current	2.300	Amps (RMS)
Drive Peak Current	4.600	Amps (RMS)
App. Peak Current	4.600	Amps (RMS)

还可以在这里设置电机和驱动器过载响应。默认情况下，驱动器会在出现任何过载条件时触发故障。有时候，如果想要驱动负载达到限值，可能想要通过限制电流而不是把驱动器置于故障状态来限制转矩。如果利用了电机热敏开关，还可以完全忽略驱动器的 I2 电机过载算法（只依靠热敏开关来禁用驱动器）。这能够从系统中榨取更多一点的性能，特别是在电机安装在拥有大散热器的设备上时。

Overload Protection Function	
Motor Overload Action	<input type="radio"/> Ignore <input checked="" type="radio"/> Trip drive <input type="radio"/> Foldback current
Drive Overload Action	<input checked="" type="radio"/> Trip drive <input type="radio"/> Foldback current

这时，有必要了解电机需要在应用环境中以多快的速度转动。如果在当前阶段你不了解应用环境的最大速度可能达到什么程度，则把它设置为最大电机速度的约 75%。如果在之后执行调节后修改这个值，则有必要重新计算速度和位置环增益。因此，现在应该尽量正确地设置这个值。

Application Max Speed		
App. Max. Speed	4000	RPM
Over Speed trip level	110	%
Max Motor Speed	5000	RPM
Max Theoretical Speed	7500	RPM

对设计为以较低速度运行的应用，建议降低“ Application Max Speed”以尽可能最大化速度分辨率，这能提高较低速度下的速度精度。但是，为避免不需要的误差，务必把这个参数设置为略高于最大值。最好不要把它设置为低于 500 rpm。

选择换算系数

在这里设置位置、速度和加速度用户单位。如果保留它们的默认值（1.00），则在驱动器本地使用的所有位置、速度和加速度将采用编码器计数，但它在真实世界中几乎不起作用。更常见的是在这里输入值，把这些属性换算为应用中使用的单位（比如，考虑所有的齿轮、减速机 and 机械系数，把编码器计数表示为线性行程的毫米数，或旋转度数）。单位文本框是组合文本框。因此，如果需要，可以按下图所示在这些文本框中输入所需要的单位，然后输入每个单位的编码器计数。

Select Scale Factor

Select the units and scale factors you would like to use in your application.

Scale Factor		
Position User Unit	mm	
Position Scale Factor	320.3	Count(s) per Position User Unit
Velocity Scale Unit	mm/s	
Velocity Scale Factor	320.3	Count(s) / s per Velocity Scale Unit
Accel Scale Unit	mm/s/s	
Accel Scale Factor	320.3	Count(s) / s ² per Accel Scale Unit

此外，组合文本框内置了“ revs” 选项。选择该选项会自动设置与先前在向导中为电机转数设置的有效分辨率的相关比例（不一定与负载转数相同）。

Select Scale Factor

Select the units and scale factors you would like to use in your application.

Scale Factor		
Position User Unit	Revs (r)	
Position Scale Factor	131072.00	Count(s) per Position User Unit
Velocity Scale Unit	Revs per second (r/s)	
Velocity Scale Factor	131072.00	Count(s) / s per Velocity Scale Unit
Accel Scale Unit	Revs per second sqd (r/s ²)	
Accel Scale Factor	131072.00	Count(s) / s ² per Accel Scale Unit

我们在这里设置的值供驱动器在调节过程中本地发送的所有命令使用，同时还影响在 Workbench 的各个 Spy 窗口中显示的换算值。还可以通过这些值来换算驱动器上的 Mint 程序中与运动相关的参数（比如，SPEED、ACCEL、MOVER 等）。但在这种情况下，通常是 Mint 程序本身包含有换算系数。它可能与这里在驱动器的参数中设置的值一致或不一致（比如，有人可能想要在调节驱动器时把它设置为“ revs”，但 Mint 程序之后可能以“ linear mm” 运行）。

简言之，任何直接在驱动器上发起和配置的运动命令将使用驱动器上设置的换算系数。

配置参数

Current Control Profile Parameters		
Rise Time	0	ms
Fall Time	0	ms
Error Fall Time	0	ms
Speed and Position Profile Parameters		
Default SPEED	30	r/s
Accel Time to SPEED	500	ms
Decel Time to SPEED	500	ms

Position Control		
Max Position Error	0.01	r
Idle Position Tolerance	0.01	r
Idle Velocity	0.2	r/s

上文所示的电流、速度和位置配置参数是由驱动器自己配置运动时使用的默认值（即，如果它是位于 Ethernet Powerlink 网络上的 Controlled Node (CN) 配置轴，在它执行微调测试运动或从 Mint 程序发起运动时）。经常是把默认的 SPEED 和 accel 和 dcecel times 设置为应用要求中的典型值（但是，这些值都可以在之后调节，因此它在当前阶段并不重要）。因为我们已经在之前把我们的示例驱动器换算设置为“ revs”，注意 SPEED 的单位现在被显示为“ r/s”（即，转每秒）。

如果驱动器需要在应用的任何时间点上以位置控制模式运行，必须设置“ Position Control” 参数。这些参数都有最初以计数设置的默认值。因此，在之前设置好你的换算系数后，它们在很多地方都可能是分数形式。一般是把它们向上舍入最接近的有效数字。不要为“ Idle Velocity” 降低值，因为这会影响到驱动器检测“ Idle”（运动完成）条件的可靠性。

Max Position Error – 设置任何时候在需求和测量位置之间允许的最大偏差（即跟随误差限值-FOLERRORFATAL）。按照之前设置的 POSSCALEFACTOR 换算这个值

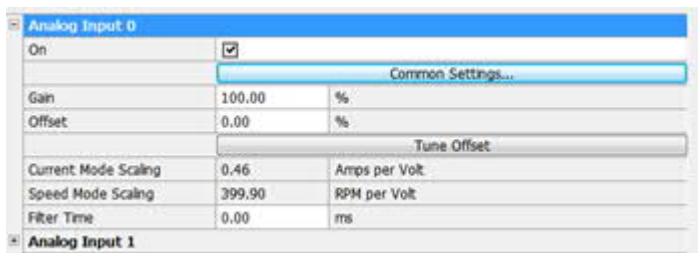
Idle Position Tolerance – 设置轴必须多接近目标位置，才能认为移动完成（即，轴需要达到 IDLE - IDLEPOS）。按照之前设置的 POSSCALEFACTOR 换算这个值。

Idle Velocity – 轴的行走速度必须低于该值，才能认为移动完成（即，IDLEVEL）。最小速度分辨率为 4000 次计数/秒。因此，一般是把这个值设置为等于或高于 20000 次计数/秒（使用的值取决于之前设置的 VELSCALEFACTOR）。

点击“ Next” 继续。

模拟输入参数

可设置模拟输入来适应不同的常见配置。也可以使用这里的增益和偏移参数来配置驱动器的板载模数转换器如何解释原始信号。

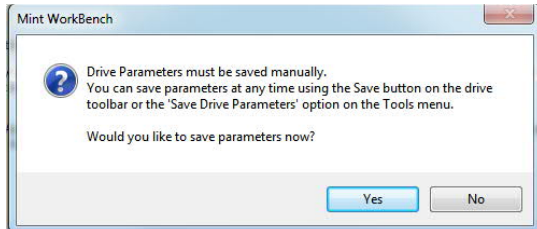


如果驱动器正在被用作模拟驱动器，则有必要调节模拟输入上的任何偏移。确保运动控制器模拟输出为零，点击“ Tune Offset” 按钮。驱动器将测量模拟输入，设置一个适当的偏移值来确保测得的模拟需求为零。

如果驱动器正在被用作模拟驱动器，不要设置“ Filter Time”。但是，如果模拟输入正在被用于一般用途（比如，可以连接卷径传感器作为模拟输入），你可能想要考虑添加一个滤波器来使输入信号平滑化，并日抵消任何电噪声的影响。

点击“ Next” 继续。

在向导结束时，将提示用户保存到目前为止已经配置的驱动器参数。



点击“ Yes”，Workbench 现在将自动打开“ Auto Tuning” 页面，我们即将开始自动调节驱动器。



注意：在上电时，驱动器会在最开始从存储的参数表中载入所有配置/参数设置。但是，如果驱动器运行 Mint 程序，其中的部分或所有设置可能在运动时被覆盖。

2.2 查看和修改参数

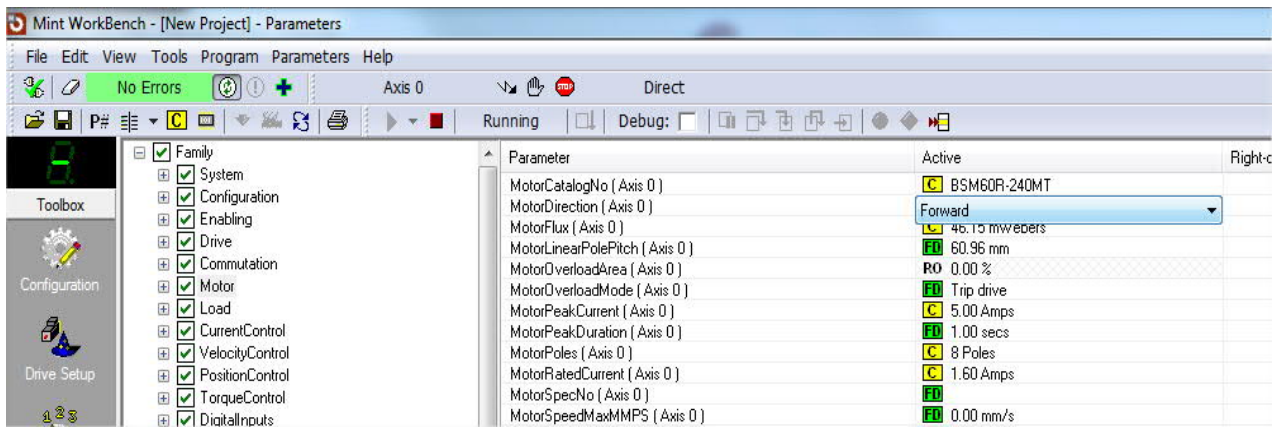


在我们输入应用数据和保存时，驱动器就设置好了内部驱动器参数。在我们继续自动调节（和微调）过程时，我们可能想要检查或修改某些参数（比如，正向命令的电机方向或电机抱闸参数）。可通过直接编辑驱动器参数表来修改驱动器设置（点击 Workbench 左侧工具箱内的 Parameters 图标），或右击 Mint Workbench 的任何空白区域，并从上下文菜单中选择“ Command Line”，然后可在其中输入 Mint 关键词/参数。

在以下章节中，我们将说明如何使用 Parameters 屏幕来修改电机方向和电机抱闸参数（最常使用/调节，不是调试过程本身的组成部分的设置）。

2.2.1 修改电机方向

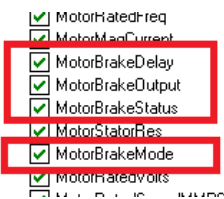
从左侧的搜索树中选择 Family->Motor。



电机方向参数在右侧窗格中列出。点击激活值（Forward 或 Reverse），并在需要时选择相反的方向。列出的所有参数都以其 Mint 关键字形式显示。因此，MOTORDIRECTION 是可在 Mint Workbench 命令窗口中设置的关键字（MOTORDIRECTION = 0 或 MOTORDIRECTION = 1）。

2.2.2 电机抱闸控制

选择 Family/Motor 并展开参数树。在电机相关参数的列表中，你可以找到大量与电机抱闸相关的设置，如下图所示。



Motor brake delay 包含三条单独的通道：

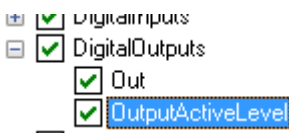
- 通道 0 是在停用驱动器前为抱闸合闸留出的时间
- 通道 1 是在开始运动前为抱闸分闸留出的时间
- 通道 2 设置驱动器启用与其建立伺服控制之间的延时

Motor brake output 设置应该把哪个数字输出用作抱闸输出



电机抱闸输出应该配置为低电平有效（电气设计应该保证输出关闭时抱闸合闸）

要设置输出激活电平为低，可在 Mint Workbench 命令窗口使用 OUTPUTACTIVELEVEL，或在参数查看器中使用 Family>Digital Outputs>OutputActiveLevel。



然后，在右侧的窗格中设置适当的输出/位为低电平有效。下面的例子显示了把输入 1 设置为低电平有效的过程。



电机抱闸状态只显示当前的抱闸控制状态（即，把抱闸视为合闸还是分闸）。

电机抱闸模式允许用户启用或停用电机抱闸控制。

要了解关于电机抱闸控制的更多信息，请阅读 Mint 帮助文件：*Hardware->Input/Output Handling->Motor brake control*。

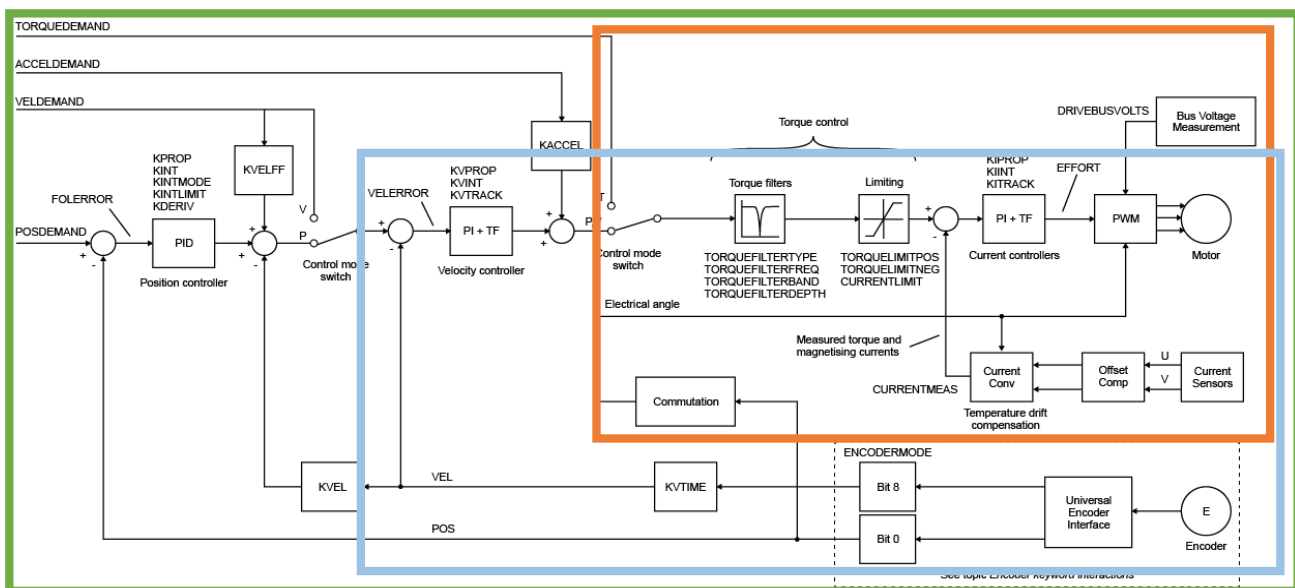
2.3 理解控制率和控制环

在我们进入自动调节过程前，最好能够了解驱动器利用各种内部控制环的方式，因为在之后我们通过微调达到电机/驱动器组合的极限性能，它能为我们提供帮助。

一般来说，控制率和伺服配置的默认设置对大多数使用 ABB 运动产品的系统已经足够。但是，对它们进行修改以与应用匹配也能带来一些好处。因此，我们将在本文件的后几页中详细了解。

速度伺服控制环

驱动器包含三个嵌套控制环，并且所有三个控制环都在默认的“速度伺服”配置中使用（CONFIG 参数设置为 1 或_cfSERVO）。最内层环是电流控制环（橙色）。它封闭在速度控制环中（蓝色）。最外层环是位置控制环（绿色）。



电流环从速度控制环接收转矩/电流需求。速度控制环再从位置环接收速度需求。在任何时候，位置环基于需求和测量位置生成速度需求。注意，如果驱动器在速度模式下运行，位置环被关闭，速度需求直接提供给速度控制环。同样，如果驱动器在电流/转矩模式下运行，速度环被关闭，转矩需求被直接提供给电流控制环。

