

EPOS2

Positioning Controller

Application Note

"レギュレーション・チューニング"

Edition April 2010

EPOS2 Module 36/2, EPOS2 24/5, EPOS2 50/5, EPOS2 70/10

Firmware version 2110h 以降

イントロダクション

EPOS2 はインクリメンタル・エンコーダ付きの DC モータおよび EC (ブラシレス) モータ対応のモジュラー型モーション・コントローラです。数 W から 700 W のモータに対応します。

位置／回転数／電流制御の多様な運転モードが、多くの駆動／オートメーション・システムにフレキシブルに適応します。内蔵の CANopen インタフェースが多軸制御と CAN (または RS232、USB) マスターによるオンライン制御を可能とします。

EPOS2 には新型のレギュレーション・チューニングが搭載されています。「Auto Tuning」では各種ゲイン値（電流、回転数、位置）を自動で調整します。この高性能ツールにより、煩雑なチューニング作業が簡素化し、位置制御ユニットをより容易にご使用いただけます。

目的

このアプリケーション・ノートは、レギュレーション・チューニングの機能、使用方法とその効果を解説します。

リファレンスおよび必要なツール

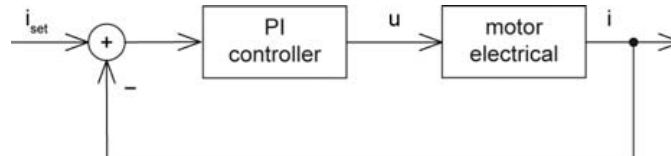
製品名	注文番号	ファームウェア・バージョン	参照マニュアル
EPOS2		2110h	Firmware Specification
EPOS2 70/10	375711	2120h 以降	ケーブル・スターティング・セット ハードウェア・リファレンス
EPOS2 24/5	367676	2110h 以降	ケーブル・スターティング・セット ハードウェア・リファレンス
EPOS2 50/5	347717	2110h 以降	ケーブル・スターティング・セット ハードウェア・リファレンス
EPOS2 Module 36/2	360665	2110h 以降	ハードウェア・リファレンス
ツール	詳細		
ソフトウェア	«EPOS Studio» Version 1.41 以降		

