



# CSMIO/IP-A

## 6-osiowy sterownik CNC (+/-10V)

---

# Instrukcja strojenia ręcznego

## dla oprogramowania Mach4



DOTYCZY:

WERSJA SPRZĘTOWA  
v2 FP4  
v2 H7

WERSJA FIRMWARE (oprogramowanie):  
v3.xxx (Mach4)



## 1. Zanim zaczniesz ręczne strojenie

Skoro czytasz ten poradnik, to prawdopodobnie podjąłeś już próbę użycia funkcji automatycznego strojenia, lecz zakończyła się ona niepowodzeniem lub przyniosła niezadowalające efekty i chcesz teraz podjąć próbę ręcznego strojenia.

Musisz być świadomy, że ręczne strojenie, także może zakończyć się w ten sam sposób. Funkcja automatycznego strojenia przerywa swoje działanie lub daje niezadowalające efekty tylko w sytuacji, w której nawet doświadczony technik mógłby mieć spore problemy. Zarówno funkcja automatycznego strojenia, jak i doświadczony technik posiadają pewne granice tolerancji, po przekroczeniu których nie są w stanie zagwarantować, że strojenie zakończy się dobrym efektem. Czy w tej sytuacji powinniśmy od razu sięgać po możliwość ręcznego strojenia i usilnie szukać wartości parametrów regulatora PID, dzięki którym maszyna w jakimś stopniu będzie zdatna do użytku? Otóż nie. W pierwszej kolejności powinniśmy sprawdzić, dlaczego funkcja automatycznego strojenia nie spełniła swojego zadania. W większości przypadków powodem jest:

- rozregulowany regulator PID prądu lub prędkości serwonapędu,
- zła kondycja magnesów serwonapędu,
- błąd w podłączeniu sygnału sterującego +/-10V,
- fabrycznie niska czułość i ospałość serwonapędu,
- silne zakłócenia powstałe na skutek błędnego podłączenia serwonapędu,
- zbyt silne filtry prędkości zadanej lub rzeczywistej serwonapędu.

Test polegający na podłączeniu ręcznego zadajnika napięcia (bateria 9V + potencjometr) lub zasilacza laboratoryjnego do wejścia +/-10V serwonapędu, w celu wykonania ręcznego przejazdu osią, dowodzi tylko, że serwonapęd jest sprawny, ale nie dowodzi jego dobrej kondycji, ani prawidłowego nastrojenia regulatorów PID. Wspominamy o tym, ponieważ wielu użytkowników test ten uznaje za jednoznaczny z tym, że ich serwonapęd jest idealny pod każdym względem i nie wymaga żadnych czynności serwisowych.

Aby określić, czy serwonapęd jest w dobrej kondycji i jest prawidłowo nastrojony, należy porównać dwie wartości przedstawione najlepiej w postaci nałożonych na siebie przebiegów. Mowa tu o wartości prędkości zadanej i prędkości rzeczywistej wału serwonapędu. W przypadku nowszych serwonapędów będzie to możliwe za pomocą dedykowanego oprogramowania diagnostycznego dla serwonapędu, a w przypadku starszych serwonapędów za pomocą oscyloskopu i testowych punktów, wskazanych na PCB serwonapędu przez producenta w instrukcji obsługi.



## 2. Przygotowanie do strojenia

Przed przystąpieniem do ręcznego strojenia regulatora PID pozycji kontroler CSMIO/IP-A, należy obowiązkowo:

- a) Podłączyć, skonfigurować i przetestować przycisk awaryjnego zatrzymania E-STOP.
- b) Sprawdzić, czy przycisk E-STOP jest łatwo dostępny.
- c) Podłączyć, skonfigurować i przetestować sygnały:
  - „Drive Fault” (można go odnaleźć w konfiguracji plugin).
  - „Drive Reset” (można go odnaleźć w konfiguracji plugin).
  - „Enable #” (można go odnaleźć w konfiguracji Mach4).
  - „Motor ... ++” (można go odnaleźć w konfiguracji Mach4).
  - „Motor ... --” (można go odnaleźć w konfiguracji Mach4).
- d) Sprawdzić poprawność nastrojenia regulatora PID prądu i prędkości serwonapędu, w razie potrzeby wykonać ewentualne korekty. Jeśli serwonapęd jest nowy lub pochodzi z innej maszyny lub został rozregulowany należy przeprowadzić gruntowne strojenie regulatorów PID. Informacji jak należy przeprowadzić strojenie należy szukać w instrukcji obsługi serwonapędu.
- e) Skonfigurować jednostkę natywną w Mach4 (milimetry lub cale).
- f) Skonfigurować zakładkę „Axis Mapping” w Mach4.
- g) Skonfigurować zakładkę „Motors” w Mach4 (nie przesadzaj z wartością przyspieszenia, na początek proponuje użyć wartości z przedziału 200ms<sup>2</sup> – 500ms<sup>2</sup>).
- h) Podłączyć sygnał sprzężenia zwrotnego, możesz użyć:
  - liniału optycznego,
  - enkodera
  - wyjście emulatora sygnału inkrementalnego serwonapędu

W wszystkich przypadkach mowa o sygnale inkrementalnym zgodnym z standardem RS422.

- i) Sprawdzić działanie sprzężenia zwrotnego (test działania enkoderów lub liniałów).  
Aby wykonać test sprzężenia zwrotnego, należy poruszyć oś w obu kierunkach, gdy Mach4 jest w stanie „Disable” jednocześnie obserwując DRO osi na ekranie Mach4. Jeśli sprzężenie zwrotne działa, wartość DRO osi powinno reagować adekwatnie do wykonywanych ruchów osi.
- j) Podłączyć sygnał analogowy +/-10V



Jeśli pominiesz którąś z powyższych czynności, strojenie regulator PID pozycji kontrolera CSMIO/IP-A może się nie powieść lub być niebezpieczne.

Aby strojenie przebiegało w bezpieczny i niezakłócony sposób, w danej chwili powinien być załączony tylko jeden serwonapęd, dla którego jeszcze nie nastrojono regulatora PID pozycji kontrolera CSMIO/IP-A. Zapobiega to sytuacji, w której serwonapędy, dla których jeszcze nie nastrojono regulatora PID pozycji, będą się poruszały z niewielką prędkością wywołując co chwilę alarm utraty pozycji lub nawet najazd na krańcówkę limitową.