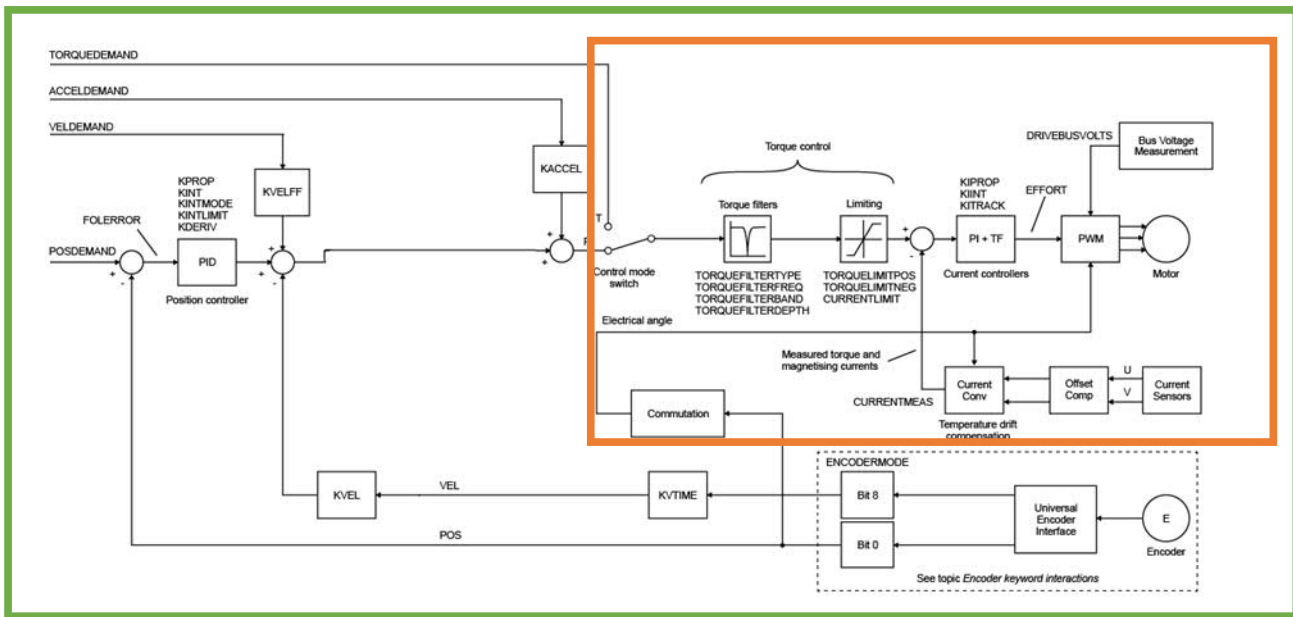
电流环最终驱动电流进入电机，生成转矩使电机加速或减速。必须对这条环进行准确调节，以确保良好的性能。如果电流环反应差，则任何的速度或位置环调节都不能改善这种状况。

位置和速度控制环是封闭控制环，需要来自电机的反馈。由安装在电机上的传感器生成信号，用于确定电机的实际位置和速度。该位置和速度与需求位置和速度之间的任何差值会产生对电流控制器的需求，进而使电机做出反应填补这个差距。其中的每个控制环都有一些相关的增益项，每个增益项都需要调节系统负载条件。

转矩伺服控制环

对需要高动态性能、最短的整定时间和零速下更高的抗震荡能力的应用，在转矩伺服配置下运行可能有益。通过设置 CONFIG 参数为 6（或_cfTORQUE_SERVO）来配置转矩伺服。

在转矩伺服配置下，分级速度环被移除，由位置环把转矩/电流需求直接馈送到电流控制环，如下图所示：



如果正在使用 Mint VELREF 运动命令，或者是需要以 CSV 模式下运行的实时以太网运动控制器，转矩伺服对速度模式下配置的模拟驱动器来说是一项无效的配置。

环的控制率

三个控制环（位置、速度和电流）的采样率是驱动器运行的基础，因此自动设置为最佳默认值。但是，如下表所示，可使用 Mint Workbench 的“Parameters”页面或 Mint CONTROLRATE 关键字来读取值（以及运动曲线生成频率）。

项目	描述	默认比率	可能的值
0	运动曲线生成频率	1 kHz	125 Hz、250 Hz、500 Hz、1 kHz、2 kHz、4 kHz
1	位置环采样率	4 kHz	4 kHz
2	速度环采样率	4 kHz	4 kHz
3	电流环采样率	16 kHz	8 kHz 或 16 kHz（只读）

除读取采样率外，可使用 CONTROLRATE 参数/关键字来调节运动曲线生成频率。它决定了驱动器生成新的目标位置/速度/转矩（取决于控制模式）的频率。其它驱动器功能与运动曲线生成频率相连接（比如，处理运动触发）。因此，在基于 Mint 的高性能应用中，可能有必要提高运动曲线生成频率 - 注意，这会提高处理器开销。因此，它会延缓 Mint 应用代码的执行。



对 CONTROLRATE 的修改只有在驱动器重新上电后生效。

3 电机调节

3.1 调节前要执行的检查

建议在调试的第一阶段断开电机与负载的连接。这是因为，某些自动调节测试应该在无负载的情况下执行，同时也是为了应对连接错误或其它可能导致意外行为的此类故障。如果电机上安装有抱闸，确保向抱闸施加 24Vdc 电压并检查电机轴是否能够自由转动，或者按照上文 2.2.2 电机抱闸控制

电机抱闸控制



ABB 电机抱闸没有安装电气抑制。因此，请确保你在电机接线盒内安装了适当的二极管来抑制抱闸线圈，确保极性正确。

在开始调节过程前，确保 STO 电路（和控制系统的其它安全相关部件）可运行，以便在需要时停用驱动器和使其进入安全状态。为了把驱动器作为调节过程的一部分启用，STO 输入和驱动器使能输入（如果已经定义）需要打开。



如果有负载垂直悬挂在电机上，并且抱闸在驱动器停用时分闸，则负载将无任何阻力的下坠。

3.2 初始调节

以下章节详细描述了如何使用 Mint Workbench 的“Auto Tuning”页面来调节驱动器以匹配连接的电机。自动调节测试可划分为电机与被驱动设备未连接时执行的测试（无载测试），以及负载与驱动器设备连接时执行的测试（有载测试）。

如果你正在使用第三方或定制电机，并且你先前输入的数据有空缺（比如，你当时可能不知道电机电感），则有必要完成下列所有自动调节测试。Workbench 将自动选择你需要的测试。

- 测量定子电阻和电感
- 计算电流环增益
- 测试反馈
- 测量电压常量（仅伺服电机）
- 测量惯量
- 计算速度和位置环增益

如果你正在使用从数据库选择的标准 ABB 电机，并且连接正确，则只需要完成推荐的自动调节过程：

- 计算电流环增益
- 测试反馈（只有某些反馈类型需要）
- 测量电机惯量
- 计算速度和位置环增益

在下面的章节中，我们将提供关于每项自动调节测试的更多信息。

到目前为止，你应该已经决定是使用默认的速度伺服配置（CONFIG(0) = 1 或_cfSERVO），还是可选的转矩伺服配置（CONFIG(0) = 6 或_cfTORQUE_SERVO）。因这项配置而存在差异的唯一一个自动调节步骤是“计算速度和位置环增益”。因此，如果你决定在任何时候修改 CONFIG，务必重复这一自动调节步骤（或在位置环微调屏幕重新计算这些增益）。



如果驱动器正在转矩/电流模式下运行（作为一个模拟驱动器或网络驱动器配合 CST 模式下的运动控制器运行），你不需要完成列表中“测试反馈”以后的任何测试。与速度和位置控制回路相关的所有其它测试

要执行自动调节测试，选择适当的一个或多个复选框，点击“Start”按钮。要在任何时候停止这一过程，点击“Stop”按钮。在测试完成后，在测试旁边会显示绿色的勾号。测试状态将显示在 Mint Workbench 输出窗口中。

3.3 无载调节

以下流程图将引导用户完成交流伺服电机的无载调节程序：





在某些情况下，系统可能无法通过自动调节程序。如果出现这种情况，双击你用来设置系统的参数，并在必要时进入第 4 节（调节过程中的调节和故障诊断）。如果自动调节仍然失败，请联系你的本地 ABB 支持办公室

3.3.1 测量定子电阻和电感

如果是从内置数据库选择电机，或者已经从数据表输入电机的定子电阻和电感值，没有必要执行这项测试。如果执行本项测试，它将启用驱动器，并对电压施加阶跃变化来测量电流响应，以计算出时间常量，进而计算出定子绕组的电阻和电感。对时间常量极低的电机，这项测试可能失败。如果你需要执行这项测试，但测试失败，你将需要手动调节电流环参数。如果这项测试成功，则将在屏幕底部的结果窗口中显示定子电阻和电感。例如，

```
Test Started - Measure stator resistance and inductance.
Test Completed - Measure stator resistance and inductance.
Stator Resistance: 3.475734 ohms
Stator Inductance: 9.734374 mH
```

3.3.2 计算电流环增益

如果执行本项测试，它将使用已知的电阻和电感值来计算电流环比例（KIPROP）和积分（KIINT）增益的值。电机将不会在这项测试中移动。如果这项测试成功，则将在屏幕底部的黑色结果窗口中显示这些增益的值。例如，

```
Test Started - Calculate current loop gains.
Test Completed - Calculate current loop gains.
KIProp: 0.172960
KIInt: 189.286362
```

将在自动调节过程中使用定义的带宽来计算增益值-默认值为 2000 rad/s。但是，如果需要，可以通过勾选框右侧的“Options...”按钮修改它。如果所连接的电机电感非常低，可能需要降低带宽值。如果驱动器无法计算这些值，你将需要手动调节电流环。

3.3.3 测试反馈

如果执行这项测试，它将启用驱动器，使电机向后和向前旋转一个电气周期。这项测试允许驱动器测量转子中磁极的机械位置与所连接的反馈设备的零点之间的偏移。理论上来说，在使用配备旋转变压器或带霍尔的增量式编码器的 ABB 伺服电机时，不需要这项测试，因为这些电机的偏移是由数据库中提取。但是，执行这项测试通常是一个好的做法，因为它能在测试过程中帮助提前发现接线故障。如果这项测试成功，则 Mint Workbench 将显示关于测得的反馈偏移的信息：

SmartAbs 编码器的例子：

```
Test Started - Test the feedback.
Test Completed - Test the feedback.
Feedback Offset: -178.591507 degs
```

增量式编码器+霍尔的例子：

```
Test Started - Test the feedback.
Test Completed - Test the feedback.
Hall Table:
Hall State      1      2      3      4      5      6
Sextant         6      2      1      4      5      3
Hall Forward Transition Angles (deg):
Sextant         1-2    2-3    3-4    4-5    5-6    6-1
Angle           29.9   89.3   150.8  -149.4  -88.1  -30.7
Hall Reverse Transition Angles (deg):
Sextant         2-1    3-2    4-3    5-4    6-5    1-6
Angle           28.6   88.6   149.3  -150.5  -90.0  -31.1
```



在能够测试反馈前，必须已经成功计算电流环增益。

3.3.4 测量电压常量

如果执行这项测试，它将启用驱动器和少量旋转电机（方向、行程、速度和转矩限值由测试右侧的 Options 按钮设置）。驱动器测量电机生成的返回 EMF。如果测试成功，Workbench 将显示结果。如果之前已经输入电压常量，则不需要这项测试（比如，你正在使用电机数据库中已经存在的 ABB 伺服电机）。



这项测试可作为一种有用的去磁电机诊断方法。如果测量了电压常量，且读数比列表数据低得多，则电机有可能已经去磁，应该被更换。

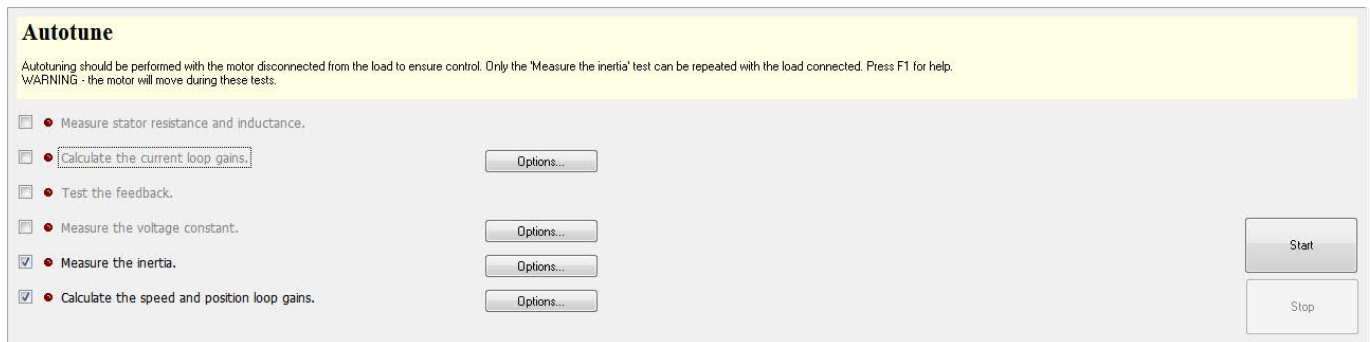
3.4 有载调节

如果应用要求驱动器只能在转矩控制模式下运行（作为模拟驱动器或与 CST 模式下运行的运动控制器一起），你可以直接跳到 3.5.1 电流环微调。电流环的响应不受机械负载的影响。因此，在这种情况下不需要测量负载惯量或设置速度和位置环增益。

如果驱动器需要使用速度和/或位置控制环，你应该继续阅读。

到目前为止，我们已经完成了应该在无载情况下执行的自动调节测试。其余测试最终应该在有载情况下完成（但是，在花时间重新连接机械负载前，为了确保没有基本问题，以及确保电机的正向与应用的正向一致，在开始就运行这些测试也非常常见，特别是在机械部件只在一个方向上运动时）。按照要求，使用 Mint 关键字 **MOTORDIRECTION** 来设置电机方向。

在本节的其余部分，我们假设已经在无载情况下完成这些最终测试，已经按照要求设置好电机方向，并且负载已经重新连接。在驱动器能够自动计算速度和位置环增益前，它必须了解所连接负载的惯量。因此，我们必须同时选择两项测试才能成功完成有载测试（如果你需要在以后重新计算速度和位置环增益，比如，如果你在之后修改应用最大速度，在该项测试已经成功完成时，则不需要再次测量惯量）。



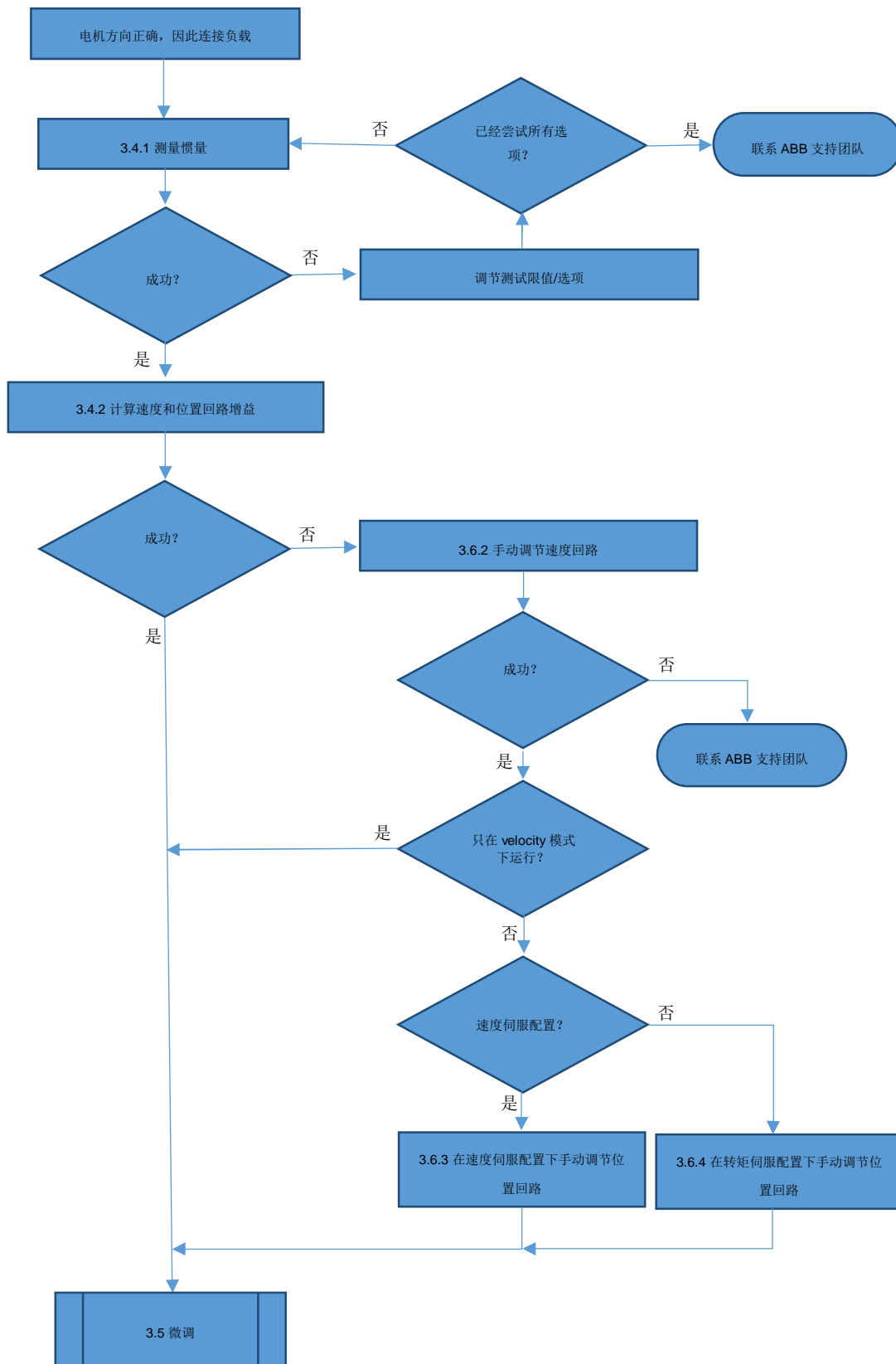
在开始测试前，点击 **Options** 按钮配置要完成的测试的范围和性能限值（比如，你可能想把方向限制为只有正向，或限制电机的最大行程以避免撞击终点挡板）。