レギュレーション・チューニング

1. EPOS2 で可能な基本制御システム

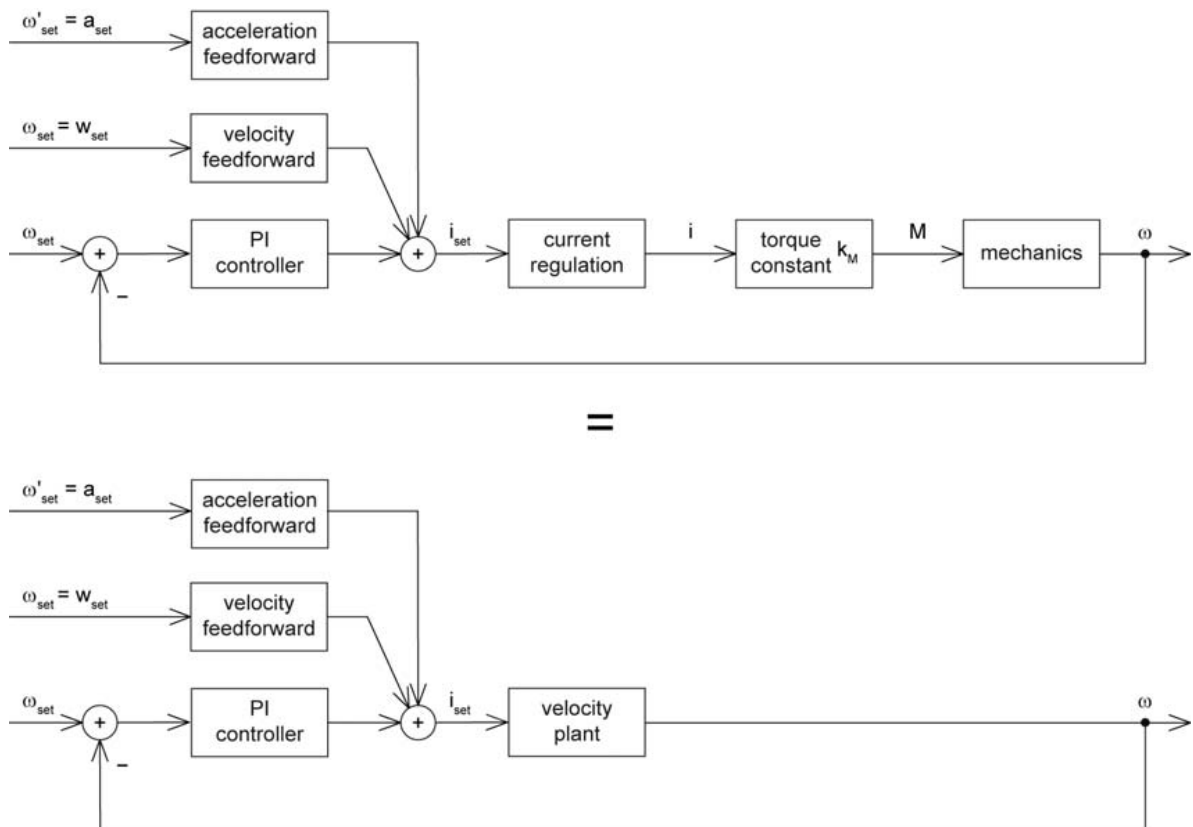
EPOS2 には 3 つの基本制御システムがインプリメントされています。

電流制御: ドライブ・システムの様々な動きには、正確で適正な力すなわちトルクが必要です。そのために電流制御が必要になります。



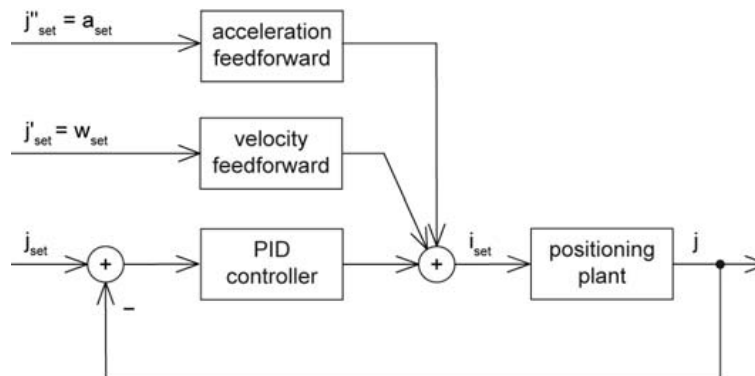
EPOS2 には、電流制御の PI コントローラがインプリメントされています。これは電流制御の機能として直接電流を制御するだけでなく、下記制御（回転数、位置）の下位制御システムとしても機能します。

フィードフォワード機能付き回転数制御: 下位の電流制御を基に、回転数制御が行われます。



EPOS2 には、回転数制御の PI コントローラがインプリメントされています。

フィードフォワード機能付き位置制御: 下位の電流制御を基に、位置制御が行われます。



EPOS2 には、位置制御の PID コントローラがインプリメントされています。実際の動きをより最適化するために、フィードフォワード機能を内蔵しています。回転数により負荷が変動するドライブ・システム（回転数フィードフォワード）や、モータと負荷の慣性モーメント比が大きいドライブ・システム（加速度フィードフォワード）に有効です。

2. レギュレーション・チューニングの目的

レギュレーション・チューニングは上記 3 つの制御（電流、回転数、位置）を自動でスタートアップします。これには全てのパラメータ（PI ゲイン、PID ゲイン、フィードフォワード）の調整が含まれます。