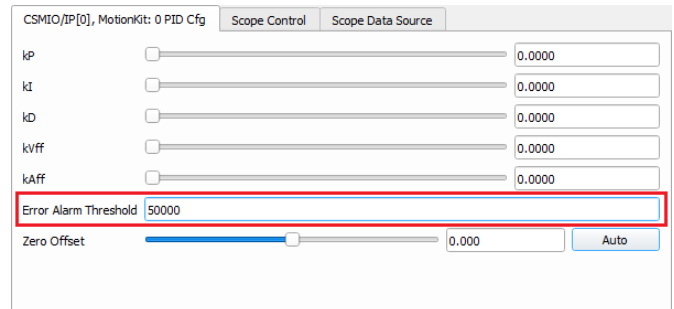
Powyższe zalecenie, nie ma zastosowania w przypadku osi będącej bramą jezdnią, napędzaną serwonapędami „Master” i „Slave”, w przypadku której strojenie obu serwonapędów należy przeprowadzać jednocześnie. Ważne jest nawet to, aby ustawić wrzeciono pośrodku bramy, w celu zapewnienia serwonapędom jak najbardziej zbliżonych warunków pracy.



### 3. Pierwsze uruchomienie osi

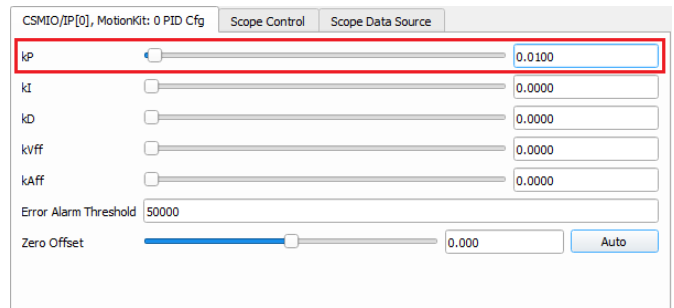
1) Ustaw ręcznie oś w połowie jej zakresu ruchu.

2) Przejdź do okna „Configure/Plugins/CSMIO/IP - CS-Lab/Motors/Motor 0/PID Tuning” i ustaw wartość parametru „Error Alarm Threshold”, czyli maksymalny dopuszczalny błąd pozycji na wartość, która odpowiada około 5 milimetrowemu ruchowi osi. Aby określić tę wartość, wystarczy pomnożyć 5 krotnie wartość „Counts Per Unit” znajdującą się w oknie „Motors”. W tym przypadku „Error Alarm Threshold” = 10000 x 5. Taka konfiguracja spowoduje, że oś nie będzie mogła w sposób niekontrolowany pokonać większego dystansu niż 5mm. Wartość ta na koniec procesu ręcznego strojenia zostanie zmniejszona, ale obecnie musi posiadać tak dużą wartość z uwagi na swobodę dalszych działań.



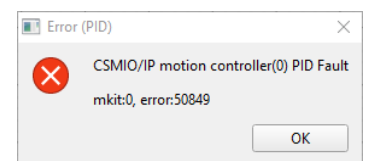
Usilne próby ręcznego doboru wartości parametru „Zero Offset”, czyli offsetu napięcia sygnału analogowego +/-10V na tym etapie nie mają sensu i są tylko stratą czasu. Mowa o tym, bo wielu użytkowników traci dużo czasu, starając się wykorzystać ten parametr do powstrzymania osi przed pełzaniem, czyli przed wykonywaniem powolnego niekontrolowanego ruchu osi, gdy regulator PID pozycji kontrolera CSMIO/IP-A nie jest jeszcze nastrojony.

3) Ustaw wstępną wartość parametru „kP” (wzmocnienie członu proporcjonalnego) na 0.01, wartość ta w większości przypadków jest wystarczająca. Na tym etapie wartość parametru „kP” powinna być na tyle duża, aby oś nie pełzała pod wpływem nie skonfigurowanego jeszcze parametru „Zero Offset” i była w stanie realizować powolne rozkazy ruchu wydawane np. z poziomu „JOG”. Nie powinno się stosować większych wartości parametru „kP” niż to potrzebne, bo może to w jakimś stopniu negatywnie wpłynąć na końcowy efekt strojenia.



4) Przełącz Mach4 w stan „Enable” i spróbuj wykonać powolny ruch w trybie „Jog”. Zaleca się użycie bardzo niskiej wartości „Jog Rate%”, zazwyczaj wystarcza 1%. Tak niska wartość jest stosowana z względu na to, że naszym celem obecnie jest tylko sprawdzenie, czy oś zareaguje poprawnie na rozkazy ruchu.

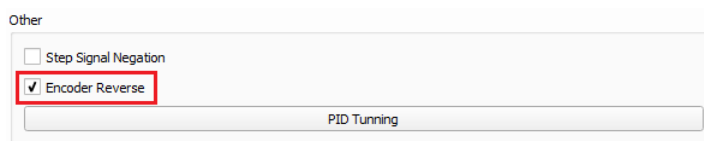
Jeśli zaraz po przełączeniu Mach4 w stan „Enable” lub w momencie próby wykonania pierwszego ruchu, oś wykona gwałtowny ruch równy około 5mm (patrz punkt 2) i pojawi się komunikat „PID Fault” (widoczny obok) oznaczać to będzie, że należy zmienić kierunek liczenia enkodera na przeciwny za pomocą opcji „Encoder Reverse” (zdjęcie poniżej).





! Liczba 50849 zawarta w komunikacie błędu widocznym powyżej, nie jest numerem błędu! Jest to wartość błędu pozycji osi, wyrażona w impulsach (jest to różnica pomiędzy pozycją zadaną, a rzeczywistą osi).

Z kolej, jeśli po upływie kilku sekund od przełączenia Mach4 w stan „Enable” lub po wykonaniu kilkumilimetrowego ruchu za pomocą „Jog”, pojawi się błąd „PID Fault” oznaczać to będzie, że kierunek liczenia enkodera jest prawidłowy, a problemem może być zbyt niska wartość parametru kP. Taką sytuację może powodować np. wpływ grawitacji na osi Z, wyjątkowo ciężka oś, stary zaschnięty smar na prowadnicach. W tej sytuacji należy zwiększyć wartości parametru kP o wartość 0.01 i ponowić próbę.

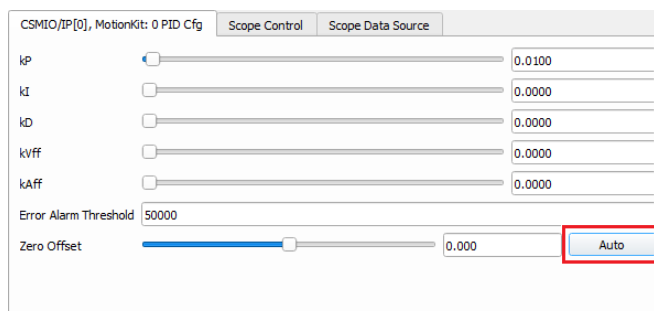


! Jeśli mimo użycia opcji „Encoder Reverse” lub kilkukrotnego zwiększenia wartości parametru kP, ciągle będzie się pojawiał błąd („PID Fault”), należy zaprzestać dalszych prób, z uwagi na to, że problem może tkwić w konfiguracji serwonapędu lub w jego podłączeniu.