用于计算速度和位置环增益的 **Options** 按钮可为系统设置带宽（刚度）。默认值为 150 rad/s。这样一般能提供高水平的性能。对存在高惯量不匹配、机械间隙，或低编码器分辨率的系统，你可能会发现需要降低这种带宽。同样，对安装有高分辨率编码器，刚性非常强的系统或电机，你可能能够增加带宽（300 是最大推荐值）。

在你选择了你需要的任何选项时，点击“**Start**”开始自动调节过程。要在任何时候停止自动调节过程，点击“**Stop**”。屏幕底部的输出窗口显示自动调节测试的进度。在每项测试完成后，将显示绿色勾号。

等待调节测试完成。作为测试完成的指示，“**Start**”按钮会再次激活，同时在输出窗口上出现消息“**Auto tuning complete**”或“**Auto tuning failed**”。

以下流程图将引导用户完成有载调节程序。



自动调谐过程不计算每一个增益，它只计算特定控制回路操作必需的那些增益。因此，可能有必要根据应用需求手动输入跟踪因子增益、位置回路积分增益、加速前馈增益等的值。

3.4.1 测量惯量

如果执行这项测试，它将启用驱动器，施加已知的转矩，并尝试测量生成的加速度。驱动器可以使用公式 $T = J\alpha$ （转矩= 惯量* 以 rad/s^2 为单位的角加速度）来测量总惯量（连接的负载加上电机本身）。使用 **Options** 按钮来调节参数。一般可以接受默认的范围/限值。但是，对大惯量负载/电机来说，降低测试转矩、增加测试距离和只设置一个行程方向可能有用。驱动器通过测量移除施加的转矩后达到静止的时间来计算负载阻尼。如果这项测试成功，则将在屏幕底部的黑色结果窗口中显示值。例如，

```
Test Started - Measure the motor inertia.
Test Completed - Measure the motor inertia.
Load Inertia: 0.0000841 kgm²
Load Damping: 0.0003028 Nms/rad
```

3.4.2 计算速度和位置环增益

如果执行这项测试，它将使用来自所有先前的驱动器配置参数和测试的数据（负载惯量、阻尼因数、编码器分辨率、编码器预缩放、控制频率和最大应用速度）来确定影响速度和位置环的增益项的设置。如果这项测试成功，则将在屏幕底部的黑色结果窗口中显示增益值。

比如，在“velocity servo”配置中：

```
Test Started - Calculate the speed and position gains.
Test Completed - Calculate the speed and position gains.
KVProp: 7.569449
KVInt: 574.791931
KProp: 0.103515
KInt: 0.000000
KDeriv: 0.000000
KVelFF: 6.001200
```

比如，在“torque servo”配置中：

```
Test Started - Calculate the speed and position gains.
Test Completed - Calculate the speed and position gains.
KVProp: 0.000000
KVInt: 0.000000
KProp: 2.172570
KInt: 0.032819
KDeriv: 57.569756
KVelFF: 0.000000
```

可使用 **Options** 按钮来设置用于计算这些值的带宽（刚度）。默认情况下，速度和位置环带宽设置为 150 rad/s 。比如，对具有低分辨率或高力顺的系统来说，可能需要降低这个设置。但是，对具有高分辨率的系统和/或刚性非常强的机械系统，可增加这个带宽。

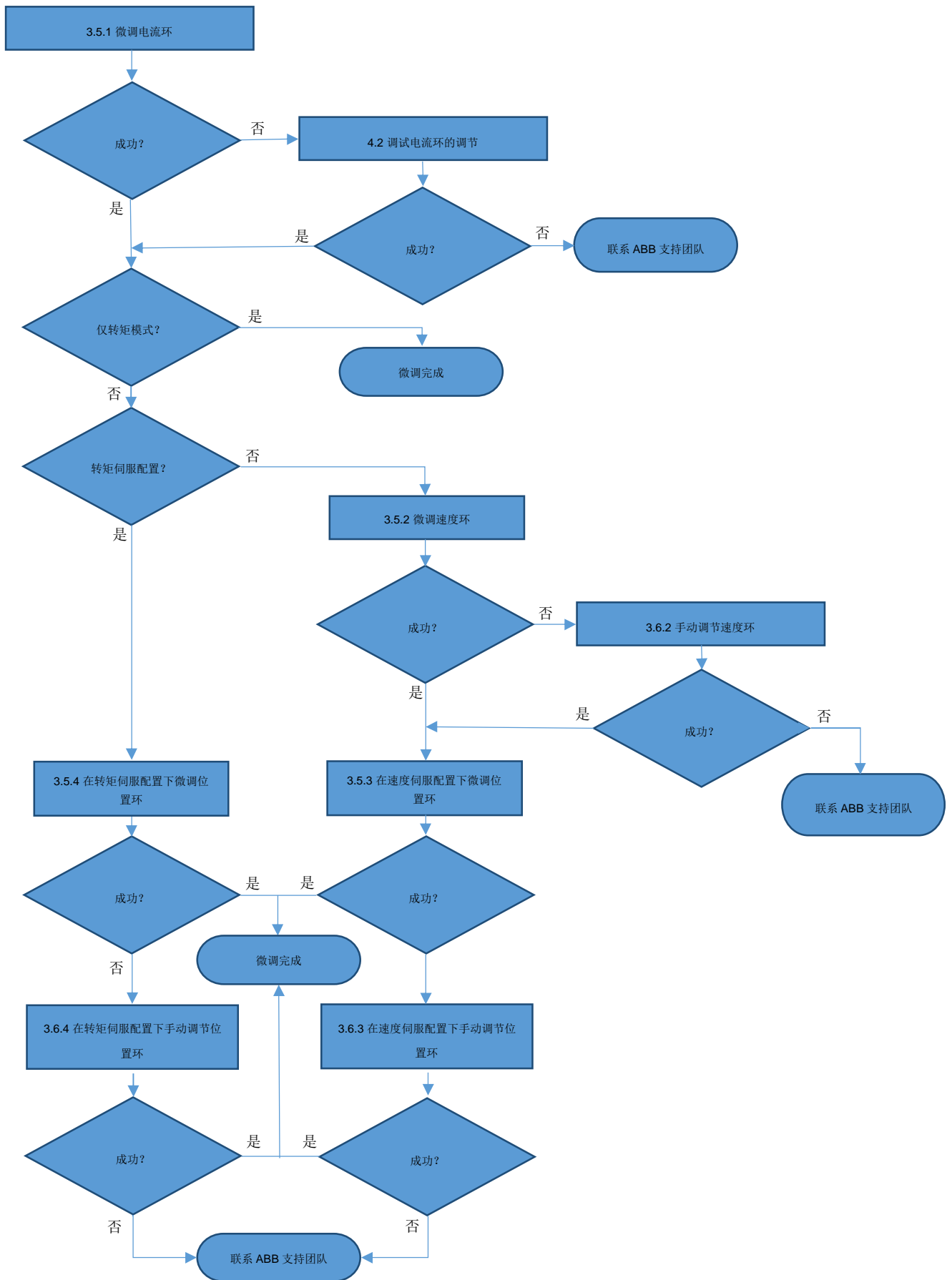


计算速度和位置环增益将覆盖已经手动输入的任何速度或位置环增益（比如，**KACCEL**）。因此，只有在你为丢失随后输入的任何微调值做好准备时，才使用这项测试。

3.5 微调

下一节假定自动调节已经完成，并且没有产生任何错误。我们将使用微调侦测窗口来调节自动调节最开始计算的值。我们始终从最内层的控制环（电流）开始，向外层操作。我们只需要微调要用到的环（比如，如果驱动器正在转矩控制模式下运行，则不需要微调速度或位置控制环）。

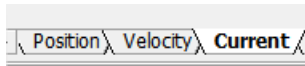
下面的流程图将引导用户完成微调过程：



我们可以通过屏幕左侧的工具箱来访问 Mint Workbench 的“ Fine Tuning” 页面。



进入 Fine Tuning 页面后，从屏幕右下部分的选项卡集合中选择要微调的相关环。



在调节控制回路时，最好利用五种不同的图形。你可以使用它们来记录数据，以在调节控制回路增益时比较你的结果。



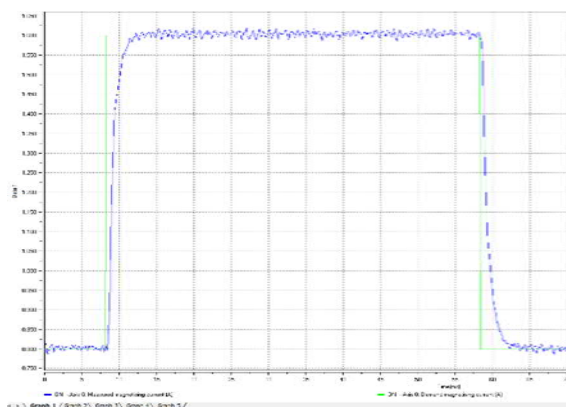
3.5.1 微调电流环

选择 Mint Workbench 屏幕右下角的 Current 选项卡。自动调节能够很好地调节驱动器的电流环。但是，检查一下我们是否能够加以改进始终是值得的。在可能使用低电感电机（比如，大外形尺寸的旋转电机或直线伺服电机）、默认电流环带宽可能过高，或需要非常精确的控制、可能有必要保证最佳电流环响应的应用中，这一点尤其重要。如果在这一微调过程中出现任何错误，参考 4.2 调试电流环调节一节。

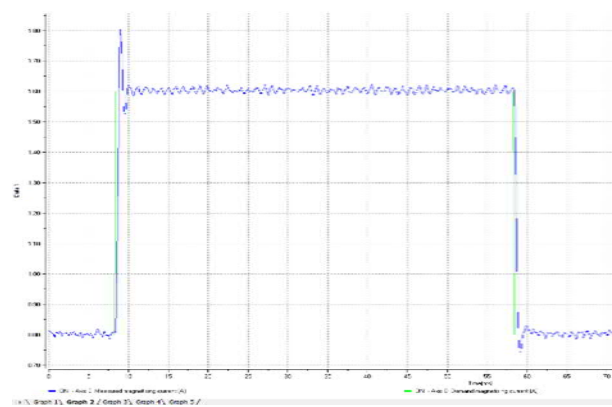
1. 可使用默认参数开始测试（电流在 25% 保持 50ms，测试类型设置为“ Stationary” ）。按下 Go 开始测试“ move” 。电机可能轻微抖动。电流环测试数据将被上传到 Workbench。你应该可以看到，测量电流能够很好地跟随需求电流，在每次阶跃变化结束时可能有一些曲线。忽略它。在低电流水平下，实际性能会被来自模拟电流传感器的噪声掩盖。因此，务必在 100% 的电流下调节增益。
2. 如果最初的 25% 测试顺利，把测试电流设置为 100% 并重复测试（注意，MotiFlex e180 驱动器设置的默认电流环滤波器 KITIME 为 0.1ms，以补偿电流传感器中的噪声。对性能非常高的应用，移除这个滤波器，即设置 KITIME 为 0）
3. 如果电流响应立即出现较大的过冲，则表示自动调节中使用的带宽对电机的（低）电感来说可能过高。可降低（尝试使用其原始值的 75%）KIINT 和 KIPROP，也可点击侦测窗口中的“ Calculate” 按钮并降低带宽 - 驱动器将自动重新计算电流环增益。

如果响应整体看起来正常，仅边缘上有曲线，则进入下一步

4. 现在，我们可以开始调节 KITRACK（不设置自动调节）。我们正在寻找尽量接近需求电流（默认的绿色轨迹）的测量电流（默认蓝色轨迹）。如下图所示，在开始时电流环的响应中会有一些“ 延迟”，我们可以通过增加 KITRACK 的值来改善。KITRACK 的单位是百分比。增加 KITRACK 将提高响应率和降低电流跟随误差。过高的 KITRACK 将导致无益的过冲/尖脉冲或过度调节迹象。



KITRACK = 0, 过阻尼响应



KITRACK = 80, 过冲过大

调节 KITRACK，找到初始过阻尼响应与理想二次响应之间的最佳中间状态，但应避免大电流过冲。

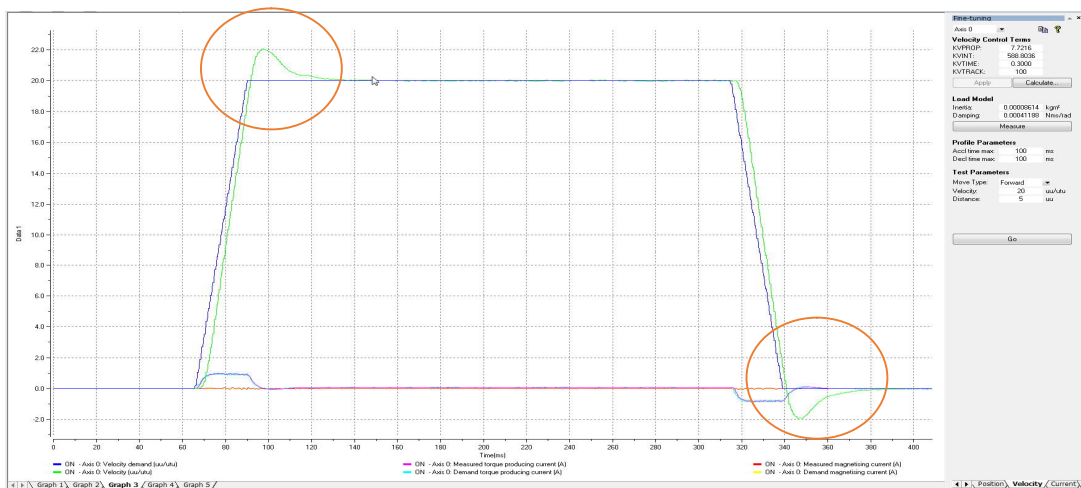
5. 满足响应条件后，选择 Tools>Store Drive Parameters 来永久保存任何修改（如果你不保存，则重置驱动器将导致驱动器恢复先前的调节参数）

在使用电气时间常数相对较高（比如，超过 10ms）的大电机时，如果应用出现电流环不稳定的迹象，则可能有必要通过降低电流环带宽来设置阻尼相对较大的电流环响应）。

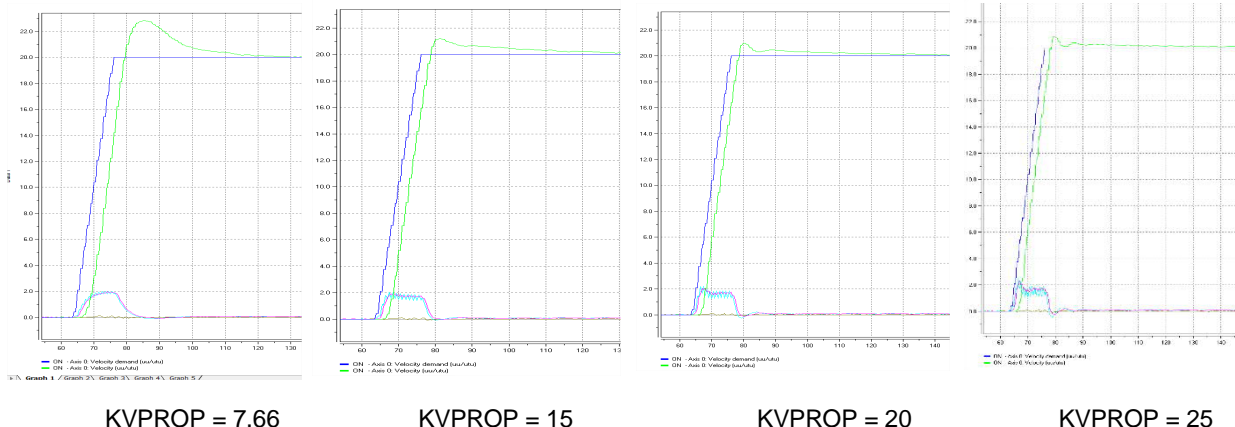
3.5.2 在速度伺服配置下微调速度环

选择 Mint Workbench 屏幕右下角的 velocity 选项卡。现在，我们将执行速度测试运动，以确定实际速度有多接近需求速度。如果是在转矩伺服模式下运行，则没有必要微调速度环（CONFIG = 6 或_cfTORQUE_SERVO）。

