

## CMMT-AS-MP Extended torque control



王金亮  
Festo 技术支持  
2024 年 11 月 18 日

**关键词:**

**Extended torque control**, 外部力传感器, 力模式, **CMMT**

**摘要:**

本文介绍了 **CMMT Extended torque control** 功能的调试实例。文档主要包括 **Extended torque control** 功能介绍, **CMMT** 相关接线, **FAS** 中关键参数设置以及实际功能测试。

**目标群体:**

本文仅针对有一定自动化设备调试基础的工程师, 需要对 **Festo CMMT** 伺服及 **Festo Automation Suite** 软件有一定了解。

**声明:**

本文档为技术工程师根据官方资料和测试结果编写, 旨在指导用户快速上手使用 **Festo** 产品, 如果发现描述与官方正式出版物冲突, 请以正式出版物为准。

我们尽量罗列了实验室测试的软、硬件环境, 但现场设备型号可能不同, 软件/固件版本可能有差异, 请务必在理解文档内容和确保安全的前提下执行测试。

我们会持续更正和更新文档内容, 恕不另行通知。

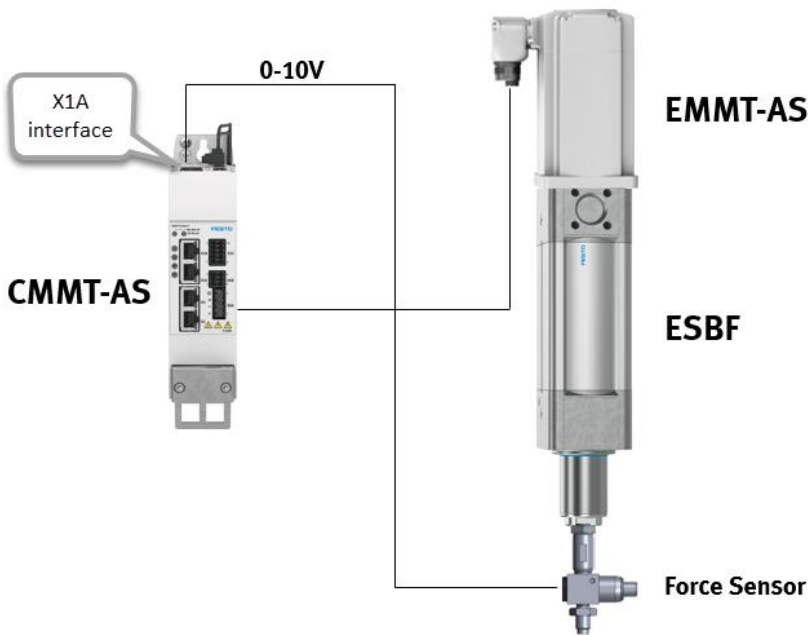
# 目录

|   |                                    |   |
|---|------------------------------------|---|
| 1 | Extended torque control 功能概述 ..... | 4 |
| 2 | 软/硬件环境.....                        | 4 |
| 3 | 接线.....                            | 4 |
| 4 | FAS 中的相关参数设置 .....                 | 5 |
| 5 | 测试.....                            | 6 |

1 Extended torque control 功能概述

通常在伺服驱动器中激活扭矩控制模式后，伺服控制器将使用电机的实际电流作为电流环的闭环反馈。但由于摩擦等外部力存在，在传动系统末端无法获得精确的输出力（力矩）。

为了解决这个问题，CMMT-AS-MP 自 FW34 固件开始支持 Extended torque control 功能。扩展扭矩控制意味着客户可以通过装在传动系统末端的传感器将输出力（力矩）实时反馈给 CMMT。CMMT 将根据此力（力矩）构建电流闭环，从而在传动系统末端获得更精确的输出力（力矩）。



2 软/硬件环境

| 名称                  | 版本/描述                         |
|---------------------|-------------------------------|
| CMMT-AS-C2-3A-MP-S1 | FW: V35.9.2.5078              |
| SKDA-0.8-AB         | 力传感器 -0.2 ... +1 kN（20mA-4mA） |
| VDK-11              | 4-20mA 转 0-10V 模块             |
| CMMT-AS PlugIn      | V2.8.0.417                    |