3. レギュレーション・チューニングの動作

レギュレーション・チューニングには下記 3 つのステップがあります：

1. システム同定、モデリング
2. マッピング: {モデル・パラメータ} → {PID、PI コントローラ・パラメータ}
3. 調整結果の検証

ステップ 1: システム同定は、ある 2 点間を周期的に移動し（振動する）そのフィードバックにより行われます。この振動の特性を基にモデルが計算されます。

ステップ 2: モデルが計算されると極配置法により PI、PID ゲイン値が決定されます。フィードフォワード値もここで決定されます。

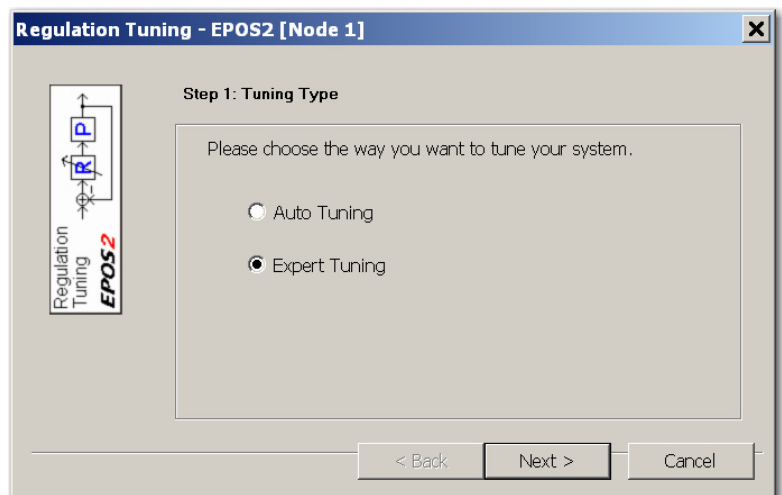
ステップ 3: 適正な制御範囲が制御周波数によって決定されます。この周波数に相当する運転プロファイルにて、調整結果を検証します。

4. 「Auto Tuning」と「Expert Tuning」

起動手順

Wizards ウィンドウ

>> 「Regulation Tuning」をクリック



Tuning Type 選択画面

>> 「Auto Tuning」と「Expert Tuning」が選択可能。

Auto Tuning は各種ゲイン値（電流、回転数、位置）を自動で調整します。「Regulation Tuning」画面右下の「Start」ボタンをクリックし、警告画面の「はい」ボタンをクリックすると Auto Tuning が開始します。必要な動作は全て設定済みですので、実際の負荷物を付けた状態で実行してください。ほとんどのモーション・システムにおいて、この Auto Tuning で各種ゲインの設定が完了します。

しかしながら、Auto Tuning でゲインの調整が困難状況（例：コギングトルクが大きなモータ、不均一な摩擦力、低分解能の位置センサ使用など）または、モーション・システムにおいて特殊な要求（例：耐磨耗性、異音少、省エネルギーなど）がある場合は、Expert Tuning にてチューニング動作の設定などをマニュアルで行えます。

5. Expert Tuning 使用方法および使用例

ここでは位置制御ゲインの調整を例に挙げ Expert Tuning の使用方法を説明します。なお、電流、回転数制御ゲインの調整も使用方法は同様です。

例:

位置制御ユニット :	EPOS2	/	注文番号 : 347717
モータ :	EC 40	/	注文番号 : 118899
エンコーダ :	HEDL 5540	/	注文番号 : 110516
負荷物 :	慣性モーメント /		10'000 gcm ²

① まず始めに、「Startup Wizard」を実行してください:



Wizards ウィンドウ

>> 「Startup Wizard」をクリック

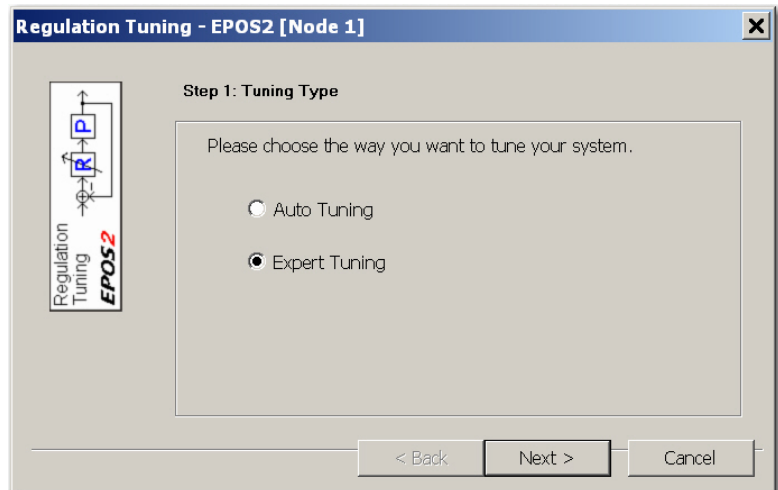
ここでは EPOS2 と PC の通信設定や、モータ・データ、エンコーダ・データなどを入力します。詳しくはマニュアル「EPOS2 ゲットینگ・スタート」を御参照ください。