Gdy próba wypadnie pozytywnie, czyli oś będzie wykonywała powolne rozkazy ruchu wydawane z poziomu „Jog” i po przejechaniu większego dystansu nie będzie się pojawiał błąd „PID Fault” można przejść do następnego etapu.

- Przełącz Mach4 w stan „Enable” i naciśnij przycisk „Auto”, w celu automatycznego skonfigurowania wartości parametru „Zero Offset”.

Automatyczna konfiguracja polega na zapisaniu do parametru „Zero Offset” wartości napięcia generowanego przez przetwornik DAC kontrolera CSMIO/IP-A, gdy regulator PID pozycji jest wyłączony i utrzymuje zerowe obroty wału serwomotoru. Konieczność stosowania offsetu sygnału analogowego +/-10V, wynika z tego, że serwonapędy, powinny być załączane, gdy na ich wejściu analogowym +/-10V panuje napięcie odpowiadające zerowej prędkości obrotowej wału serwomotoru. Wyklucza to nieprzyjemne stuki i szarpnięcia osi w momencie załączania serwonapędu poprzez sygnał „Enable #”.

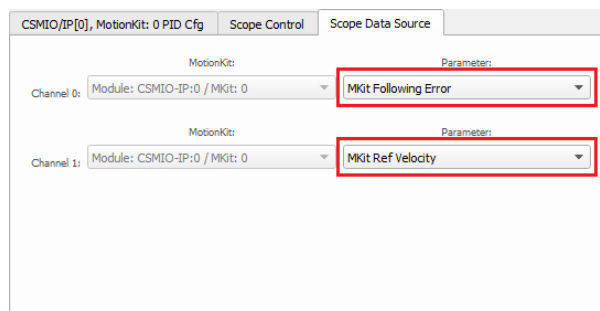


! Jeśli parametr „Zero Offset” osiągnie wartość większą niż 0,5V lub mniejszą niż -0,5V należy sprawdzić w pierwszej kolejności, czy prawidłowo podłączono masę analogową pomiędzy kontrolerem CSMIO/IP-A i serwonapędem. Należy także sprawdzić konfigurację odpowiednika parametru „Zero Offset” w ustawieniach serwonapędu.



- 6) Skonfiguruj zakładkę „Scope Data Source” tak, jak pokazano na zdjęciu poniżej.

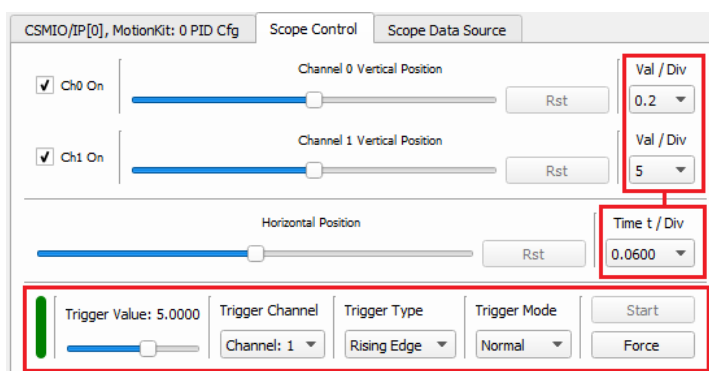
Kanał numer 0 ustaw tak, aby przedstawiała wartość „Mkit Following Error”, czyli chwilowy błąd pozycji osi (czerwona wykres).



Kanał numer 1 ustaw tak, aby przedstawiała wartość „Mkit Ref Velocity”, czyli prędkość zadaną, jaką oś powinna uzyskać podczas wykonywania zadanego ruchu (zielona wykres).

- 7) Skonfiguruj zakładkę „Scope Control” tak, jak pokazano na zdjęciu poniżej.

Tak skonfigurowana zakładka „Scope Control” spowoduje, że „Trigger”, będzie zatrzymywał przebieg obu kanałów oscyloskopu, dokładnie w momencie, gdy wartość „Mkit Ref Velocity” osiągnie wartość 5mm/s czyli 300mm/min.



Parametry „Val/Div” (czułość kanału) i „Time t/Div” (podstawa czasu) zostały tak dobrane, aby przebiegi z obu kanałów były możliwie uwydatnione.



Możliwe, że pojawi się konieczność użycia innych wartości parametrów „Val /Div” i „Time t / Div” dlatego, że są one zależne od wartości prędkości, przyspieszenia i dystansu, z jakimi będzie się poruszała oś podczas ręcznego strojenia, a także od jakości nastrojenia i czułości serwonapędów.

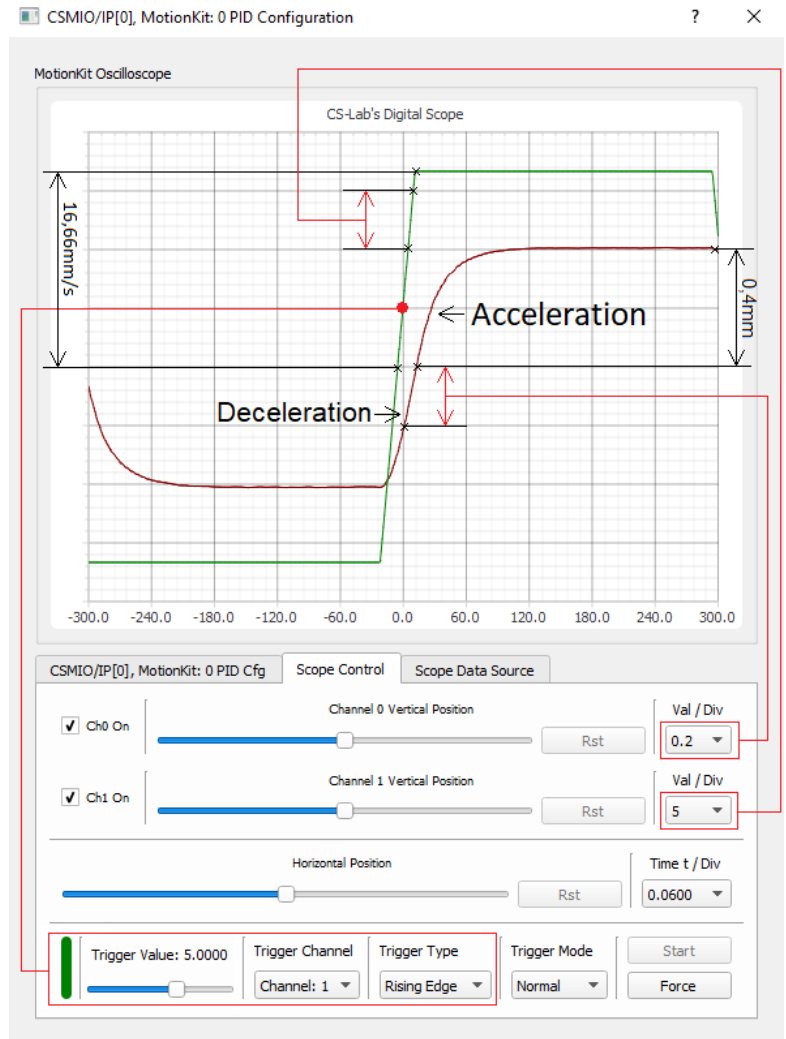
- 8) Przygotuj prosty gcod poruszający osią kilkadziesiąt razy do przodu i do tyłu o dystans 5mm z prędkością 1000mm/min (16,66mm/s). Przełącz Mach4 w stan „Enable” i uruchom gcod. Jeśli do tej pory wykonałeś wszystko prawidłowo, oś powinna poruszać się do przodu i do tyłu, dając nam możliwość strojenia jej w czasie rzeczywistym. Na ekranie oscyloskopu powinieneś zobaczyć widok podobny do tego, który zamieszczono poniżej.

```
G1 X0 F1000
X5
X0
X5
X0
```