1. 尝试使用你的应用中的典型加速、减速和速度值。单位将取决于缩放（因为我们之前的缩放选择，我们现在为距离使用 revs，为速度使用 revs/s）。测试移动类型可以是正向、反向或双向。正向和反向可用于机械部件只在一个方向上移动的情况。在轴有物理行程限制时，可使用双向 - 你可以保证每项测试都在相同的地方开始。在本例中，我们的测试移动被设置为以 20 rev/s 的速度做正向移动，行程为 5 revs，加速和减速时间最大值设置为 100ms（这是达到驱动器/应用最大速度的时间，不是达到定义的测试移动速度的时间）。
2. 在输入这些参数后，点击“Go”按钮就可以开始移动。在移动完成时，Workbench 将显示图形。下图显示了对我们已编程的正向移动的响应。速度需求（蓝色）和实际速度（绿色）应严格匹配。我们可以看到，在加速斜坡的末端和减速斜坡的末端有过冲。在接下来的操作中，我们可以对这种响应进行一定程度的改进。现在的目标是在不“过度调节”系统的情况下尽可能的改善响应。过度调节将导致振荡，特别是在零速下。

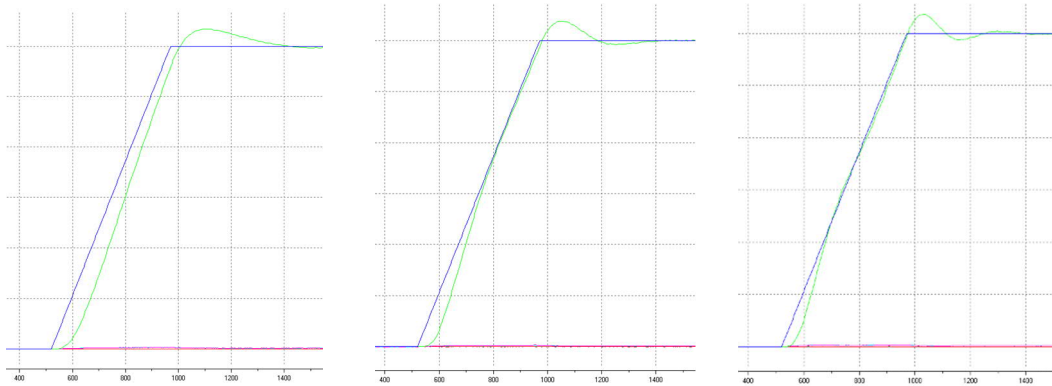


3. 有三项增益可供微调：抑制过冲的 KVPROP，使响应锐化的 KVINT 和执行一般跟踪系数的 KVTRACK。自动调节将设置 KVTRACK 为 100（%），一般应保持其原始值，只调节 KVPROP 和 KVINT（与电流环一样，如果你想只调节带宽以整体刚化或软化系统，可以使用 Calculate 按钮来调节它，驱动器将重新计算增益 - 但请注意，该带宽与位置环共享。因此，此处的调节也会影响位置环增益）。还有用于测量速度的滤波器 KVTIME。一般情况下，它对数字编码器应该设置为 0，对基于模拟（旋转变压器）的反馈设备可设置为最高 2ms 的任何值。在修改这些调节值时，明智的做法是在测试之间只对正在修改的值做少量的增量修改，因为在某些位置，你可能修改得过多，导致系统不稳定。
4. 在我们的示例系统中，自动调节程序给我们提供的值为 KVPROP = 7.6662。从我们的初始响应可以看到，我们在速度响应中有部分过冲可以抑制。要抑制过冲，我们可以增加 KVPROP。我们可以以小步距修改它，并在每次编辑后按下“Go”应用修改，并执行与之前相同的移动。在每次移动后，我们会对比实际速度和目标速度对响应进行评估。我们需要继续该操作，直到实际值开始尽量匹配，并随时注意观察稳态速度（特别是零速）是否不稳定（比如，我们可能听到电机蜂鸣声）。如果你发现任何不稳定，回调 KVPROP。一般来说，只需要对 KVPROP 做很小的修改（5-10%）。在我们的例子中，我们已经通过人为方式确保 KVPROP 在开始时足够的低，以便我们演示修改这个值的影响。

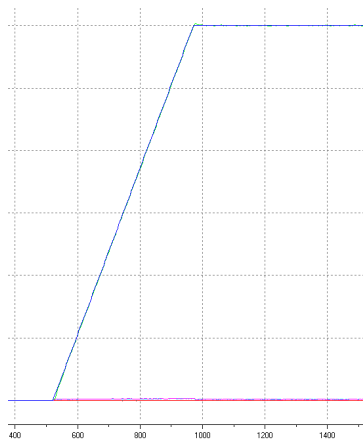


5. 自动调节程序已经为我们提供了一个值 KVINT = 558.1609。我们可以向上修改这个值，并在每次编辑后按下“Go”应用这个值，并执行与之前相同的移动。在每次移动后，我们会对比实际速度和目标速度对响应进行评估。增加 KVINT 将锐

化速度响应（即，减少需求和测量速度之间的延迟）。注意，其影响是双面性的。需求电流将上升，过冲量同样也会增加（这可能意味着，在我们获得满意的 KVINT 值后，我们需要返回调节 KVPROP）。为说明这种现象，下面的屏幕截图显示了逐渐增加 KVINT 时的测试移动顺序。



你可以看到，随着我们增加 KVINT，测量速度（绿色）响应变快，但代价是我们在接近恒定速度时的过冲更大。因此，我们可以增加更多的 KVPROP 来抑制这种过冲。下图显示了依次调节 KVINT 和 KVPROP 后我们的最终结果。



我们的结果看起来完美，因为我们的测试使用了无载电机。因此，在测试移动的加速和减速部分结束时如果出现较小的过冲，不必过度担心-这是正常的。

- 一旦完成，你就可以保存参数。驱动器现在已经做好了调节其位置环的准备。

3.5.3 在速度伺服配置下微调位置环



本节假定电机负载在其限值内，可自由旋转，并且需要把驱动器设置在“速度伺服”模式下，即 `CONFIG(0) = 1` 或 `_cfSERVO`（这是默认配置）。

在微调部分的侦测窗口中选择“Position”选项卡。在驱动器上执行位置环调节时，根据你之前在调试过程中为致命跟随误差设置的水平（`FOLERRORFATAL`），你可能收到以下错误：“超过致命跟随误差”。调节这一项可能多余，因此某些时候可能想要完全关闭错误检测（可在命令窗口输入 `FOLERRORMODE = 0`，也可以浏览到 `Parameters > Family > Position Control > FolErrorMode`，把这一项设置为 `Ignore`）。



在完成调节后，记住把 `FolErrorMode` 调回“Crash stop disable”（或需要的任何模式）！

在调节位置控制器时，我们将调节影响其运行的某些增益项。在下面的段落中，我们将描述三个最经常调节的参数。

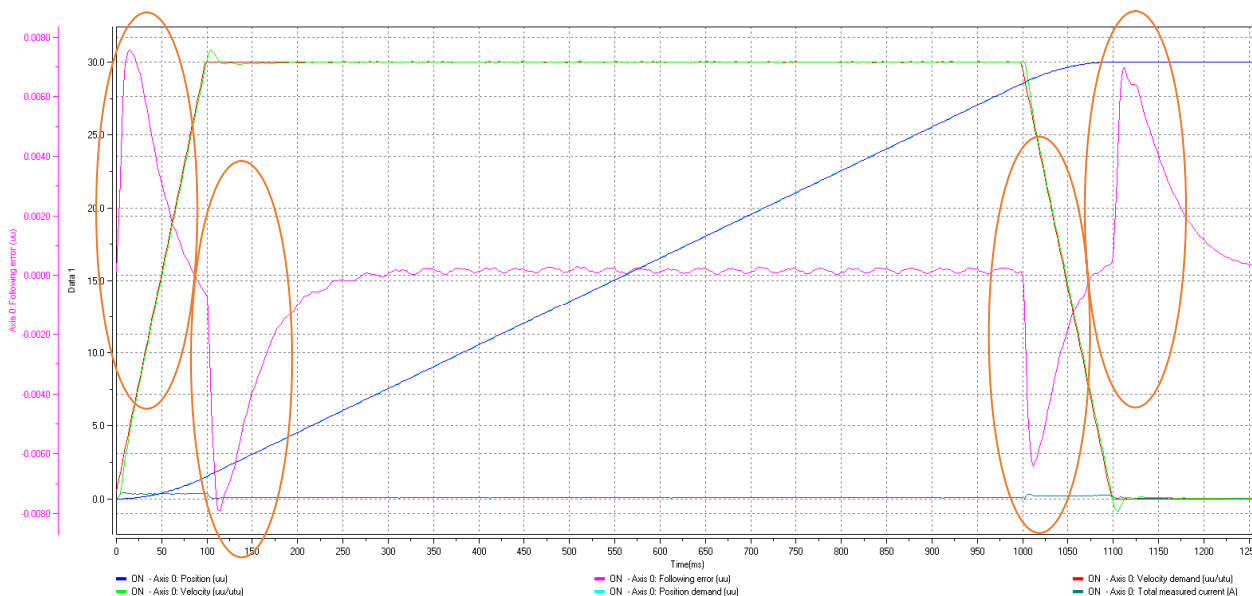
KPROP 是位置环中 PIDVF 控制的比例增益，把它的值乘以跟随误差（需求位置和测量位置之间的差值）以确定它对位置控制器输出的影响。**KPROP** 一般用于从总体上降低跟随误差，是在微调位置环时应该调节的第一项增益。建议设置一个低的初始值，然后逐步增加直到跟随误差开始摆动。**KPROP** 应该设置为远离摆动开始前的跟随误差的值。这种情况被称为“临界阻尼”。不要试图使用 **KPROP** 来移除最终位置上非常小的误差，你需要非常高的 **KPROP** 来完成，其结果是不稳定的轴- 参考下面的 **KINT** 来了解正确的操作过程。

KACCEL 是位置控制环加速前馈增益项。**KACCEL** 直接向电流控制器馈送转矩需求，与加速度成正比，对减少高加速/减速移动中的速度过冲有用。自动调节不计算 **KACCEL**。因此，始终有必要手动微调这一项目以获得最佳响应。根据应用最大速度和编码器分辨率等参数，这个增益可在 1 到其最大值 10000 之间任意取值。

KINT 是我们可能需要调节的另一重要项目。**KINT** 是位置环的积分增益。在使用速度伺服配置时，自动调节不设置 **KINT** 的值。**KINT** 可用于克服某些情况引起的稳态误差，比如重力作用于垂直负载，或高摩擦力阻止轴达到非常精确的最终位置。**KINT** 结合 **KINTLIMIT** 和 **KINTMODE** 使用。**KINTLIMIT** 设置一个积分项可在多大程度上影响总体需求的限值。虽然默认值为 100%，但不建议采用该设置，因为在设置得过高时，很容易产生较大的摆动。建议在开始为 **KINTLIMIT** 使用 10-15 的建议值。**KINTMODE** 设置应用积分项的时间。如果认为需要 **KINT**，最好把它设置为“smart”或“always”。**KINT** 通常是一个很小的分数值。因此，如果你打算使用它，从 0.0001 的值开始，并在开始以 0.0001 的阶跃向上操作。

下面的过程描述了我们如何在我们的系统实例上微调位置环：

- 先在命令窗口中设置 **FOLERRORMODE** 为 0 (**_emIGNORE**)，除非你认为响应足以避免间歇引发跟随误差检测。一旦跟随误差进入为 **FOLERRORFATAL** 定义的范围，确保重新把 **FOLERRORMODE** 重新设置为 1 (**_emCRASH_STOP_DISABLE**)。
- 在输入 Position fine tuning 选项卡上的测试移动参数时，我们尝试使用应用的“典型”加速、减速和速度值。在我们的例子中，我们把测试设置为以 30 rev/s 的速度执行 30 转正向移动，加速和减速时间为 100 ms。由此形成的总移动时间为 1.11 秒。在我们执行测试时（通过点击“Go”按钮），驱动器将移动轴并自动捕获某些关键参数（比如，需求和测量位置，跟随误差和总测量电流）。自动调节过程应该已经为我们提供了一个相对较好的性能等级。因此，需求和测量位置看起来可能与完全缩小后的图形重合。我们需要详细分析跟随误差和总测量电流。因此，右击其中的每个图例并分别指定一个 Y 轴。这样，我们就可以按它们自己的比例查看它们。我们检查电流，以确保轴没有触碰到电流限值（如果电流在移动中呈平直线，我可以发现这种情况）。如果达到电流限值，检查电流限值是否设置正确。尝试降低加速和/或减速速率，或检查电机/驱动器对应用来说是否尺寸过小。如果电流不显示限制迹象，我们可以更详细地检查跟随误差。
- 由下图可以看到，在加速度和减速度发生变化的过程中，跟随误差最大（约 0.008 转）。

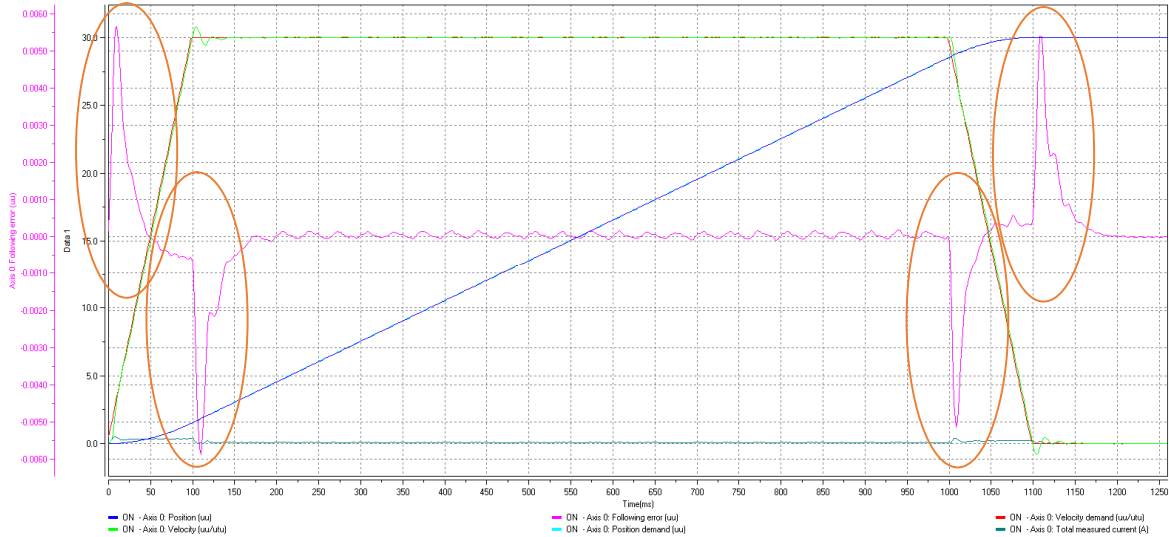


- 逐渐增加 **KPROP** 的值，然后每次重复测试移动，通过它来降低总体误差和改善移动结束时轴的校正时间 - 一般来说，**KPROP** 无法在不引起不稳定的情况下上调过多。一旦跟随误差的轨迹开始出现振荡的迹象，略微回调 **KPROP** 并保持这个值的设置。有时候，在测试移动之前启用轴并使其在移动结束时保持使能是有用的。这样，你可能能够更轻松地发现振荡。

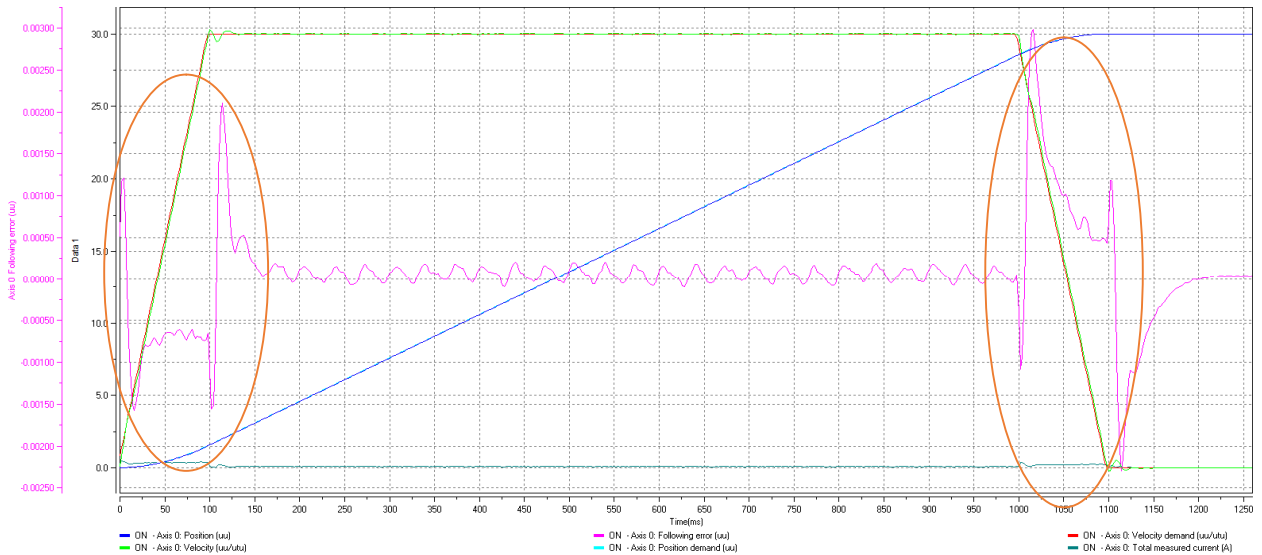
如果你调节 **KPROP** 前，电机就出现过大大振动，或者跟随误差响应看起来太不稳定，表示自动调谐计算的值过高 - 尝试手动降低 **KPROP**。不建议使用 Calculate 按钮来重新计算新值，因为它同时会调节我们已经微调过的速度回路增益。