② 次に Expert Tuning を実行します:

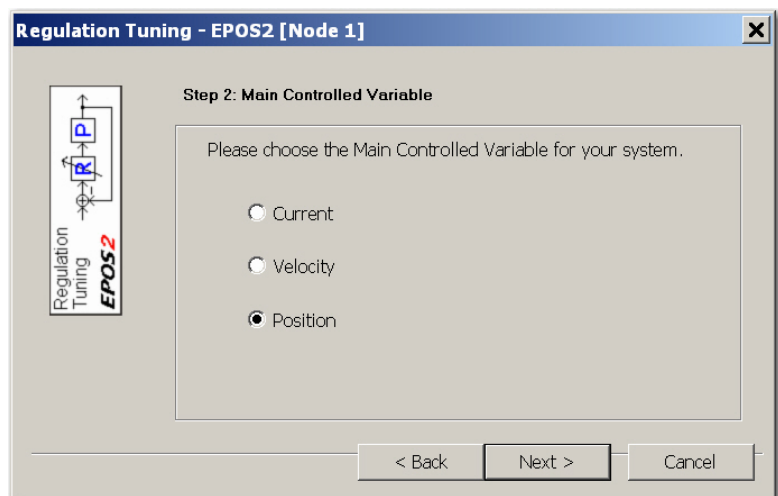


Wizards ウィンドウ

>> 「Regulation Tuning」をクリック



>> 「Expert Tuning」をクリック



>> 「Position」をクリック

③ Expert Tuning 画面は 4 つのパートで構成されています:

Regulation Tuning - EPOS2 [Node 1]

Step 3: Expert Tuning Position

Cascade

State Legend: ■ Undimensioned ■ Dimensioned ■ Manually Dimensioned

Main Regulation

Position

Show Parameters

Base Regulation

Current

Show Parameters

Identification

☐ Identify
Amplitude: 250 qc

☐ Identify
Amplitude: 400 mA

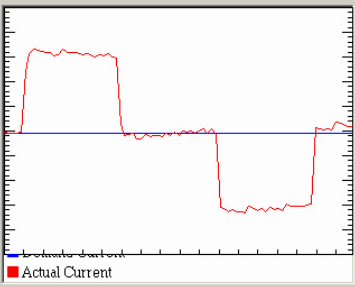
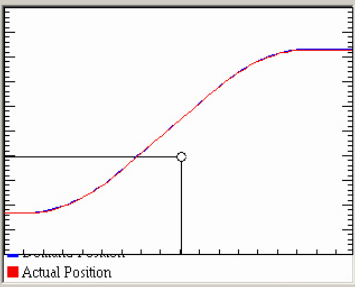
Parameterization

Regulation Stiffness:
soft hard

Regulation Stiffness:
soft hard

☐ Respect Cogging Torque

Verification



Position Step: 500 qc ☒ Use Profile

Velocity: 95 rpm

Acceleration: 1217 rpm/s

Max. Recording Time: 2000 ms

Deceleration: 1217 rpm/s

Start

< Back

Finish

Cancel

最上段の **Cascade** 部は現在の状態を表示します。

左側の Main Regulation が現在調整中の制御システムで、右側がその基となる下位の電流制御 Base Regulation です。それぞれの状態は赤、緑、灰色で表示されます。赤は現在調整中で、緑になるとゲイン値が決定します。また、「Show Parameters」ボタンをクリックすると現在のゲイン値が確認できます。この画面で「Dimension Manually」チェックボックスにチェックを入れると、マニュアルで値を変更できます。この時、表示は灰色になります。