Przebiegiem, który nas najbardziej interesuje jest przebieg koloru czerwonego, prezentuje on wartość „Mkit Following Error” (chwilowy błąd pozycji osi) i jest wyrażana w mm (lub calach). W prezentowanym przypadku po uruchomieniu proponowanego wyżej gcodu, wartość ta wyniosła w przybliżeniu 0,4mm. Wartość „Mkit Following Error” szacujemy na podstawie wartości parametru „Val/Div” i ilości kratek siatki oscyloskopu zajmowanych przez górną lub dolną połowę przebiegu. W tym przypadku górna połowa przebiegu zajęła nieco ponad 2 kratki, a wartość parametru „Val/Div” wynosi 0.2mm, jak łatwo obliczyć  $2 \times 0.2\text{mm} = 0.4\text{mm}$ .

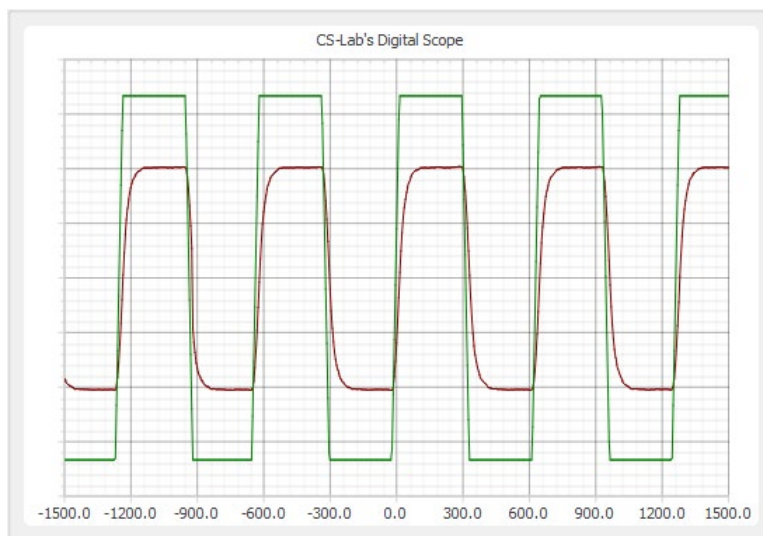
Na ekranie oscyloskopu widnieje także przebieg koloru zielonego, prezentuje on wartość „Mkit Ref Velocity” (czyli prędkość zadaną, jaką oś powinna uzyskać podczas wykonywania zadanego ruchu) i jest wyrażana w mm/s (lub calach/s). W tym przypadku prędkość ruchu zadanego poprzez gcod wynosi 1000mm/min, czyli w przybliżeniu 16,66mm/s. Taką wartość można odczytać z wykresu w identyczny sposób jak zrobiłem to wyżej.





**i** Informacja dodatkowa:

Gdy zwiększymy wartość parametru „Time t/Div” (dla celów demonstracyjnych) zauważysz, że wartości „Mkit Ref Velocity” tworzy powtarzalny przebieg o kształcie trapezowym. Przebieg ten jest idealnym punktem odniesienia dla działania funkcji „Trigger”.



Jeśli nie wiesz, dlaczego przebieg wartości „Mkit Ref Velocity” przyjął kształt trapezowy to przypominam, że Mach4 korzysta z trapezowego profilu prędkości ruchu.





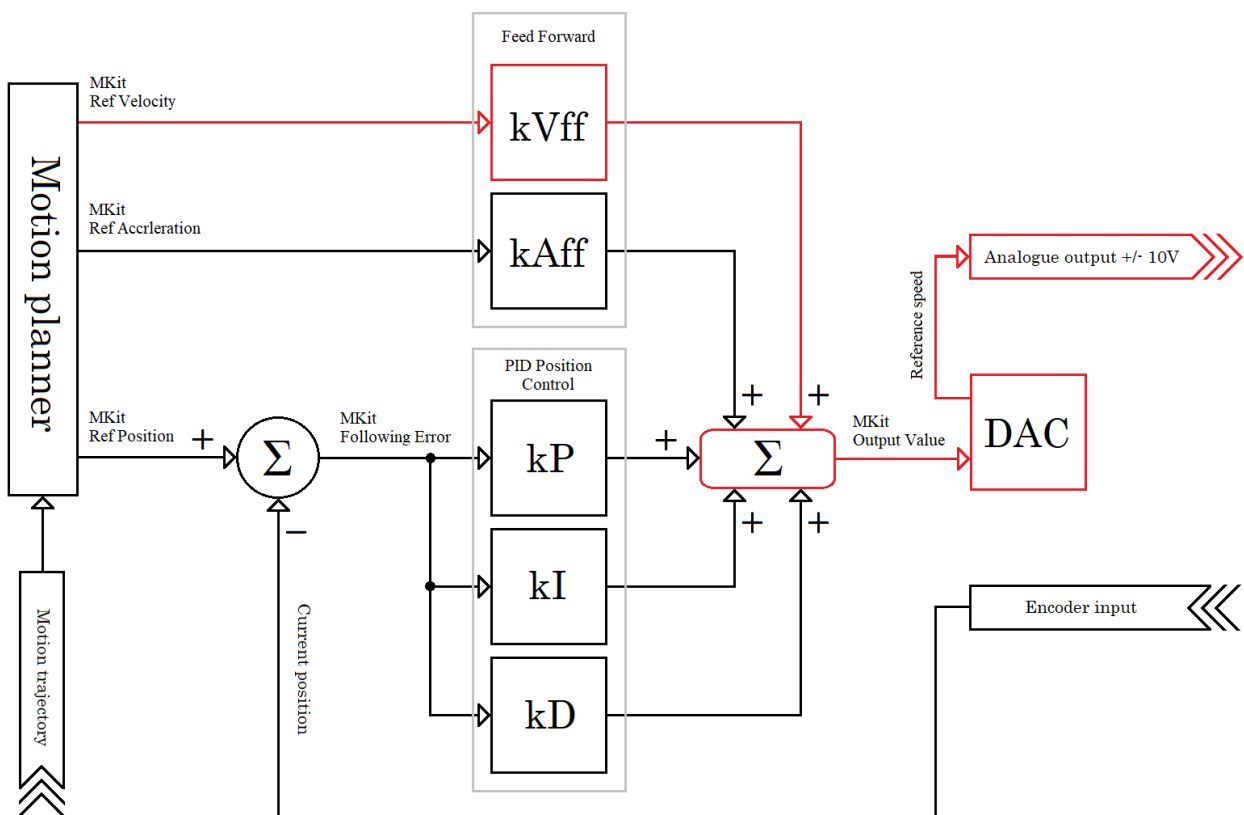
## 4. Strojenie osi

1) Zwiększaj wartość parametru „kVff”, dopóki wartość „Mkit Following Error” będzie malała.