- 5. 一旦完成 KPROP 的调节, 你应该获得一个较低的跟随误差, 并且电机不会产生过大的振动。在修改加速度和减速度的过程中, 仍然会有较大的误差, 但这些峰值的持续时间应该会减少。我们将在接下来开始调节 KACCEL 时处理这些问题。



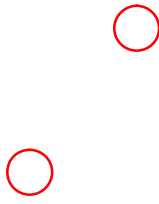
- 6. 在许多应用中, 移动中的跟随误差不是关键问题。只有最终位置的准确性才重要。如果需要在加速和减速过程中特别调节增益以随时最小化跟随误差, 那么我们可以使用 KACCEL。如上文所述, 我们可以逐步增加 KACCEL 的值, 直到在每次测试移动后从生成的图像中看到期望的响应模式。在我们的例子中, 我们最初的修改值为 0.1。因为在开始的阶跃中没有发现明显的变化, 我们把这些阶跃增加到 1、2 和 5。我们最终达到的 KACCEL 值为 185。在下图中, 你可以看到加速和减速中的跟随误差已经减少 (约为原始误差的一半)。



- 7. 在移动结束时, 特别是在系统中摩擦力较大时, 我们可以发现, 轴可能需要一段时间 (可能为数百毫秒) 才能行走到位, 或在某些情况下有轻微的移位。在这种情况下, 我们可以使用 KINT (以及 KINTLIMIT 和 KINTMODE) 来改善达到最终位置的时间和/或增加最终定位精度。下图说明了不向控制环添加 KINT 的情况下移动结束时的典型响应。



在本测试移动中, 包络线在第 1100ms 时满足速度需求。在减速过程中有少量的过冲。我们的跟随误差 (粉色轨迹) 在移动中约 1130ms 处达到最大值, 然后开始向零回落。此时没有需求速度。因此, 使用速度需求来生成控制响应输入的 KVELFF 没有影响。同样不存在需求加速度。因此, KACCEL 也对响应没有影响。此时唯一一起作用的增益是 KPROP。我们可以看到, 即使在 100ms 后, 跟随误差仍然没有回落到零 (因此, 我们的轴没有达到最终目标位置)。根据跟随误差的量值和应用要求, 这可能不是一个问题。但是, 如果我们以最小的延迟达到非常准确的定位, 我们可能需要向控制回路添加 KINT。



现在，下图显示了添加 KINT 增益后的响应差异（在本例中，我们使用“稳态” KINTMODE 和 15% 的 KINTLIMIT）。



与之前一样，包络线在第 1100ms 时满足速度需求。减速中的过冲按照之前的方式发生，我们的跟随误差（粉色轨迹）在移动中的约 1130ms 处达到最大值。现在，我们已经向控制回路添加了 KINT。我们看到，到 1250ms 时，跟随误差减少到零（之前仍在减少中）。在本例中，我们实际上是零摩擦，因此，我们的 KINT 实际上导致跟随误差在正向上“过冲”。在真实负载情况下，这种情况的发生几率不大，可能在更短的时间内达到最终位置。

在下文中，我们描述在速度伺服配置下不经常调节的其它位置环增益。

KDERIV 设置位置控制环微分增益。本项作用于误差变化率，因此可用于减少过冲（虽然这些过冲可被 KACCEL 提前预防，它一般能在最开始防止过冲）。如果使用它，建议在固定 KPROP 和 KINT 后调节这项增益。

KVEL 是位置控制环的速度（反馈）增益。这个值与测量速度的乘积会从位置 PID 输入中减去。因此，它在移动中总是被用作一般阻尼项。

KVELFF 为位置控制器设置速度前馈增益。自动调节程序根据应用最大速度、编码器分辨率和控制率计算 KVELFF 的值。一般不应修改这个值。只有在因某些原因需要人为引入延迟或引起响应时，你才能修改它（比如，在加速中减少 KVELFF 可去除过冲，代价是达到稳态速度的时间较长）。

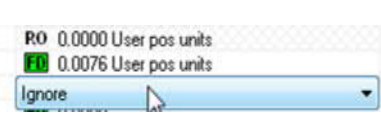
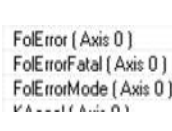
请参考 Mint Workbench 帮助文件和驱动器手册了解更多信息。

3.5.4 在转矩伺服配置下调位置环



本节假定电机负载在其限值内，可自由旋转，并且需要在“转矩伺服”配置下设置驱动器 - CONFIG(0) = 6（或 _cfTORQUE_SERVO）。

在 Workbench 的侦测窗口中选择“Position”选项卡。在驱动器上执行位置环调节时，根据你之前在调试过程中为致命跟随误差设置的水平（FOLERRORFATAL），你可能收到以下错误：超过致命跟随误差。调节这一项目可能多余，因此有时候可能想要在调节中完全关闭错误检测（可在命令窗口输入参数整定(FOLERRORMODE = 0, 也可以浏览到 Parameters>Family>Position Control>FolErrorMode, 把这一项设置为 Ignore）。





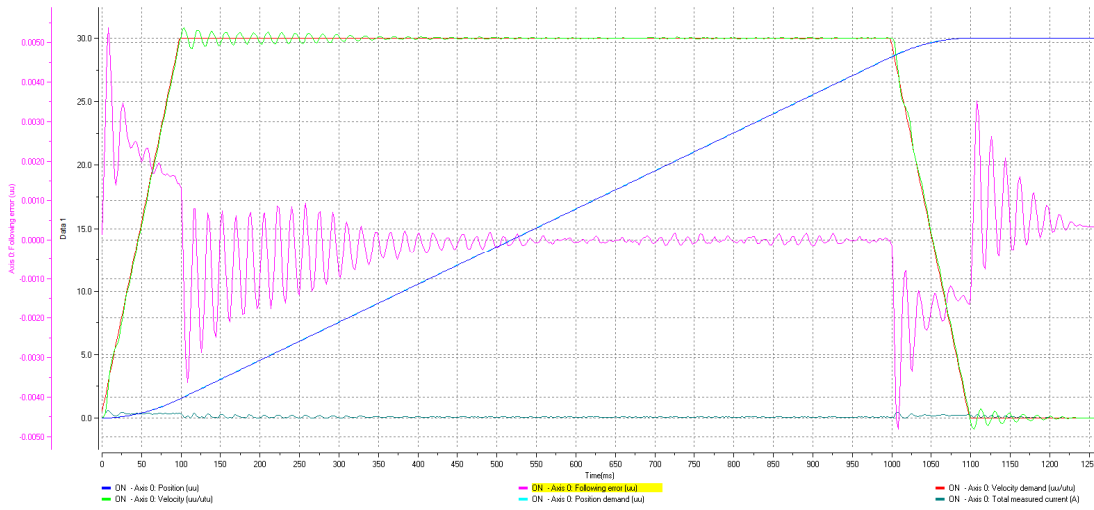
在完成调节后，或在调节过程中你认为响应在你要求的 FOLERRORFATAL 限值内时，记住把 FolErrorMode 调回“ Crash stop disable”（或需要的任何模式）！

转矩伺服配置下的驱动器的自动调节过程将为以下增益自动设置起始值：

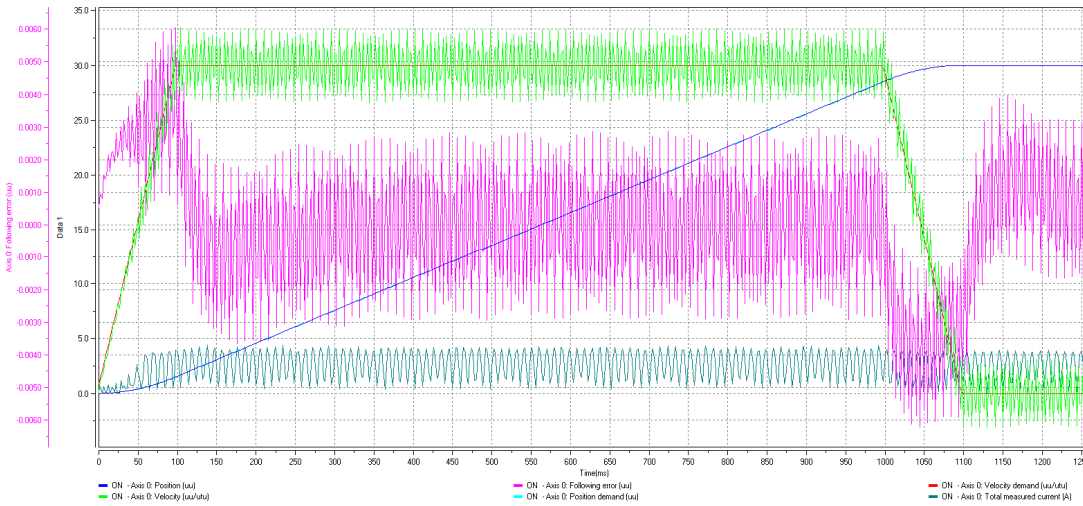
- KPROP
- KINT
- KDERIV

一般来说，影响响应的两个主项是 KPROP 和 KDERIV。下图显示了 KDERIV 对转矩伺服配置可产生的影响的例子。

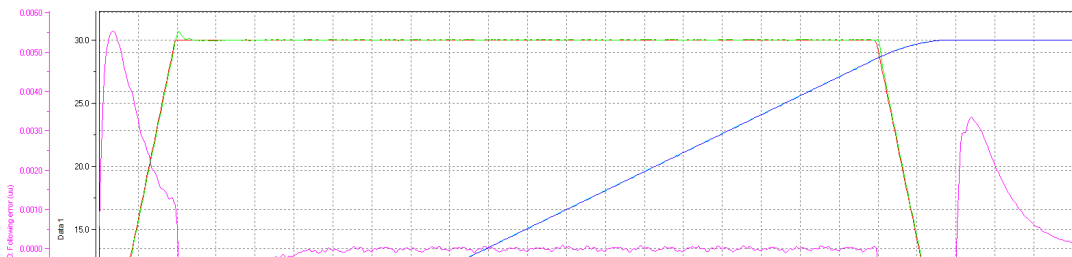
KDERIV 过低，过大（低频）振荡的结果：



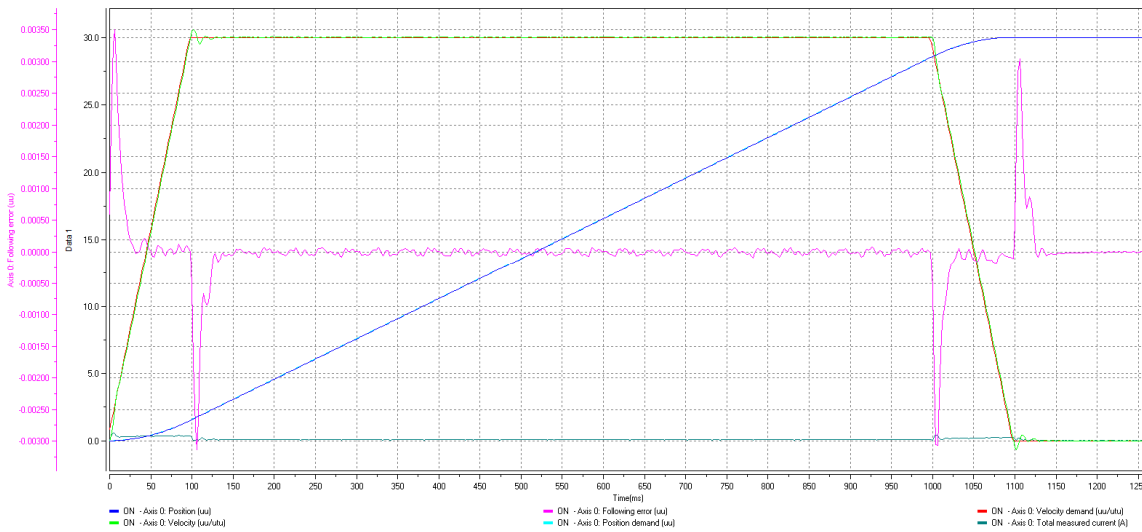
KDERIV 过高，过大（高频）振荡的结果：



KDERIV 设置适当，没有发生振荡，轴稳定相对较快：

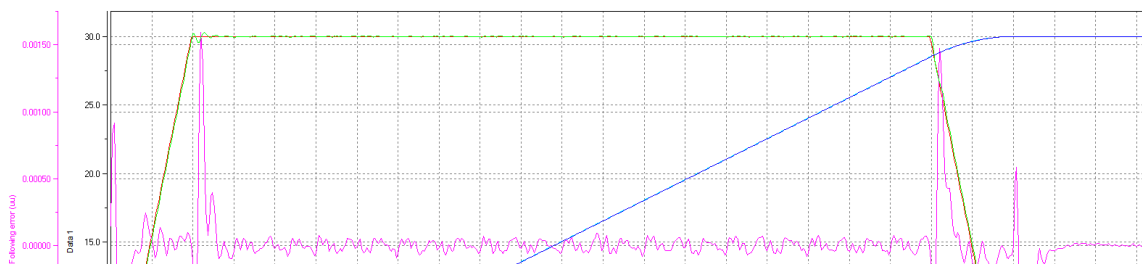


可使用 **KPROP** 来降低跟随误差的量值到一定程度。这样，通过同时增加 **KDERIV**，能够只使用这两个增益项就获得可能的最佳响应。由上图可以看到，在稳态下（即，恒定转速或零速），跟随误差需要一些时间才能下降到零。如果你已经阅读过上节内容（在速度伺服配置下微调位置环），你可能已经认识到，要改善这种响应和减少达到零跟随误差的时间，需要使用积分增益 **KINT**。通过增加 **KINT**（同样使用非常小的分数值）和同时调节 **KPROP** 和 **KDERIV**，我们能够最终获得下文所示的响应。



因为在这种配置下几乎不会使用速度环，**Position fine tuning** 选项卡上的“**Calculate**”按钮（及其响应的带宽调节）在转矩伺服配置中特别有用。它可以用来自动增加/减少 **KPROP**、**KINT** 和 **KDERIV**，以按照要求刚化或软化系统，而不必担心对速度环项作出不必要的修改。

同样，与速度伺服配置一样，在加速和减速过程中，我们可以尝试引入 **KACCEL** 的值来消除跟随误差峰值。在下图中，我们已经设法通过为系统添加 **KACCEL** 使这些相位中的跟随误差减少一半以上。



在下文中，我们描述在转速伺服配置下不经常使用的其它位置环增益。

KVEL 是位置控制环的速度（反馈）增益。这个值与测量速度的乘积会从位置 PID 输入中减去。因此，它在移动中总是被用作一般阻尼项。

KVELFF 为位置控制器设置速度前馈增益。一般不应修改这个值。你应该只在减少响应中的任何延迟时修改它（比如，增加少量的 KVELFF 可消除加速中的延迟）。但是，使用 KACCEL 来减少延迟更为常见。