3 接线

| [X1A]       | Pin   | Function                                                                                                                                                                                                           | Description                                 |
|-------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|             | 9     | #SBC-B                                                                                                                                                                                                             | Safe brake control control input, channel B |
|             | 8     | —                                                                                                                                                                                                                  | reserved, do not connect                    |
|             | 7     |                                                                                                                                                                                                                    |                                             |
|             | 6     |                                                                                                                                                                                                                    |                                             |
|             | 5     |                                                                                                                                                                                                                    |                                             |
|             | 4     | ERR-RST                                                                                                                                                                                                            | Error acknowledgement                       |
|             | 3     | CTRL-EN                                                                                                                                                                                                            | Power stage enable                          |
|             | 2     | AIN0                                                                                                                                                                                                               | Differential analogue input                 |
|             | 1     | #AIN0                                                                                                                                                                                                              |                                             |
|             |       |                                                                                                                                                                                                                    |                                             |
|             |       |                                                                                                                                                                                                                    |                                             |
| Signal name | Name  | Function                                                                                                                                                                                                           | can be parameterised                        |
| X1A.2       | AIN0  | Differential analogue input for typical input level of ± 10 V                                                                                                                                                      | yes                                         |
| X1A.1       | #AIN0 | The following setpoint values and limits can be specified via the analogue input in the form of analogue voltage:<br>– Setpoint values for position, speed or force/current<br>– Limits for speed or force/current |                                             |

Tab. 26: Inputs and outputs for the higher-order PLC with the CMMT-AS-...-S1

将外部传感器（0-10V）接入 X1A.2 和 X1A.1，该输入接受差分信号。信号+接 X1A.2，信号-接 X1A.1。  
本案例中由于力传感器是 4-20mA 且输出信号和所测力为负相关（力增大时，电流信号减小）。所以增加 4-20mA 转 0-10V 模块，并将 0-10V 输出信号反接（信号+接 X1A.1，信号-接 X1A.2），并在 CMMT 中进行偏移。

## 4 FAS 中的相关参数设置

相关参数如下：

1. 指定扩展扭矩控制模式使用的实际值来源，本案例中选择 **Analog**

P1.102097.0.0      Actual value selector torque control      Analog (1)      ■

2. 转换系数，将外部所测的力对应转换为 **CMMT** 力闭环所需的实际扭矩

P0.201.0.0      Amplification gain analogue input      1.00      ■

参考 **CMMT** 手册中的相关公式：

**Example of conversion of force to the internal variable Nm**

- Spindle axis: slope 5 mm
- Force sensor: resolution 10 V / 1000 N

Scaling factor  $Px.201 = \text{slope} / (1000 * 2 * \pi) * 1 / \text{resolution}$

$= 5 \text{ mm} / (1000 * 2 * \pi) * 1000 \text{ N} / 10 \text{ V} = 0.07957747$

如果考虑效率，该公式可以演变为：

**$Px.201 = \text{螺距} / (1000 * 2 * \pi * \text{效率}) * 1 / \text{分辨率}$**

结合本案例，力传感器的分辨率为 **10V/1200N**，电缸的螺距为 **5mm**，机械传递效率:1

**本案例中  $Px.201 = 5 \text{ mm} / (1000 * 2 * \pi * 1) * 1200 \text{ N} / 10 \text{ V} = 0.09549296$**

**注：该转换系数的计算不需要考虑减速比，CMMT 已内部计算。**

3. 外部传感器的实际反馈力和转换后的实际扭矩

P1.101362.0.0      Actual force      0.00      N      ■

P1.151.0.0      Actual torque value gear shaft      0.00      Nm      ■

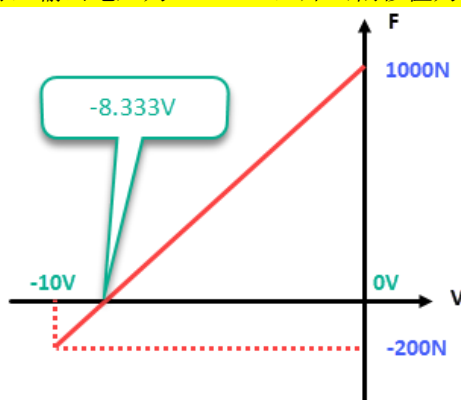
4. 模拟量偏移

P0.202.0.0      Offset analogue input      0.00      ■

在 **CMMT** 内部，初始标定是 **0V** 对应 **0N**，但由于并非所有传感器都是 **0N** 时输出 **0V**。

所以偏移的目的是让 **CMMT** 内部的 **P1.101362 Actual force** 与外部力传感器的测的力值相等

**本例中的传感器为-200N~1000N 对应 20mA~4mA，再通过转换模块转换成-10V~0V，经过计算当传感器为 0N 时，输出电压为-8.333V，那么偏移值为 8.333V。**



由于该值是理论值，实际填入该值后，当发现未压东西时 **P1.101362 Actual force** 不为 **0**，此时可以在此基础上进行微调，直到 **Actual force** 为 **0**。

Parameter configuration table showing the adjustment of the offset analogue input:

| Parameter     | Value        | Unit |
|---------------|--------------|------|
| P0.202.0.0    | 8.33         |      |
| P1.101362.0.0 | 11.8651      | N    |
| P1.151.0.0    | 0.009665692  | Nm   |
| P0.202.0.0    | 8.22         |      |
| P1.101362.0.0 | 0.2317357    | N    |
| P1.151.0.0    | 0.0005039612 | Nm   |