- Zbyt wysoka wartość parametru „kVff” powoduje wyprzedzanie pozycji zadanej przez oś, co skutkuje ponownym wzrostem wartości „Mkit Following Error”. Ważną informacją jest to, że zbyt wysoka wartość parametru „kVff” nie wywołuje oscylacji osi, dlatego oznak świadczących o zbyt wysokiej wartości tego parametru należy doszukiwać się wyłącznie w przebiegu wartości „Mkit Following Error”.
- Zbyt niska wartość parametru „kVff” powoduje marnotrawienie potencjału serwonapędu, co przekłada się na niepotrzebnie wysoką wartość „Mkit Following Error”.

Parametr „kVff” to wartość wzmocnienia „feed forward” prędkości. W uproszczeniu im większa wartość parametru „kVff” tym większa wartość napięcia, proporcjonalnego do wartości „Mkit Ref Velocity” (prędkość zadana, jaką oś powinna uzyskać podczas wykonywania zadanego ruchu) trafi bezpośrednio na wyjście analogowe +/-10V kontrolera CSMIO/IP-A.

„Feed forward” prędkości bardzo mocno wspomaga swoim działaniem człon proporcjonalny regulatora PID pozycji, przez co wartość parametru „kP” może być o wiele niższa. Powoduje to znaczne skrócenie czasu reakcji osi i, co za tym idzie znaczny spadek wartości „Mkit Following Error”. Należy tylko pamiętać, aby wartość parametru „kVff” konfigurować, gdy parametr „kP” posiada tylko wstępną wartość.



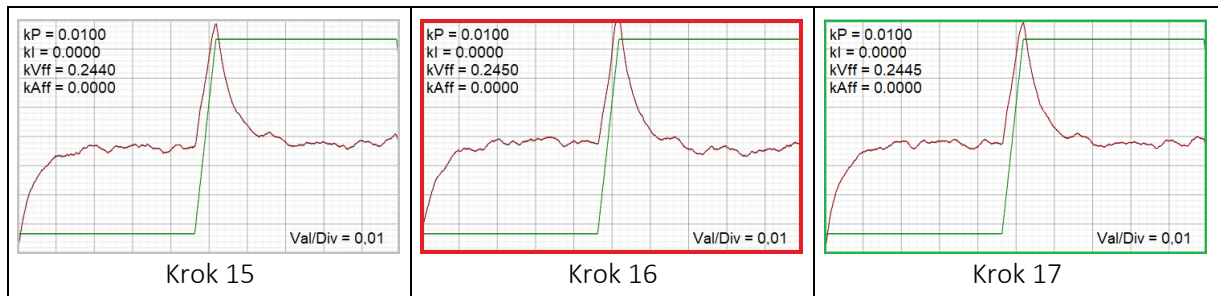


Poniżej, jak i w dalszych częściach instrukcji, zostanie przedstawiony szereg slajdów z procesu odnajdywania odpowiedniej wartości (strojenia), omawianego aktualnie parametru. Na slajdach będzie można odnaleźć wartości wszystkich kluczowych parametrów, należy je dokładnie obserwować, aby wyciągnąć własne wnioski, które pomogą zrozumieć, jaki wpływ na pracę serwonapędu ma dany parametr.

**!** Przebiegi widoczne na slajdach, mogą się różnić od tych, uzyskanych przez użytkownika w przypadku własnej maszyny CNC. Powodem jest wiele czynników, ale najważniejsze to: jakość nastrojenia regulatorów PID serwonapędu, moc i czułość serwonapędu, ciężar osi, stosunek przekładni, wartość prędkości, przyspieszenia.

Poniżej slajdy z procesu odnajdywania odpowiedniej wartości parametru „kVff”.





Omówienie strojenia parametru „kVff”:

- Krok 1 – 4  
Zwiększamy wartość parametru „kVff” o 0.05, wartość „Mkit Following Error” maleje.
- Krok 5  
Kolejne zwiększanie wartości parametru „kVff” o 0.05 powoduje, że wartość „Mkit Following Error” zmieniła znak na przeciwny. Oznacza to, że oś wyprzedziła zadaną pozycję (efekt falstartu).
- Krok 6  
Zmniejszamy wartość „kVff” o 0,05 i dodatkowo zmniejszamy wartość Val/Div do 0,05 w celu powiększenia (uwydatnienia) przebiegu.
- Krok 7 – 10  
Zwiększamy wartość parametru „kVff” o 0.01, wartość „Mkit Following Error” maleje.
- Krok 11  
Zmniejszamy wartość Val/Div do wartości 0,01 w celu powiększenia przebiegu.
- Krok 12 - 15  
Zwiększamy wartość parametru „kVff” o 0.001, wartość „Mkit Following Error” maleje.
- Krok 16  
Kolejne zwiększanie wartości parametru „kVff” o 0.001 powoduje, że wartość „Mkit Following Error” zmieniła znak na przeciwny. Oznacza to, że oś osiągała zadaną pozycję, lecz dodatkowo ją wyprzedzała (efekt falstartu).
- Krok 17  
Zmniejszamy wartości „kVff” o 0.0005, co powoduje wyrównanie lewej z prawą częścią przebiegu. Obecną wartość parametru „kVff” uznajemy za docelową i przechodzimy do następnego etapu.

Zauważ, że wartość „Mkit Following Error” w omawianym przypadku, obecnie wynosi już tylko 0,04mm (Val / Div = 0,01mm x 4 kratki siatki oscyloskopu). To potwierdza to, że „Feed forward” prędkości mocno wspomaga pracę członu proporcjonalnego regulatora PID.



Jeśli zwiększanie wartości parametru „kVff” nie będzie powodowało wyraźnego spadku wartości „Mkit Following Error” należałoby raz jeszcze sprawdzić:

- poprawność nastrojenia regulatora PID prędkości i prądu serwonapędu.
- ustawienie filtrów prędkości zadanej i rzeczywistej serwonapędu.