请参考 Mint Workbench 帮助文件和驱动器手册了解更多信息。

3.6 手动调节

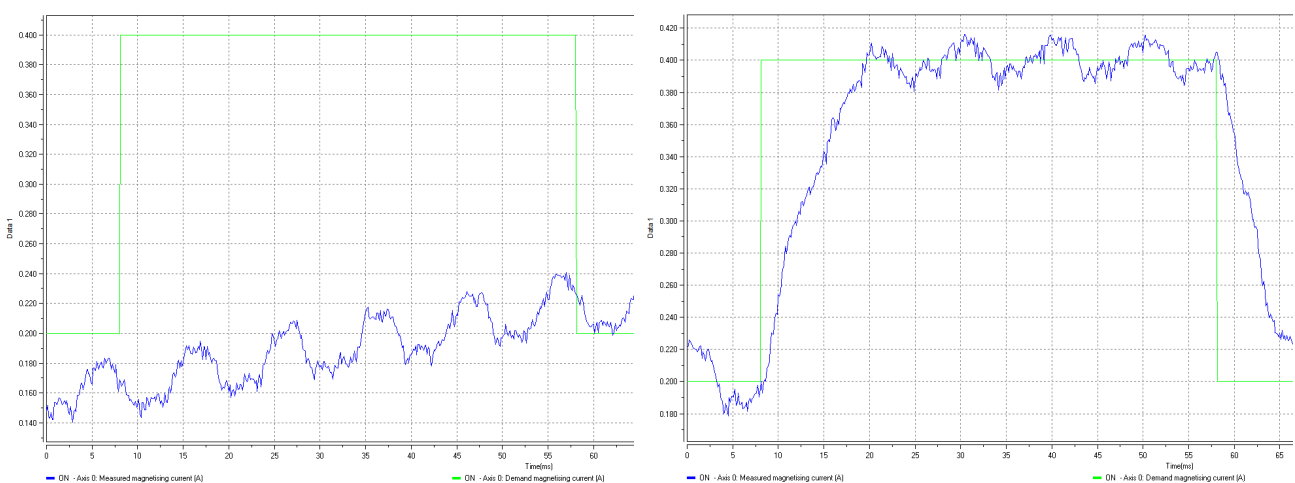
下一节假定不能完成任何自动调节，但已经输入所有电机数据和换算系数（可通过向导、参数表或采用来自 Mint 程序的关键字或通过命令行窗口完成）。因为我们没有完成自动调节，每种情况下每条环的增益项将为零。因此，我们将对增益参数做出一系列的增量修改。

3.6.1 手动调节电流环

选择 Mint Workbench 屏幕右下角的 Current 选项卡，来访问电流环测试参数。

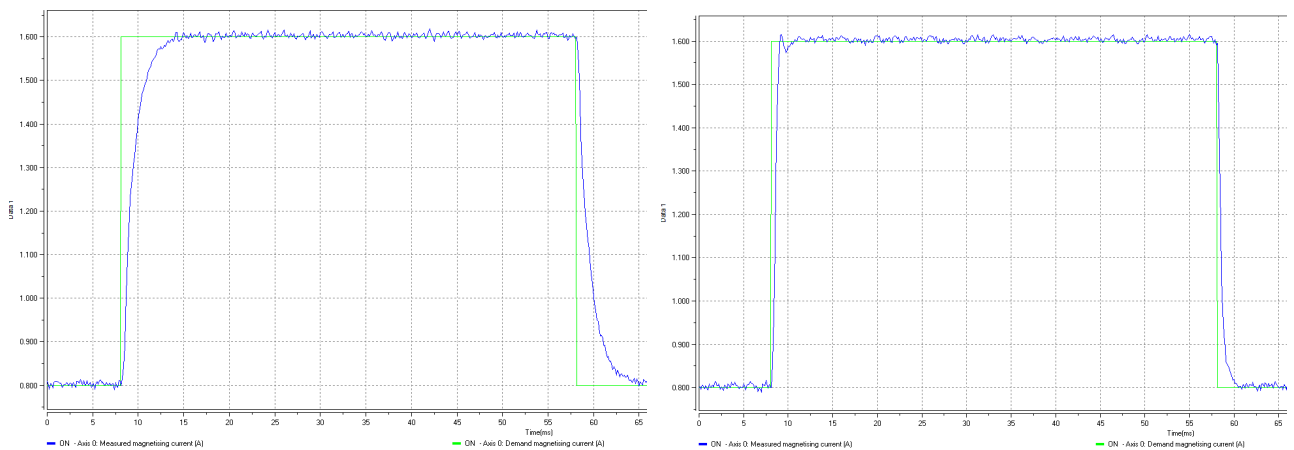
现在，我们可以自由开始电流环测试。当前，我们要寻找尽量接近需求电流（绿色）的测量电流（蓝色）。以下步骤将引导你完成整个调节程序。

1. 驱动器电流环项为零。因此，首先我们必须输入一些初始值；根据一般经验，KIINIT 通常是至少比 KIPROP 大 20 倍的系数。因此，我们在开始时将使用为 0.05 的 KIPROP 值和为 1 的 KIINT 值（KIPROP 一般是非常小的分数值，因此增加这个值时也应采用分数形式）。
2. 首先，保持 25% 的测试电流设置 50ms，点击“Go”按钮。电机将执行移动。采集的数据将上传和显示在屏幕上。如果完全没有相同驱动器测量电流的响应迹象，那么开始增加 KIINT，直到出现响应迹象。

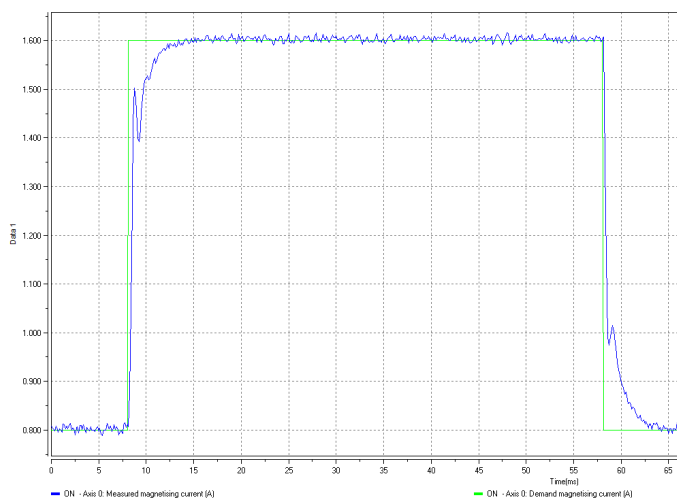


3. 如果没有较大的过冲或较大的不稳定迹象，把测试电流增加到 100%。
4. 慢慢增加 KIINT，以提高响应的锐度。
5. 在响应开始过冲和/或振荡时，使用 KIPROP 来抑制它。
6. 持续相继增加 KIINT 和 KIPROP，直到响应看起来正常，没有较大的过冲（设法在测试中倾听电机声音，如果你发现噪声过大，那么你设置的 KIINT 值可能过高，因此你可能需要同时减少两项的值）

7. 一旦响应达到相当好的程序（没有过大的音响噪声迹象），你就可以尝试添加 **KITRACK** 来移除响应中的“曲线”。下面左侧的图形显示了我们手动调节的初始结果，右侧的图形显示了添加 **KITRACK** 后的最终结果。



8. 如果你在添加 **KITRACK** 时在阶跃响应中遇到“困难”，尝试略为减少你的 **KIPROP** 值。你可以发现，它正在过度抑制跟踪系数的效应。下图说明了 **KIPROP** 对对应的 **KITRACK** 来说过高的影响。



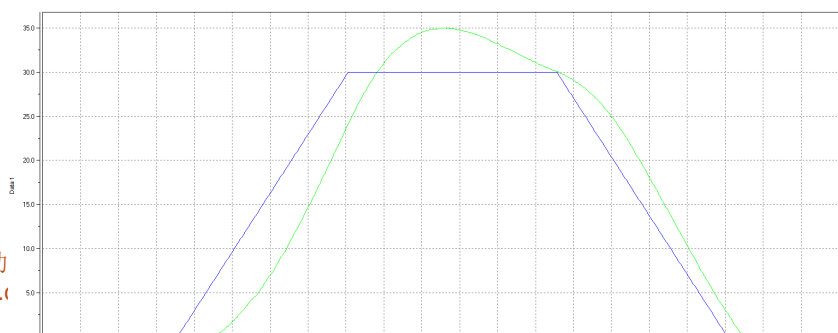
3.6.2 在速度伺服配置下手动调节速度环

在开始手动调节速度环前，关键的是驱动器要能够完成反馈校准测试（通过“**Auto Tuning**”页面的“**Test the feedback**”，或者 **Current loop fine tuning** 选项卡上的“**Feedback Alignment – Test**”按钮）。反馈测试最好应在无载情况下执行。如果无法实现，注意将电机的转矩按系数减少。该系数与反馈校准中的角误差的余弦成比例-比如，如果反馈校准的“误差”达到 10 度，则电机只能达到其在给定电流下的预期转矩的 98.4%（10 度的余弦=0.984）。

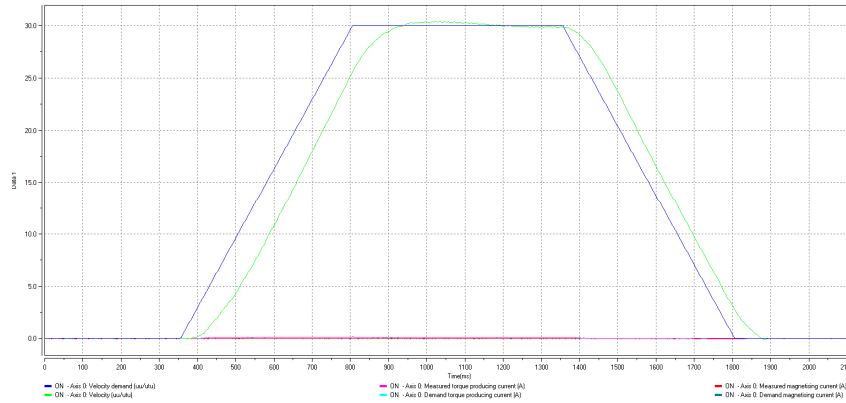
如果是在转矩伺服模式下运行，则没有必要手动调节速度环（**CONFIG = 6** 或 **_cfTORQUE_SERVO**）。

要手动调节速度环，首先选择 Mint Workbench“**Fine tuning**”页面右下角的“**Velocity**”选项卡。在这里，我们要寻找尽量接近需求速度（绿色轨迹）的测量速度（蓝色轨迹）。以下步骤将引导你完成整个调节程序。

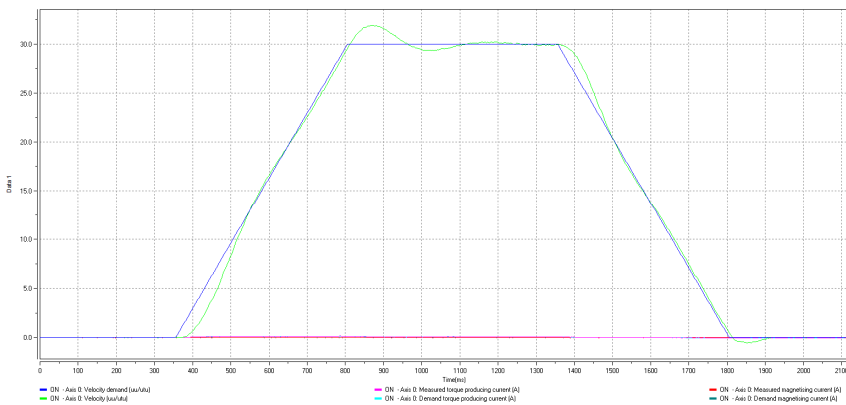
1. 驱动器的速度环项为零。因此，首先我们必须输入一些开始值。设置 **KVPROP** 为 0.1，**KVINT** 为 1，**KVTIME** 为 0 和 **KVTRACK** 为 100。
2. 配置速度测试移动参数为你应用的典型设置。
3. 点击 **Go** 按钮并检查初始响应。与电流环一样，积分项（**KVINT**）将改善对需求的响应，比例增益（**KVPROP**）将抑制过冲。下图显示了我们的初始响应。



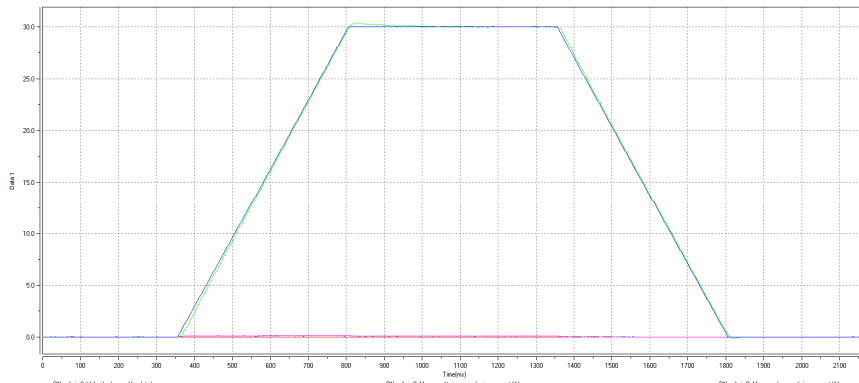
- 4. 我们可以看到，在测量速度中有一些过冲。首先，我们将增加 KVPROP 来移除过冲，但不添加过大的 KVPROP，以使响应变得过阻尼 - 此时允许少量的过冲。



- 5. 现在，响应总体上具有类似的“形状”。我们可以集中精力，通过慢慢增加 KVINT 来移除响应中的延迟/延时。我们可以在添加 KVINT 时改善响应，同时也会在速度配置中重新引入一些过冲。



- 6. 重新增加 KVPROP 以移除过冲。继续重复增加 KVINT 和 KVPROP，直到你获得想要的性能。通常，在使能轴的情况下开始测试，并使轴保持使能直到测试移动结束是一个好办法 - 这样有助于发现零速下的任何振荡迹象。如果轴在零速下开始振荡/振动（或发出可听见的嗡嗡声），你应该减少 KVPROP。



- 7. 如果防止过冲的滤波器时间常数太小，那么你可以使用低通滤波器来防止过冲。它将阻止驱动器对电气噪声和模拟转换误差造成的高频率测量误差作出反应，因此有助于平滑速度响应（注意，这不适用于使用旋转变压器适配器模块 OPT-MF-201 的驱动器。该设备为驱动器提供纯数字信号）
- 8. 一旦完成，你就可以保存参数。驱动器现在已经做好了调节其位置环的准备。



注意：在使用本手动调节方法时，velocity fine tuning 选项卡上的负载模型参数没有关联。只有在通过自动调节计算速度环增益时，才需要这些值。如果你收到测试速度超过最大速度的消息，检查 Operating Mode 页面中的应用最大速度是否设置正确。

3.6.3 在速度伺服配置下手动调节位置环

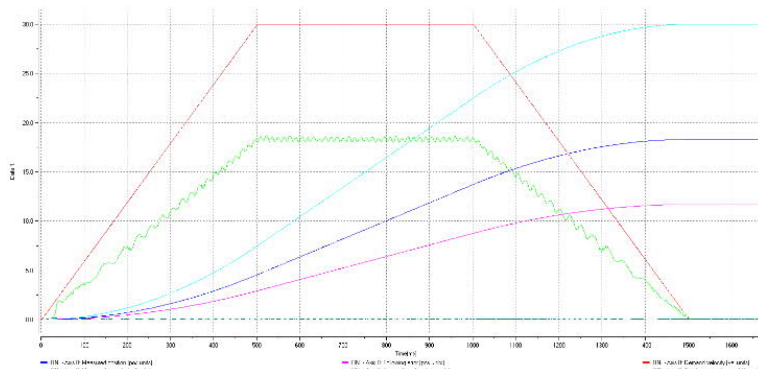
本节假定电机有载并且在其限值内，可在任一方向上自由旋转，并且需要在“velocity servo”配置下设置驱动器 (CONFIG(0) = 1 或_cfSERVO)。

选择 Fine tuning 操作区域内的 Position 选项卡。现在，我们将执行测试位置移动，以确定实际位置有多接近需求位置。

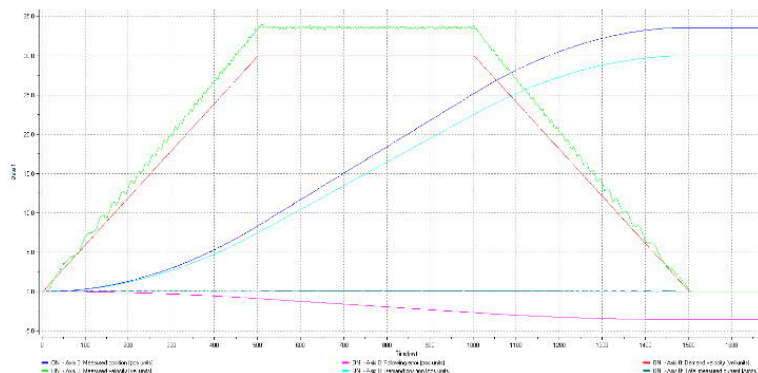
在分析这些图形时，我们需要检查位置需求（青绿色）和实际位置（蓝色）是否密切匹配。在它们开始一致时，我们可以在缩小后通过仔细查看“跟随误差”（粉色）来进一步突出显示差异。跟随误差可在独立的 Y 轴上绘制，为我们提供详细信息。

在使用速度伺服配置时，首先要设置的最重要增益是 KVELFF（速度前馈项）。在 KVELFF 设置正确时，需求和测量位置应该大致重合。使用以下程序来手动调节位置环。