**最终也可通过观察 **P1.101362 Actual force** 与外部力传感器的测的力值是否相等来确认设置是否准确。**

5. 定义扩展扭矩控制传感器切换的临界值。低于此阈值时，将使用电机电流进行闭环控制。

|               |                                  |      |    |  |
|---------------|----------------------------------|------|----|--|
| P1.102085.0.0 | Threshold value sensor switching | 0.00 | Nm |  |
|---------------|----------------------------------|------|----|--|

如果想全程使用外部传感器作为反馈，可以将此值设置为 **0**。  
此阈值为绝对值。例如：设置为 **1Nm** 时，那么当传感器反馈扭矩在 **-1Nm~1Nm** 之间时，将使用电机电流进行闭环控制；而当传感器反馈扭矩在 **-1Nm~1Nm** 之外时，则使用外部传感器作为反馈。

6. 切换阈值的迟滞值。

|               |                             |      |    |  |
|---------------|-----------------------------|------|----|--|
| P1.102089.0.0 | Hysteresis sensor switching | 0.00 | Nm |  |
|---------------|-----------------------------|------|----|--|

该参数需要和 **5** 号参数传感器切换的临界值搭配使用。例如：当 **P1.102085** 设置为 **0.8NM**，**P1.102089** 设置为 **0.2NM**。那么当反馈扭矩达到 **0.8NM** 时，切换为外部传感器作为闭环反馈，当反馈扭矩低于 **0.8-0.2=0.6NM** 时，切换为使用电机电流作为闭环反馈。迟滞的目的是避免反馈扭矩在临界值上振荡而引起反复切换。

7. 扩展扭矩控制闭环的 **P** 值和 **I** 值

|               |                                     |       |  |  |
|---------------|-------------------------------------|-------|--|--|
| P1.102040.0.0 | Gain factor torque control          | 10.00 |  |  |
| P1.102042.0.0 | Integration constant torque control | 0.50  |  |  |

扩展扭矩闭环控制器为 **PI** 闭环控制器，可通过增益系数 **Px.102040** 和积分常数 **Px.102042** 进行调节。

8. 该参数为模拟量输入的滤波时间常数，模拟量输入信号可以通过滤波器进行滤波。

|               |                                   |      |   |  |
|---------------|-----------------------------------|------|---|--|
| P0.102096.0.0 | Filter time constant analog input | 0.00 | s |  |
|---------------|-----------------------------------|------|---|--|

当增加波时间常数后，可以观察到 **P1.101362 Actual force** 波动变小，毛刺变少。  
适用于当模拟量信号受到干扰等因素导致反馈力波动太大的情况。  
本案例中设置为 **0.01s**。