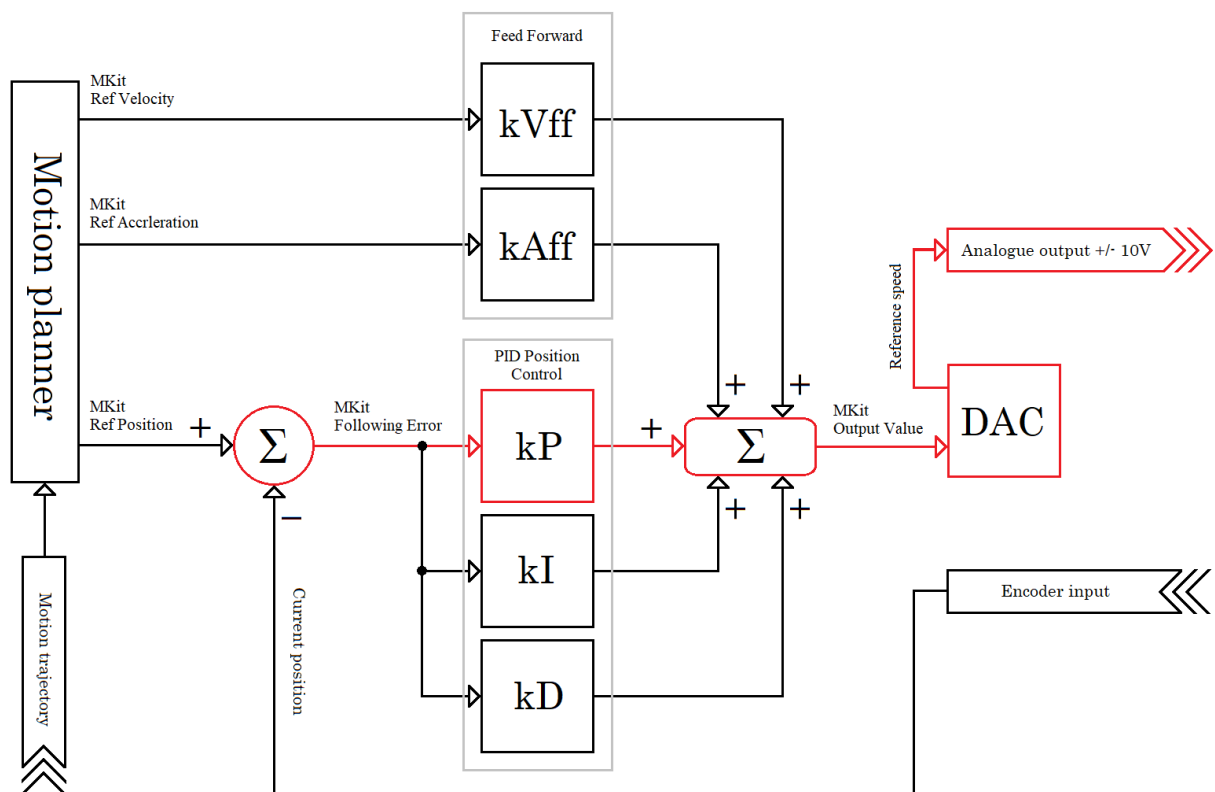
Zbyt silne filtry prędkości i zbyt miękko nastrojone regulatory PID prędkości i prądu powodują opóźnienie reakcji serwonapędu, co przekłada się na bardzo wyraźny wzrost wartości „Mkit Following Error”.

Starszej generacji serwonapędy, mogą reagować nieco gorzej na zwiększanie wartości parametru „kVff” ze względu na ich fabrycznie niską czułość lub w zawansowanym stopniu zużyte magnesy.

2) Zwiększaj wartość parametru „kP”, dopóki wartość „Mkit Following Error”, będzie chętnie malała i nie będą zauważalne głuchoe stuki lub oscylacje osi. Innym słowy należy zaprzestać zwiększanie wartości parametru „kP”, gdy różnica następujących po sobie kilku wartości „Mkit Following Error” da zbliżony wynik. Warunkiem jest tu powiększanie wartości parametru „kP” w równych krokach.

- Zbyt wysoka wartość parametru „kP”, powoduje zbyt mocną reakcję członu proporcjonalnego regulatora PID na wartość „Mkit Following Error”, co wywołuje wspomniane wcześniej głuchoe stuki lub oscylacje osi.
- Zbyt niska wartość parametru „kP”, powoduje zbyt słabą reakcję członu proporcjonalnego regulatora PID na wartość „Mkit Following Error”, co przekłada się na niepotrzebnie wysoką wartość „Mkit Following Error”.

Parametr „kP” to wartość wzmocnienia członu proporcjonalnego regulatora PID pozycji. W uproszczeniu im większa wartość parametru „kP” i im większa wartość „Mkit Following Error”, tym większa wartość napięcia trafi na wyjście analogowego +/-10V kontrolera CSMIO/IP-A.





Poniżej slajdy z procesu odnajdywania odpowiedniej wartości parametru „kP”.



Omówienie strojenia parametru „kP”:

- Krok 18 - 21  
Zwiększamy wartości parametru „kP” o 0.02, wartość „Mkit Following Error” chętnie maleje.
- Krok 22 - 24  
Kolejne zwiększenie wartości parametru „kP” o 0.02, powoduje, że wartość „Mkit Following Error” maleje opornie.
- Krok 26 - 27  
Kolejne zwiększenie wartości parametru „kP” o 0.02, powoduje, że wartość „Mkit Following Error” nie maleje, a rezonans osi się nasila.  
Zmniejszamy wartość parametru „kP” do równej z kroku 21 i, uznając ją za docelową, przechodzimy do następnego etapu.