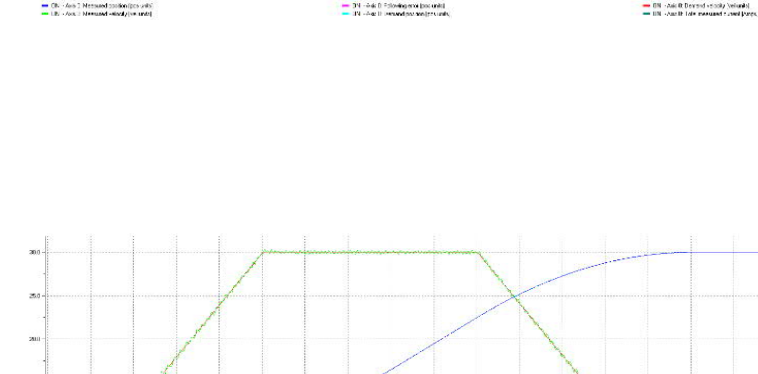
1. 首先设置 FOLERRORMODE 为 0 (_emIGNORE)。一旦跟随误差轨迹显示性能总体位于 FOLERRORFATAL 设置的限值内，你应该把 FOLERRORMODE 重新设置为 1 (_emCRASH_STOP_DISABLE) 或适合应用的模式。
2. 把除 KVELFF 以外的所有位置环增益设为零。以 1 作为 KVELFF 的值开始。
3. 使用应用的典型加速度、减速度和速度值来配置测试移动并触发它。驱动器执行移动。采集的数据将上传和显示在屏幕上。本次测试可能以完全无响应结束（除看到较大的跟随误差外）。
4. 如果测量位置达不到需求位置，增加 KVELFF。如果测量位置超过需求位置，减少 KVELFF。重复测试移动并调节 KVELFF，直到轨迹出现重合。



KVELFF 过低 - 测量位置没有达到需求位置（并且移动中的回转速度低于需求速度）



KVELFF 过高 - 测量位置超过需求位置（并且移动中的回转速度高于需求速度）



KVELFF 设置正确 - 测量位置和需求位置重合（与移动中的回转速度一样）

- 一旦设置了正确的 **KVELFF**，我们就可以开始添加一些比例增益，来消除剩余的跟随误差（此时，你应该在图形上给跟随误差轨迹分配自己的 Y 轴）。以 0.01 的值开始并慢慢增加，尝试尽量减少跟随误差但不引起轴上的不稳定。此时，你实际上正在微调位置环，因此可参考第 3.5.3 节（在速度伺服配置下微调位置环），以了解关于每个位置环增益的影响的更多信息。

3.6.4 在转矩伺服配置下手动调节位置环

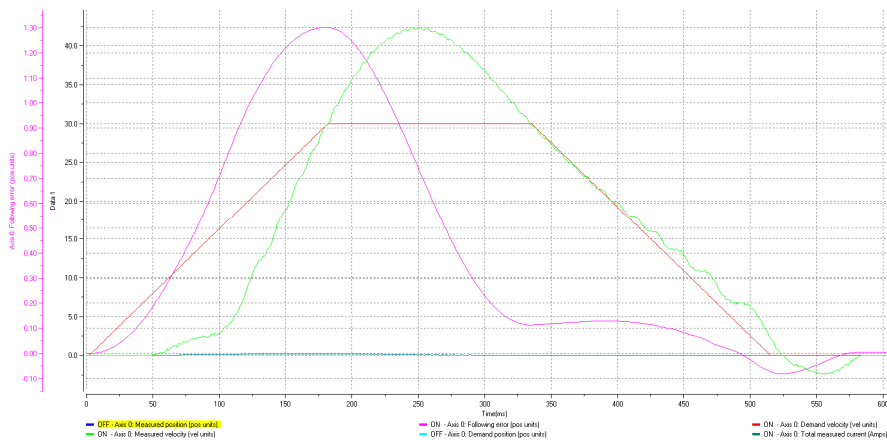
本节假定电机有载并且在其限值内，可在任一方向上自由旋转，并且需要在“torque servo”配置下设置驱动器 (CONFIG(0) = 6 或 _cfTORQUE_SERVO)。

选择“Fine tuning”页面内的 Position 选项卡。现在，我们将执行测试位置移动，以确定实际位置有多接近需求位置。

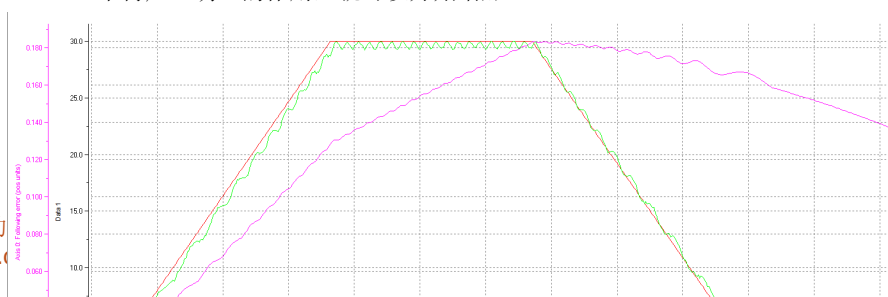
在分析这些图形时，我们需要检查位置需求（青绿色）和实际位置（蓝色）是否密切匹配。在它们开始一致时，我们可以在缩小后通过仔细查看“跟随误差”（粉色）来进一步突出显示差异。跟随误差可在独立的 Y 轴上绘制，为我们提供详细信息。

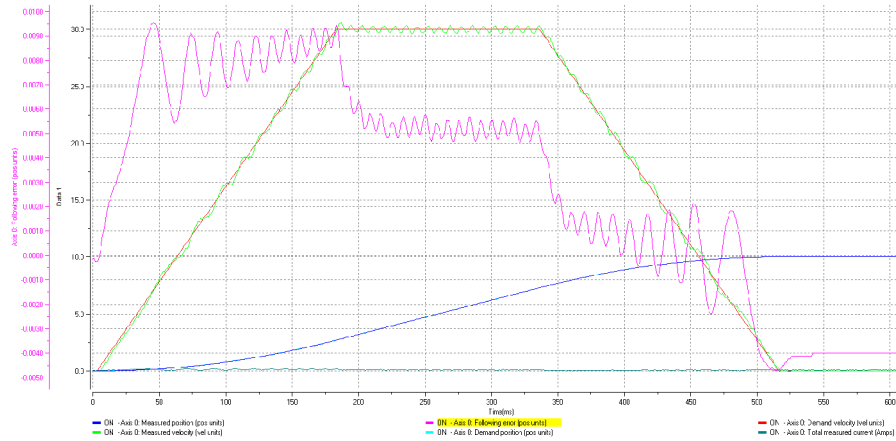
在使用转矩伺服配置时，首先要设置的最重要增益是 **KPROP** 和 **KDERIV**。使用以下程序来手动调节位置环。

- 首先设置 **FOLERRORMODE** 为 0 (_emIGNORE)。一旦跟随误差轨迹显示性能总体位于 **FOLERRORFATAL** 设置的限值内，你应该把 **FOLERRORMODE** 重新设置为 1 (_emCRASH_STOP_DISABLE) 或适合应用的模式。
- 把除 **KPROP** 和 **KDERIV** 以外的所有位置环增益设置为零。开始时，以 0.1 作为 **KPROP** 的值，以 1 作为 **KDERIV** 的值。
- 使用应用的典型加速度、减速度和速度值来配置测试移动并触发它。驱动器执行移动。采集的数据将上传和显示在屏幕上。本次测试可能以完全无响应结束（除看到较大的跟随误差外）。



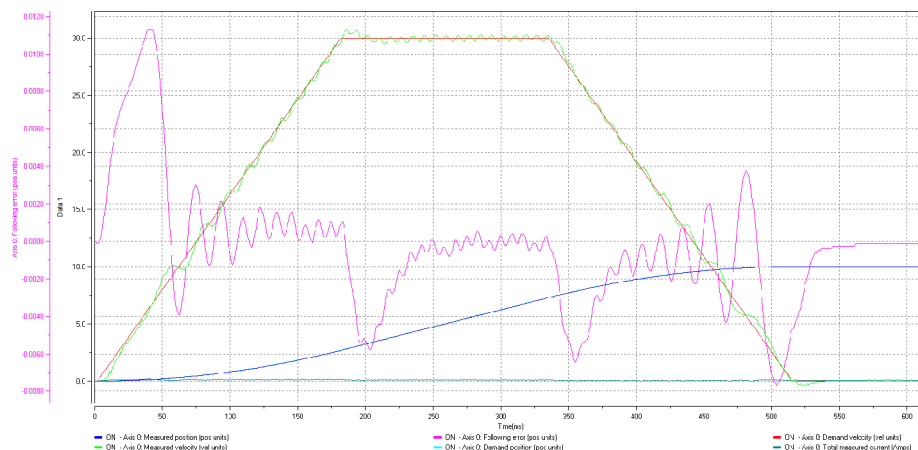
- 继续增加 **KDERIV**，以改善轴的响应。你应该可以看到，测量速度对需求速度的跟踪密切度要大得多。一旦增加 **KDERIV** 不再产生明显的作用，就可以开始增加 **KPROP**。





调节 KPROP，直到加速和减速中的跟随误差较小，并且旋转速度中与零跟随误差偏移恒定

- 在 KPROP 设置正确时，在加速和减速过程中会有一些的跟随误差（一般方向相反），在测试移动的旋转部分会有固定（偏移）跟随误差。此时，我们需要引入积分项 KINT（在调节 KINT 前，确保设置 KINTLIMIT 为 10-15%，设置 KINTMODE 为“ Always”）。在正确设置 KINT 后，跟随误差应该始终在零左右。



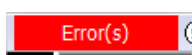
- 如果需要，现在可以通过添加加速前馈增益（KACCEL）移除加速和减速过程中的跟随误差峰值。此时，你实际上正在微调轴。因此，可参考第 3.5.4 节（在转矩伺服配置下微调位置环），以了解关于每个位置环增益的影响的更多信息

4 调节中的调试和故障诊断

调节程序可能偶尔“失败”，并报告某种错误。其原因可能是机械问题（比如惯量失配或顺从性问题）、安装/电缆问题。某些时候，也可能只是你拥有的系统无法实现你选择的移动配置。如果你在自动调节过程的任何阶段收到错误，可参考下面章节提供的某些通用指南。

如果使用了制动电机，首先确保 CURRENTLIMIT、TORQUELIMITPOS 和 TORQUELIMITNEG 的设置正确，并且电机抱闸被释放（或者已经正确配置 MOTORBRAKEMODE、MOTORBRAKEOUTPUT 等等）。

某些错误将被报告为自动调节错误（错误代码 4000-4999）。但是，在任何时候因为自动调节中的意外情况生成驱动器错误时（比如，过电流跳闸或数字编码器无通信），将在 Workbench 中出现红色的错误标志。



点击它查看关于当前错误的更多信息。你还可以使用 Mint Workbench 的 Error Log 页面来查看关于过去和当前错误的信息。



错误日志中的信息对错误历史的诊断非常有用，在同时发生多个错误时尤其有用。有时候，没有该信息无法明确问题的根本原因。

4.1 调试“测量定子电阻和电感”

如果测试失败，最好的解决步骤是手动调节电流环（请参考第 3.6.1 节了解更多信息）。要调试这里检测到的问题，我们能够做的不多。某些时候，电机的电气特性（即，非常低的电阻或电感）意味着自动测试不会工作。

4.2 调试电流环的调节

如果电路环增益的计算失败，检查该项测试的 Options 对话框（即，检查带宽没有过低或过高 - 通常，2000 rad/s 的默认值已经足够，但 1000-2000 范围内的值是典型值）。如果已经计算增益，但在微调本环时有错误（或因为电阻和/或电感未知而手动调节本环），那么我们应该检查：

- 电机动力电缆连接问题 - 仔细检查电机动力电缆是否正常安装和屏蔽
- 电机绕组故障 - 从驱动器上移除电机，并测试电机绕组是否有短路和开路



注：没有电流环的自动调节采集数据，因此我们无法使用 Tools>Upload capture data 来收集额外的诊断信息。

如果你无法调节电流环，尝试继续调节过程是没有意义的 - 请联系你的本地 ABB 支持团队以获得更多帮助。

4.3 调节“测试反馈”

反馈测试中常见的错误起因是：

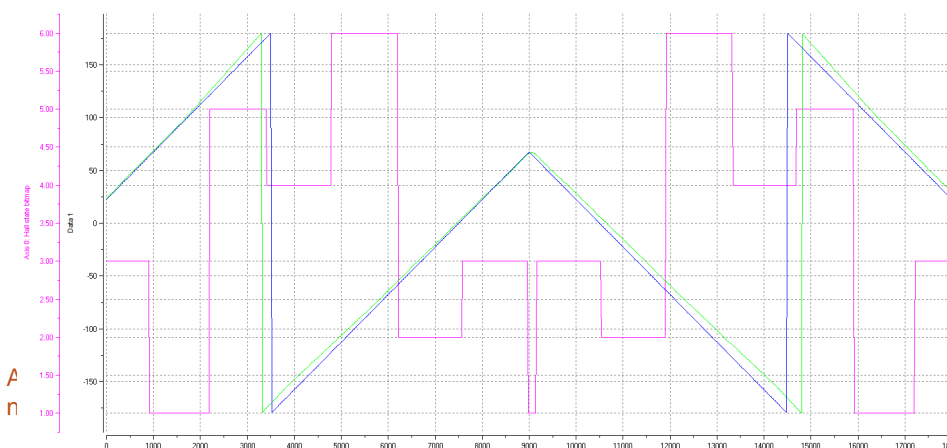
- 选择的反馈设备或电机部件编号不正确
- 反馈连接 - 同时仔细检查电机动力和反馈电缆的安装和屏蔽是否正确
- 转子轴锁定 - 检查系统的机械部件是否能够自由转动（检查抱闸、减速器等。）
- 联结器问题 - 反馈设备和电机之间的联结器可能已经发生故障或松动
- 反馈设备故障 - 反馈设备常易损坏，可因为多种因素受损，包括机械冲击、电气干扰和热插拔
- 输入的电机电极数量或反馈分辨率不正确 - 如果已经配置了定制电机，在每个方向上移动转子一段已知距离后，反馈测试会检查计数是否正确。如果输入的电极数量或编码器分辨率不正确，驱动器将检测“失配”并报告错误
- 霍尔传感器信号丢失（在使用带霍尔型增量式编码器时） - 测试将报告“霍尔序列在一个电气周期内的表现不符合预期”。其原因可能是编码器故障或线路连接不良。



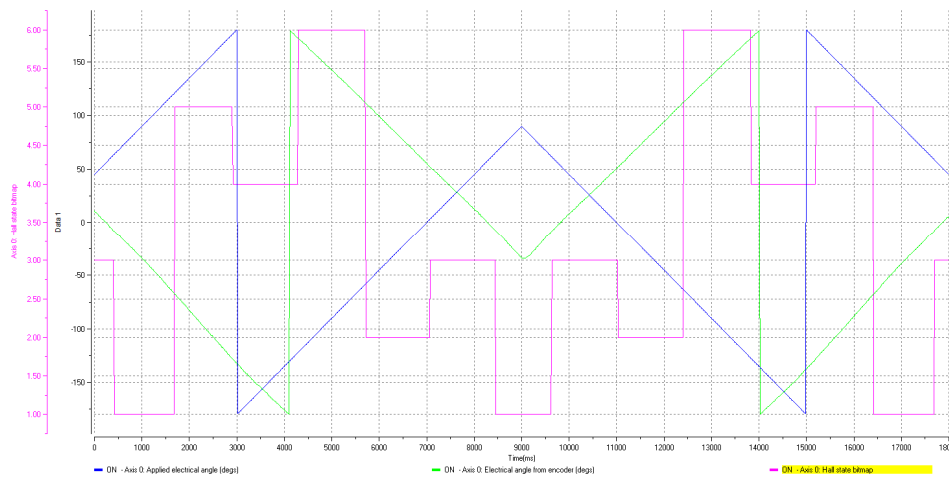
注：如果电机或反馈的接线不正确（电机相位或编码器通道的顺序错误），那么它可能会通过测试，因为驱动器将“自动纠正”接线。但是在将来，所生成的参数同样只适合“接线错误”的电机。

如果在反馈测试中出现错误，使用 Tools>Upload capture data 来检查测试中反馈设备的响应。它可能有助于揭露故障的根本原因。上传的数据是采用的电角度、编码器的角度，以及使用了带霍尔传感器的增量式编码器时的霍尔传感器状态位图。

想要获得的重要趋势是，采用的电角度和由编码器派生的电角度要“平行”（注意，如果驱动器检测到 ENCODERMODE 需要反转，Y 轴内的派生角可能“翻转”。但是，如果你要对它进行翻转，它应该采用与施加的电角度相同的一般模式。