5 测试

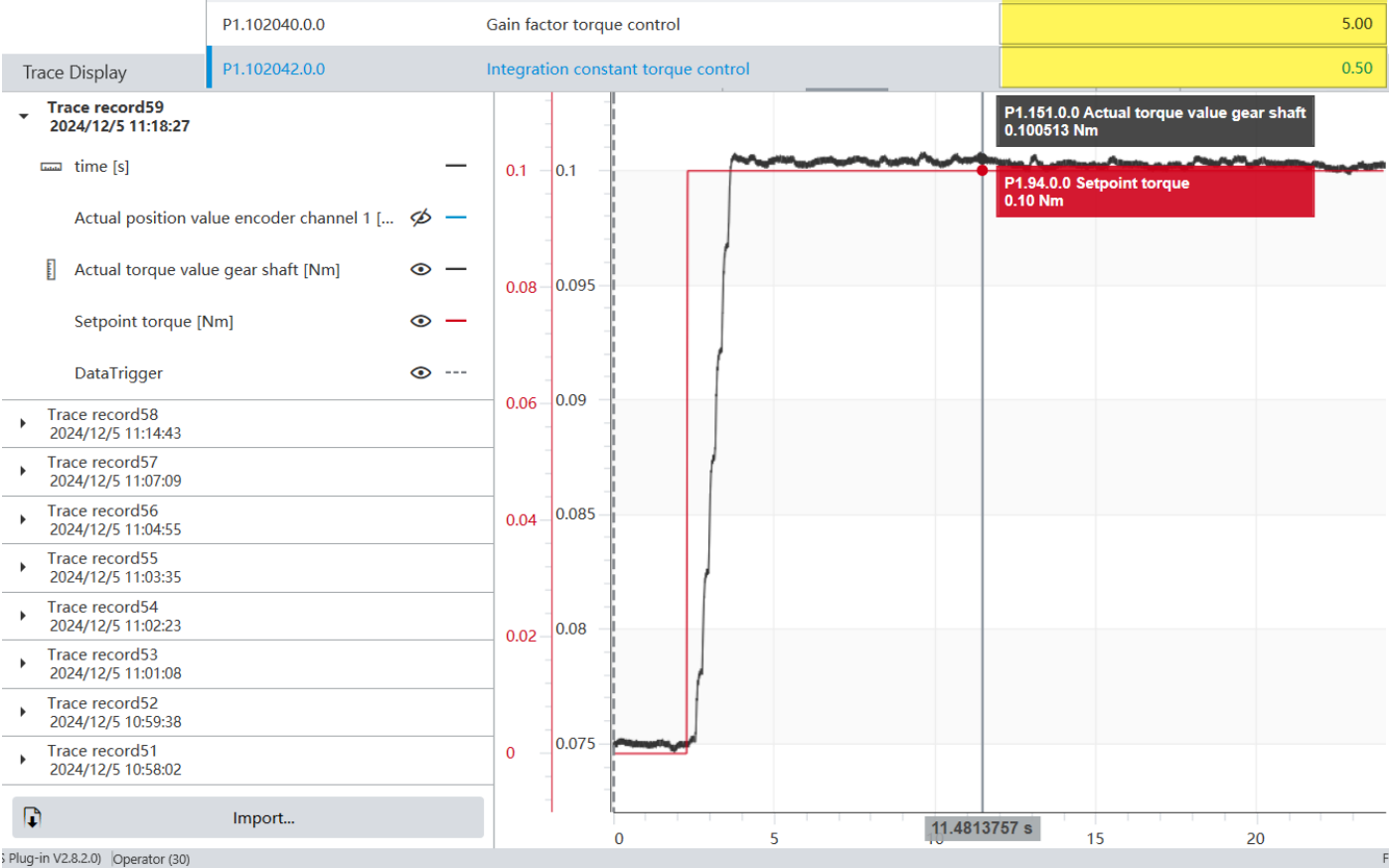
扩展扭矩控制在所有模式的扭矩控制下都可以生效，不管是总线（**Profidrive/Cia402**）还是 **Record table**。  
下面以 **Record table** 为例，建立如下流程：

- 指令 1：初始等待位置 **0mm**  
指令 2：执行绝对定位到 **1mm**，快速接近到工件表面。当位置到达后，自动跳转到指令 **3**  
指令 3：执行扭矩模式（目标扭矩 **0.1NM**，扭矩变化率 **1NM/s**，速度限制 **1mm/s**），扭矩到达后，跳转指令 **4**（可选，用作循环测试）  
指令 4：设置延时 **5s**，保压 **5s** 后，跳转指令 **1**

|   |   |          |              |                          |                             |             |                          |         |         |  |  |  |  |
|---|---|----------|--------------|--------------------------|-----------------------------|-------------|--------------------------|---------|---------|--|--|--|--|
| → | 1 | Untitled | Record type  | Type                     | Target position             | Velocity    | Acceleration             | D.      | Comment |  |  |  |  |
|   |   |          | Position (5) | Positioning absolute (0) | 0.00 mm                     | 0.20 m/s    | 5.00 m/s²                | 5.      |         |  |  |  |  |
|   | 2 | Untitled | Record type  | Type                     | Target position             | Velocity    | Acceleration             | D.      | Comment |  |  |  |  |
|   |   |          | Position (5) | Positioning absolute (0) | 1.00 mm                     | 0.20 m/s    | 5.00 m/s²                | 5.      |         |  |  |  |  |
|   | ↘ | 3        | Untitled     | Condition                | Target position reached (1) |             |                          |         |         |  |  |  |  |
| → | 3 | Untitled | Record type  | Target torque            | Torque rise ramp            | Limit speed | Activation stroke limi   | Comment |         |  |  |  |  |
|   |   |          | Torque (7)   | 0.10 Nm                  | 1.00 Nm/s                   | 0.001 m/s   | <input type="checkbox"/> |         |         |  |  |  |  |
|   | ↘ | 4        | Untitled     | Condition                | Target torque reached (3)   |             |                          |         |         |  |  |  |  |
| → | 4 | Untitled | Record type  | Flow control (10)        |                             |             |                          |         | Comment |  |  |  |  |
|   | ↘ | 1        | Untitled     | Condition                | Time (14)                   |             |                          |         |         |  |  |  |  |

使用 **Trace** 功能采集传感器反馈的实际扭矩 **P1.151** 与设定扭矩 **P1.94** 曲线。**如果需要观察实际输出力，可添加 P1.101362 Actual force 进行监控。**

实际扭矩产生超调或偏差可通过不断优化增益系数 **Px.102040** 和积分常数 **Px.102042**，获取最佳的控制效果。



减小积分时间，静态误差修正变强



增加增益系数，响应变快，但会超调