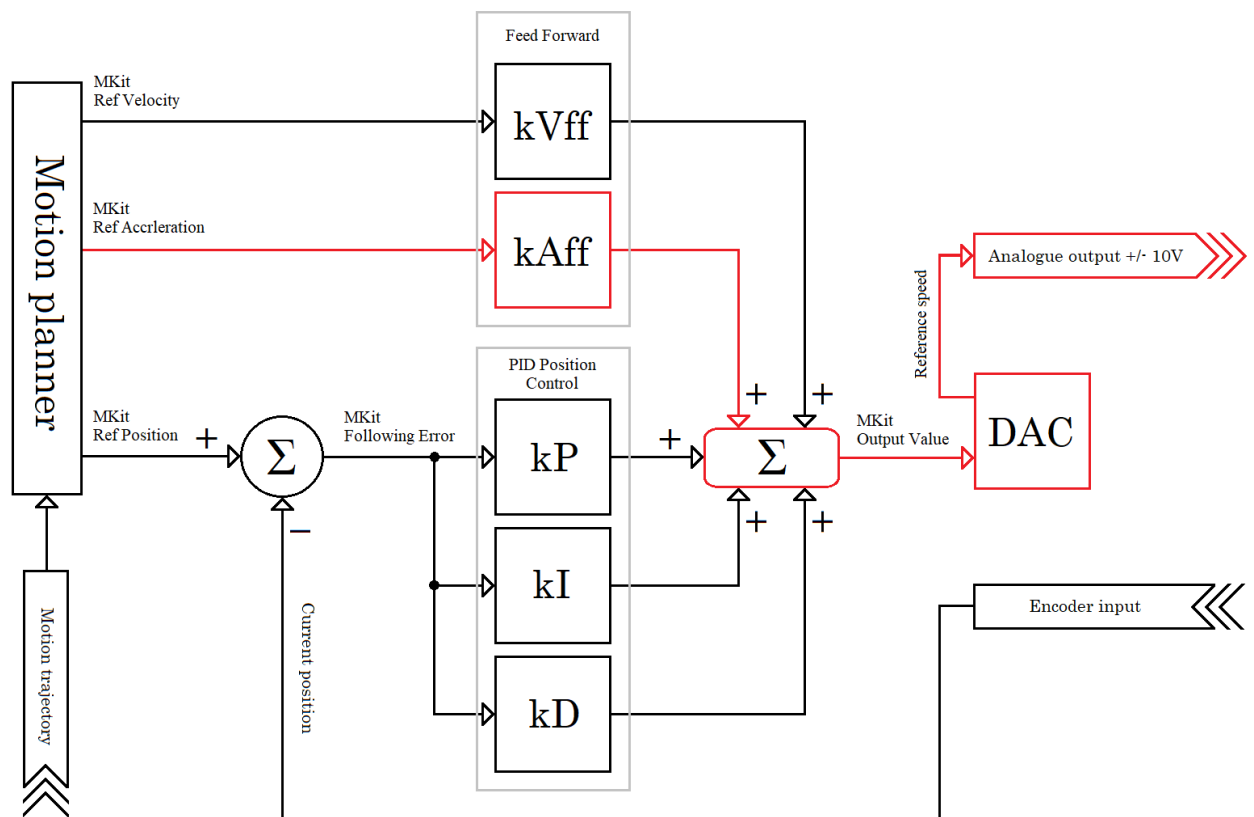


3) Zwiększaj wartość parametru „kAff”, dopóki wartość „Mkit Following Error” będzie malała.

- Zbyt wysoka wartość parametru „kAff” powoduje wyprzedzania pozycji zadanej przez oś, co skutkuje ponownym wzrostem wartości „Mkit Following Error”. Zbyt wysoka wartość parametru „kAff” nie wywołuje oscylacji osi, dlatego oznak świadczących o zbyt wysokiej wartości tego parametru należy doszukiwać się wyłącznie na przebiegu wartości „Mkit Following Error”.
- Zbyt niska wartość parametru „kAff” powoduje marnotrawienie potencjału serwonapęd, co przekłada się na niepotrzebnie wysoką wartość „Mkit Following Error”.

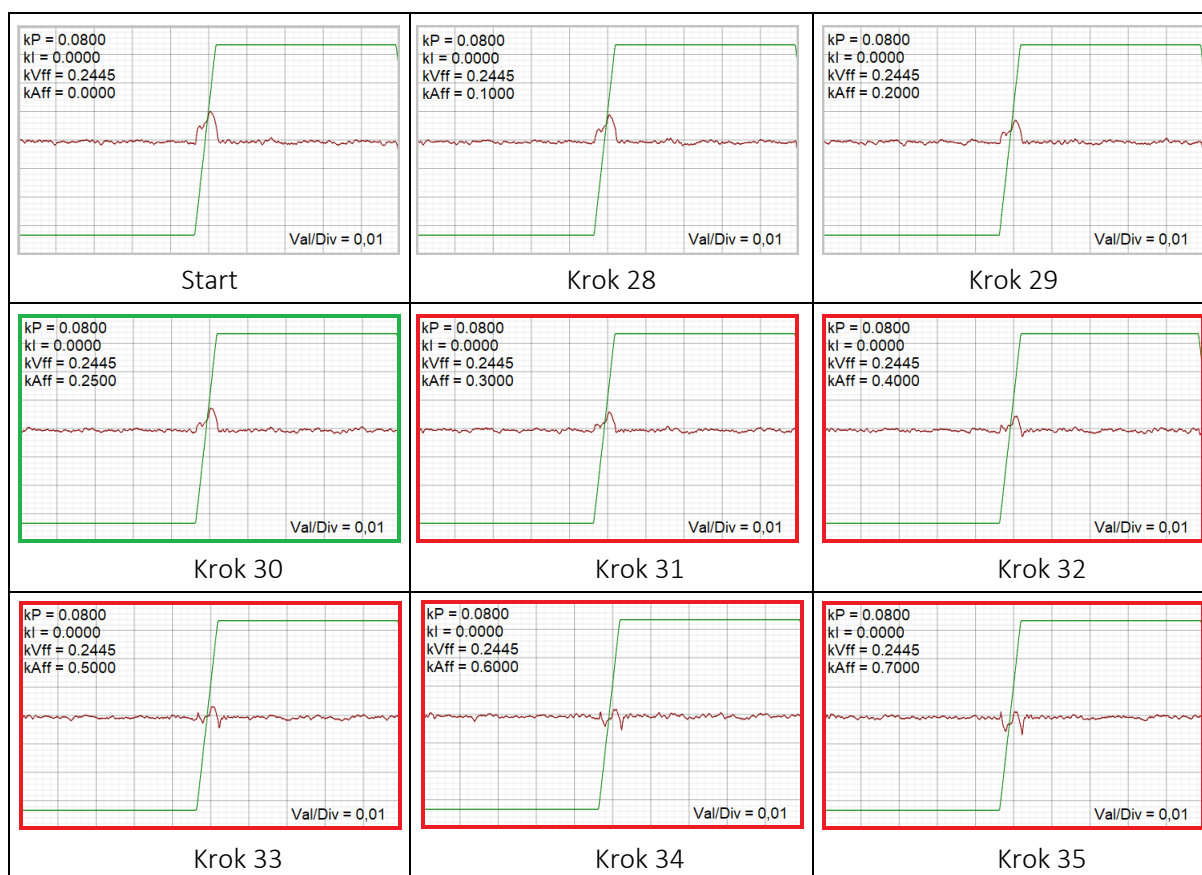
Parametr „kAff” to wartość wzmocnienia, „feed forward” przyspieszenia. W uproszczeniu, im większa wartość parametru „kAff”, tym większa wartość napięcia proporcjonalnego do wartości „Mkit Ref Acceleration” (przyspieszenie zadane, jakie oś powinna uzyskać podczas wykonywania zadanego ruchu), trafi bezpośrednio na wyjście analogowe +/-10V kontrolera CSMIO/IP-A.