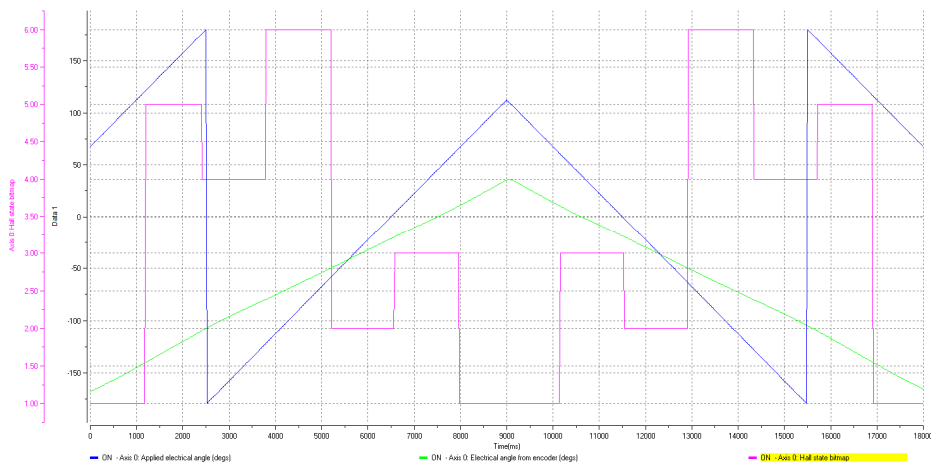


在默认 ENCODERMODE 正确时，为带霍尔传感器的编码器采集的数据



在默认 ENCODERMODE 不正确时，为带霍尔传感器的编码器采集的数据（测试将通过，驱动器将自动设置 ENCODERMODE 的正确值）

如果两个角度相互不一致，则输入的反馈分辨率或电机电极数量不正确。霍尔传感器状态（如果使用）显示的值只应在 1 到 6 的范围内。如果显示 0 或 7，则编码器存在故障，或者在霍尔传感器布线上存在接线故障。



在本次采集数据上传中，电机电极的数量错误（过小）。因此，源自编码器的电角度显示的行程较短。

4.4 调试“测量电压常量”

只有在电机的电压常量未知时，才需要电压常量测试。如果无法测量电压常量，则有必要手动调节速度和位置环增益。

本测试中可能的错误起因有：

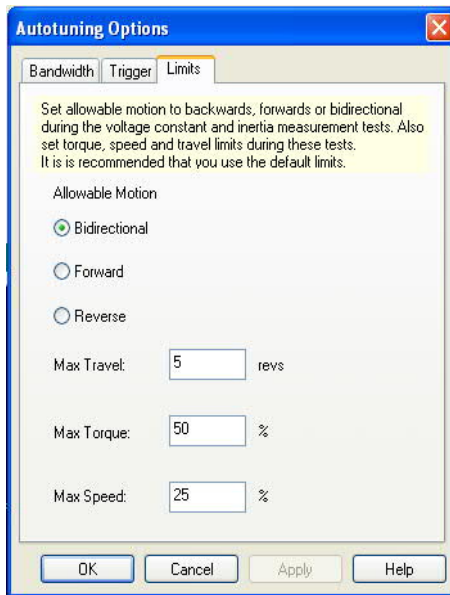
- 电机动力电缆连接问题 - 仔细检查是否正常安装和屏蔽
- 电机绕组故障 - 从驱动器上移除电机，并测试绕组是否有短路和开路
- 电机或驱动器尺寸过小 - 上传采集的数据，并检查需要多大的电流才能在测试中移动电机。同时检查测试的选项，并尝试增加测试的“Max Torque”设置
- 只对单向测试，可能才需要修改选项，或可能需要增加最大距离，或可能需要减少测试速度。比如，如果机械系统只允许单向移动，或电机具有高惯量，就可能存在这种情况。

4.5 调试“测量惯量”

测试将反向和正向旋转电机（取决于已经配置的测试选项）几次，以测量负载对施加的（已知）转矩/电流的响应。通过施加已知转矩和测量获得的加速度，驱动器可计算总的惯量。驱动器需要成功完成本测试，以自动计算速度和位置环增益。如果无法完成本测试，必须手动调节速度和位置环增益。

本测试中可能的错误起因有：

- 如果负载/惯量高，在测试中可能无法提供足够的转矩来移动电机 - 为本测试选择“ Options” 按钮，然后选择“ Limits” 选项卡。增加“ Max Torque” 百分比
- 如果负载非常轻/低惯量，你可能需要降低“ Max Torque” 设置或增加“ Max Torque” 设置，以防止测试超过最大行程
- 负载是否能够在两个方向上做物理移动？如果不能，确保已经做出了正确的方向设置
- 如果负载具有高惯量或高顺从性，可能无法轻松地反转方向。因此，如果出现错误，尝试把测试方向设置为只是正向或反向。



4.6 机械因素

在使用伺服驱动器/电机时，非常重要是要确保机械传动系统的设计/构造适合其预期的动力。

4.6.1 惯量失配

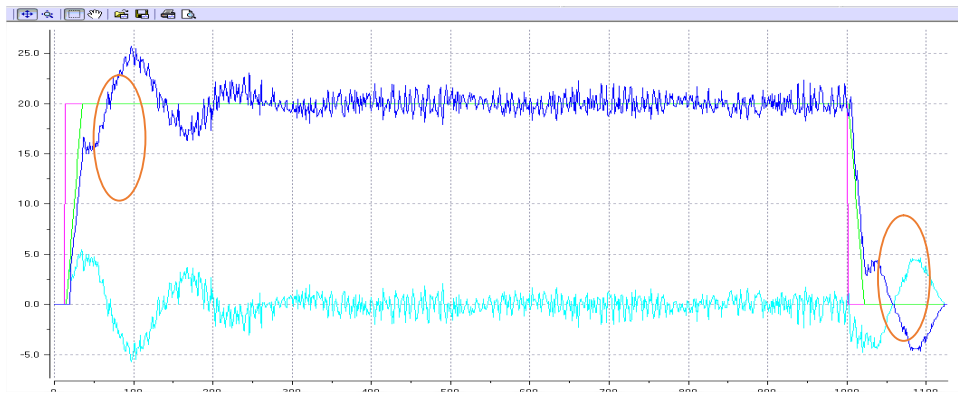
总的反映负载惯量应该与所选择电机的转子惯量良好匹配，从电机到负载应该有刚性非常大的连接。一般来说，电机反馈分辨率越高，驱动器越能应付较高的惯量失配。但是，作为一项“经验规则”，对需要非常准确的位置控制的应用，最好能够实现 1:1 和 3:1 之间的惯量失配（负载:电机）。需要合理的位置控制或只需要非常基本的速度控制的应用可应付 10:1 的失配。

4.6.2 力顺和添加转矩滤波器

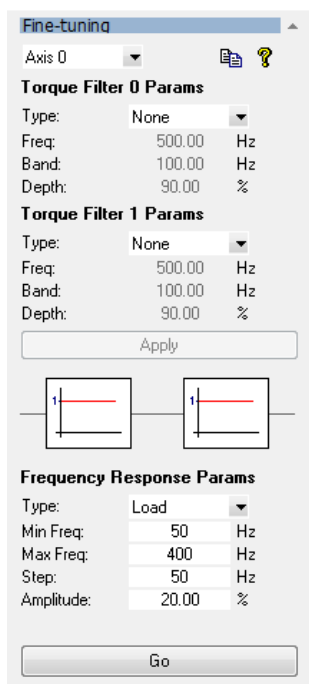
我们可以达到的调节质量最终由连接到电机轴的机械系统确定。如果各类工具和电机之间的机械连接刚性不高，我们可能会发现问题。力顺是系统刚性的反义词。它可能由啮合不良或磨损的齿轮，或张力不当的驱动皮带引起。



不良的力顺可能降低系统的性能和精度，并可能最终阻碍我们能够对它的调节程度。下图是速度环调节图。它显示了力顺不良的系统。在加速和减速过程中机械部件“回跳”时，会丢失控制能力。如果怀疑存在这种情况，那么应该关闭机器电源，并检查和尽可能改善机械部件。



如果怀疑在传动中有机械共振频率，则“Fine tuning”页面会包括“Filter”选项卡，允许驱动器以变化的频率向负载施加一系列的振动（在定义阶跃中修改）。然后，驱动器将测量形成的电机移动，并在施加的频率范围内对照预期移动绘制电机测量移动的图形（比率）。



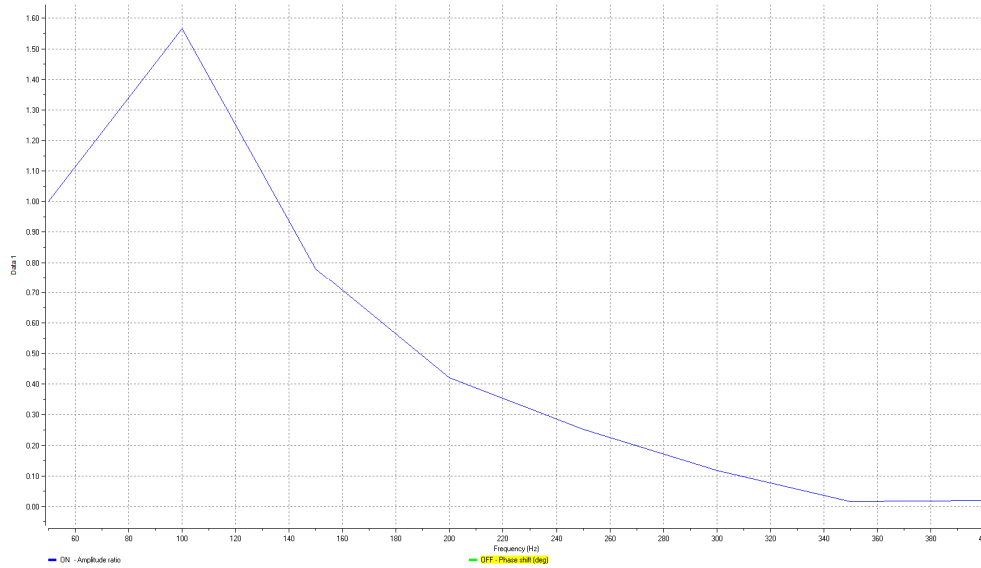
在本例“Filter”测试中，我们将在 50Hz 到 400Hz（以 50Hz 的阶跃）的范围内摆动电机/负载，以测量产生的电机轴移动。测试默认的最大频率设置为 1kHz，但任何机械系统在 400Hz 以上共振是非常罕见的。

如果系统中有任何机械共振（比如，由驱动器皮带的顺从性引起），它们将在测试结束时自动上传的结果图形中显示为“尖脉冲”。如果检测到任何“问题”频率范围，可使用更集中的范围和阶跃尺寸来重复测试。

可通过应用节点滤波器来移除尖脉冲。可使用低通滤波器来解决问题频率的频带。

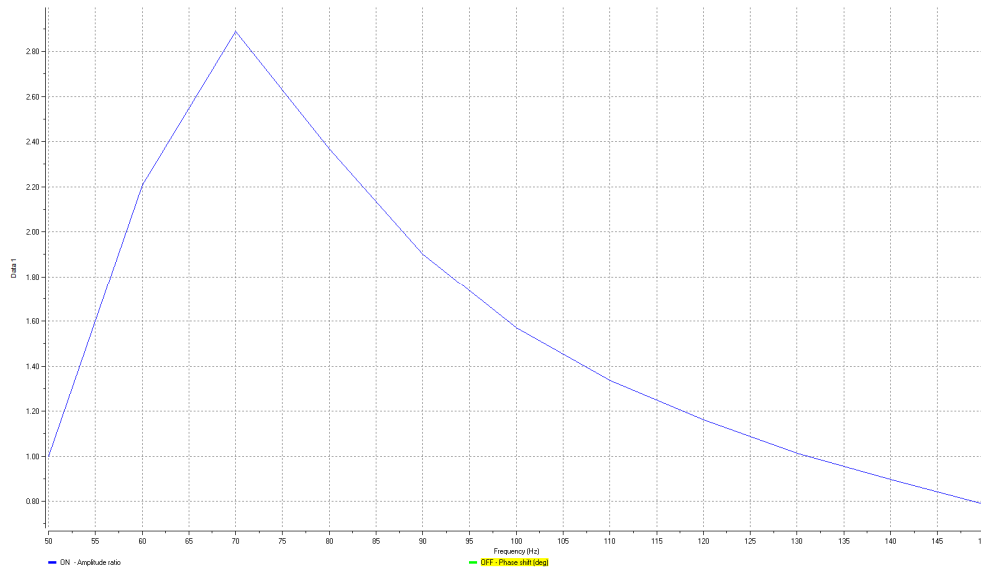
通过两个可用滤波器的下拉菜单，你可以轻松地设置它们。它们最终会设置驱动器参数 TORQUEFILTERTYPE、TORQUEFILTERBAND 和 TORQUEFILTERDEPTH。

在下文我们的测试结果中，我们关闭了“ Phase Shift” 轨迹以查看振幅比。

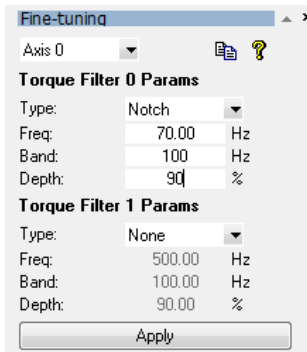


在没有机械共振的系统中，振幅比应该从 1 开始，并随着频率的增加向零衰减。但是，在我们的测试中，我们可以看到振幅比以 100Hz 的频率增加（在我们执行测试的系统中，电机通过皮带轮驱动柔性橡胶带，皮带在大约接近 100Hz 的位置共振）。

现在我们知道，在 50 和 150Hz 之间存在问题。我们可以在这个较低的范围内重复测试，并把阶跃减少到 10Hz。



现在，我们已经以这个范围为重点。我们可以看到实际的共振频率为 70Hz（不是 100Hz）。



此时，我们可以采用节点滤波器，以 70Hz 为中心，频宽为 100Hz（70Hz 的每侧 50Hz），深度为 90%，以过滤转矩需求，并确保我们不激起机械系统的共振。

5 完成调试

只要没有故障存在，并且所有环正确响应，我们就可以认为驱动器的调节已完成。

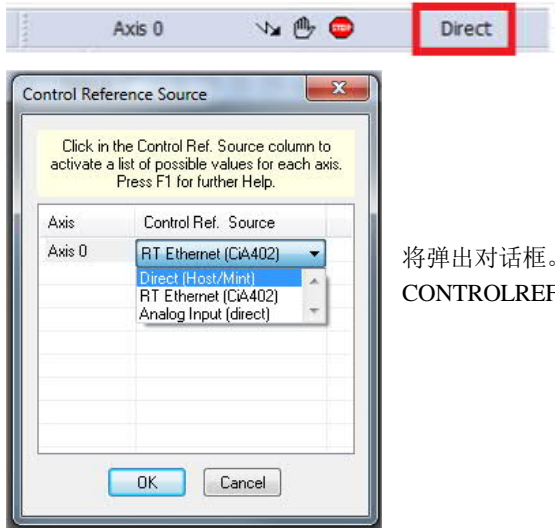


如果你已经在调节中把 FOLERRORMODE 设置为 0 (_emIGNORE)，记住把它恢复到所需的应用设置。



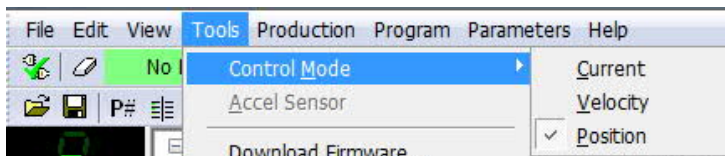
不要忘记保存你已经修改过的任何参数设置。保存方式为点击工具栏上的保存图标，或进入 Tools>Store Drive parameters。

在驱动器完成时，需要重新配置驱动器，才能使用它的正常控制给定值和运行模式。最简单的操作方式是重新启动驱动器（这样会采用你在调试中所做的设置）。也可以点击 Workbench 中的控制给定值来源按钮（当前显示“Direct”），并做必要的修改。



将弹出对话框。你可以在对话框中选择所需的控制给定值（注意，这会设置电流 CONTROLREFSOURCE 参数，而不是调试向导配置的 ONTROLREFSOURCESTARTUP）。

现在在 Tools 菜单中勾选/选择所需的运行模式（Position/Velocity/Current）。



此时，较好的做法是上传驱动器参数（Tools>Parameter Table>Upload），或创建驱动器的存档文件来实现更全面的备份。

为此，需要连接到驱动器，选择 Tools>Controller Archive>Create，然后选择你想要包括的所有元素，选择 Prepare archive，在 PC 上选择一个适当的文件夹，给存档文件提供一个名称，比如“Axis 1 Archive.zip”。

5.1 进一步支持

如果你在按照本应用指南中的建议操作后仍然遇到困难，请联系你的本地 ABB 技术支持团队。团队可提供远程支持，并在必要时提供调节帮助。

请发送电子邮件到：

亚洲：cn-motionsupport@cn.abb.com

世界其它地区：motionsupport.uk@gb.abb.com

联系我们

要获得更多信息，请联系你的当地的 ABB 代表，或以以下方式：

new.abb.com/motion

new.abb.com/drives

© ABB 公司，2017 年，版权所有。保留所有权利。

技术规格如有变更，恕不另行通知。