Main Regulation ウィンドウで velocity を選択して、回転数制御ゲインの確認もできます。ただし下位の電流制御 Base Regulation は変更できません（メインは位置制御システムのため）。電流制御ゲイン値を変更する場合は、画面右下「戻る」で全画面に戻り、Velocity か Current を選択してください。

次の3つのパートは、前述のレギュレーション・チューニングの3つのステップです。

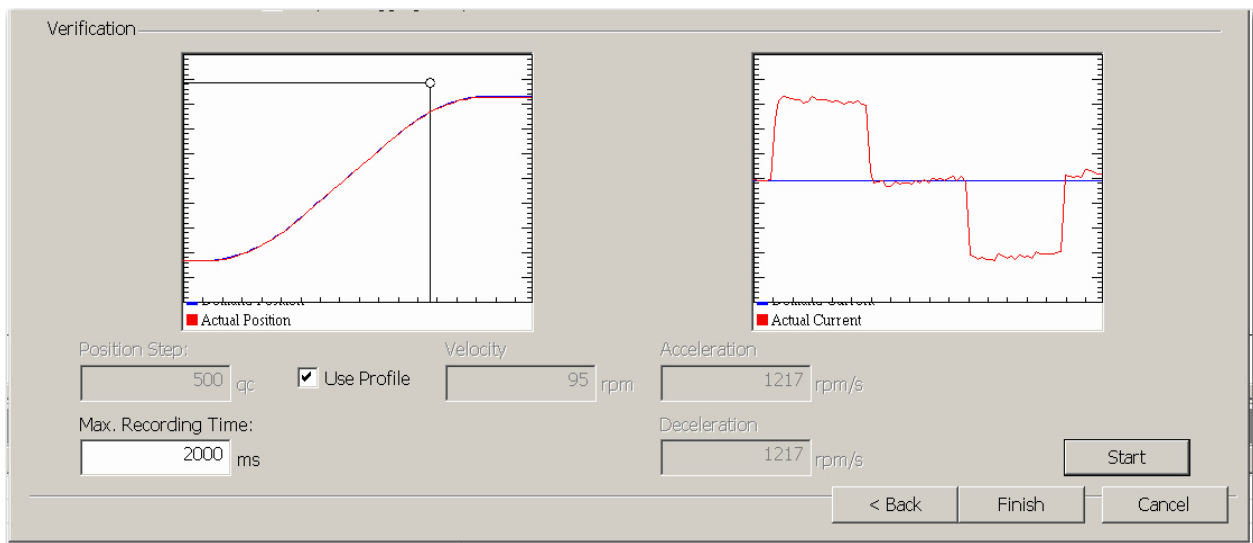
Identification: システム同定

システムの同定が必要な場合（モータや負荷物などの変更があった場合など）は、Identify チェックボックスにチェックを入れてください。上記 Cascade 部の表示が赤になります。

Amplitude（振幅）の値を変更することによって、非線形のプロパティ（クーロン摩擦など）をハーモニック線形近似することができます。しかし初期設定値は、大抵のモーション・システムにおいて有効だと思われる値になっています。

Parameterization: マッピング

マッピングの調整をここで行います。スライダーをドラックして soft と hard の間で設定できます。soft 側は遅い反応、短い収束時間で、hard 側は速い反応、長い収束時間になります。さらに Respect Cogging Torque をチェックすると、コギングのあるモータに対しても、速い反応で短い収束時間に設定できます。また、不均一な摩擦力などのモーション・システムにおいても、ここで調整してください。

Verification: 調整結果の検証

フィードフォワード機能を含んだ調整結果の検証を行います。位置制御周波数を考慮した運転プロファイルまたはステップ動作によって検証されます。同様に電流値も右側に表示されます。

④ 「Start」 ボタンをクリックしてチューニング開始。

Position Step, >> Velocity, >> Acceleration >> Deceleration は自動で設定されます。Cascade 部で「Dimension Manually」を選択した場合は、これらの値を設定できます。運転プロファイルの詳細（立ち上がり時など）を確認したい場合は、Max. Recording Time を調節してください。

⑤ 「完了」 ボタンをクリックし、パラメータの保存確認のダイアログで「はい」をクリックして、終了してください。