„Feed forward” przyspieszenia mocno wspomaga działanie członu całkującego regulatora PID pozycji, przez co, wartość parametru „kI” może być o wiele niższa. Powoduje to znaczne skrócenie czasu reakcji osi i, co za tym idzie znaczny spadek wartości „Mkit Following Error”. Należy tylko pamiętać, aby wartość parametru „kAff” konfigurować przed parametrem „kI”.





Poniżej slajdy z procesu odnajdywania odpowiedniej wartości parametru „kAff”.



Omówienie strojenia parametru „kAff”:

- Krok 28 - 30  
Zwiększamy wartości parametru „kAff” o 0.1, wartość „Mkit Following Error” maleje.
- Krok 31 - 32  
Zwiększamy wartości parametru „kAff” o 0.1, wartość „Mkit Following Error” nie maleje.
- Krok 33 - 35  
Zwiększamy wartości parametru „kAff” o 0.1, wartość „Mkit Following Error” zmienia znak.  
Zmniejszamy wartość parametru „kAff” do równej z kroku 30 i uznając ją za docelową przechodzimy do następnego etapu.

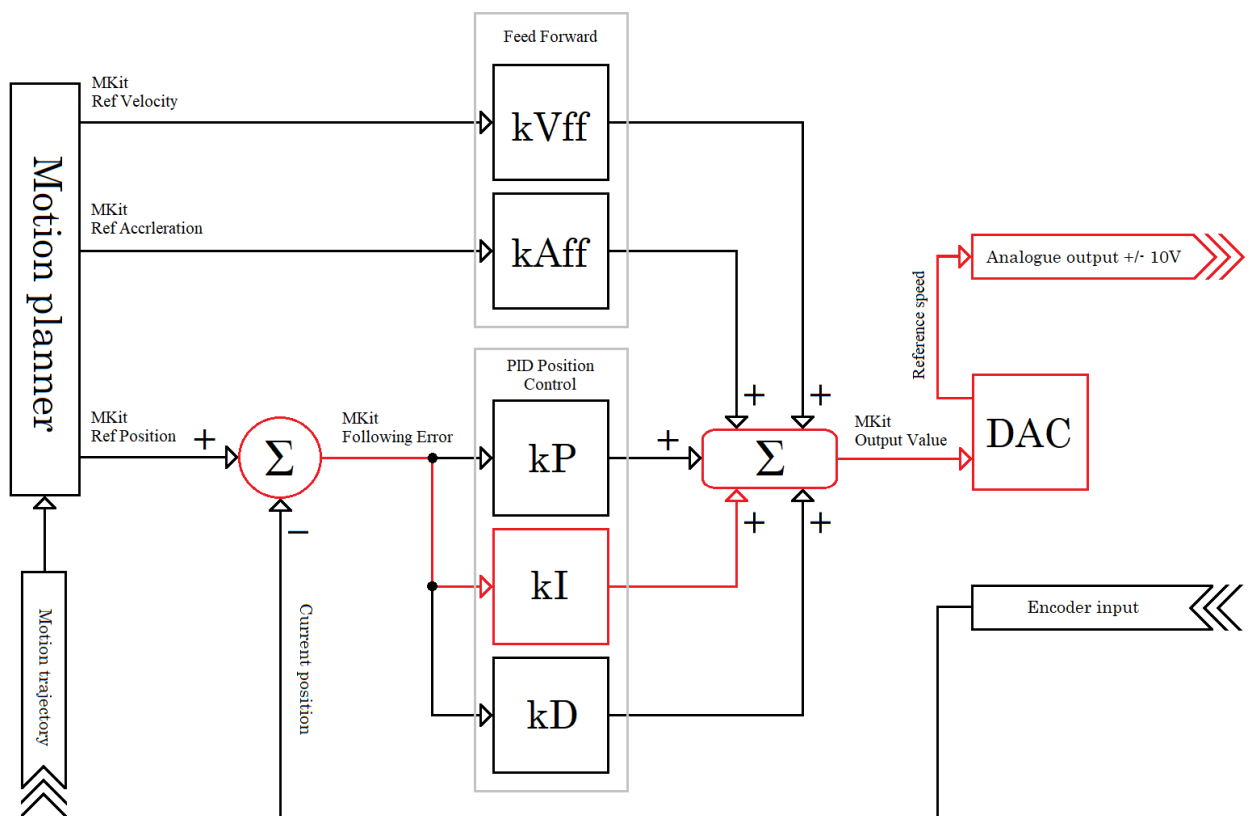


- 4) Następnym etapem jest odnalezienie właściwej wartości parametru „kI”. Stosuje się go w sytuacjach, gdy regulator PID prędkości serwonapędu nie posiada członu całkującego lub nie spełnia on dostatecznie swojego zadania z powodu przestarzałej konstrukcji serwonapędu.

Zwiększaj wartość parametru „kI”, dopóki wartość „Mkit Following Error”, będzie malała i nie będą zauważalne oscylacje osi.

- Zbyt wysoka wartość parametru „kI” powoduje, że człon całkujący regulatora PID pozycji stara się reagować na wartość „Mkit Following Error” o wiele szybciej i mocniej niż pozwalają na to możliwości serwonapędu, co wywołuje wspomniane wcześniej oscylacje osi.
- Zbyt niska wartość parametru „kI” powoduje, że człon całkujący regulatora PID pozycji reaguje na wartość „Mkit Following Error” zbyt słabo i wolno co przekłada się na niepotrzebnie wysoką wartość „Mkit Following Error”.

Parametr „kI” to wartość wzmocnienia członu całkującego regulatora PID pozycji. W uproszczeniu im większa wartość parametru „kI” i im większa wartość „Mkit Following Error” i im dłużej wartość ta występuje, tym większa wartość napięcia trafi na wyjście analogowe +/-10V kontrolera CSMIO/IP-A.







Poniżej slajdy z procesu odnajdywania odpowiedniej wartości (strojenia) parametru „ki”. W przypadku tego parametru wyciąganie wniosków z parametrów umieszczonych na slajdach może się okazać mało pouczające, bo w celu stworzenia tego poradnika użyto serwonapędu DELTA ASD B2, który bardzo precyzyjnie realizuje człon całkujący regulatora PID prędkości. A jak napisano wcześniej, parametr „ki” regulatora PID pozycji używa się „w sytuacjach, gdy regulator PID prędkości serwonapędu nie posiada członu całkującego lub nie spełnia on dostatecznie swojego zadania z powodu przestarzałej konstrukcji serwonapędu”.





Omówienie strojenia parametru „kl”:

- Krok 36 - 38  
Zwiększamy wartości parametru „kl” o 0.02, wartość „Mkit Following Error” maleje.
- Krok 39 - 45  
Zwiększamy wartości parametru „kl” o 0.02, wartość „Mkit Following Error” nie maleje.
- Krok 46 - 47  
Zwiększamy wartości parametru „kl” o 0.02, wartość „Mkit Following Error” nie maleje, pojawia się rezonans osi.

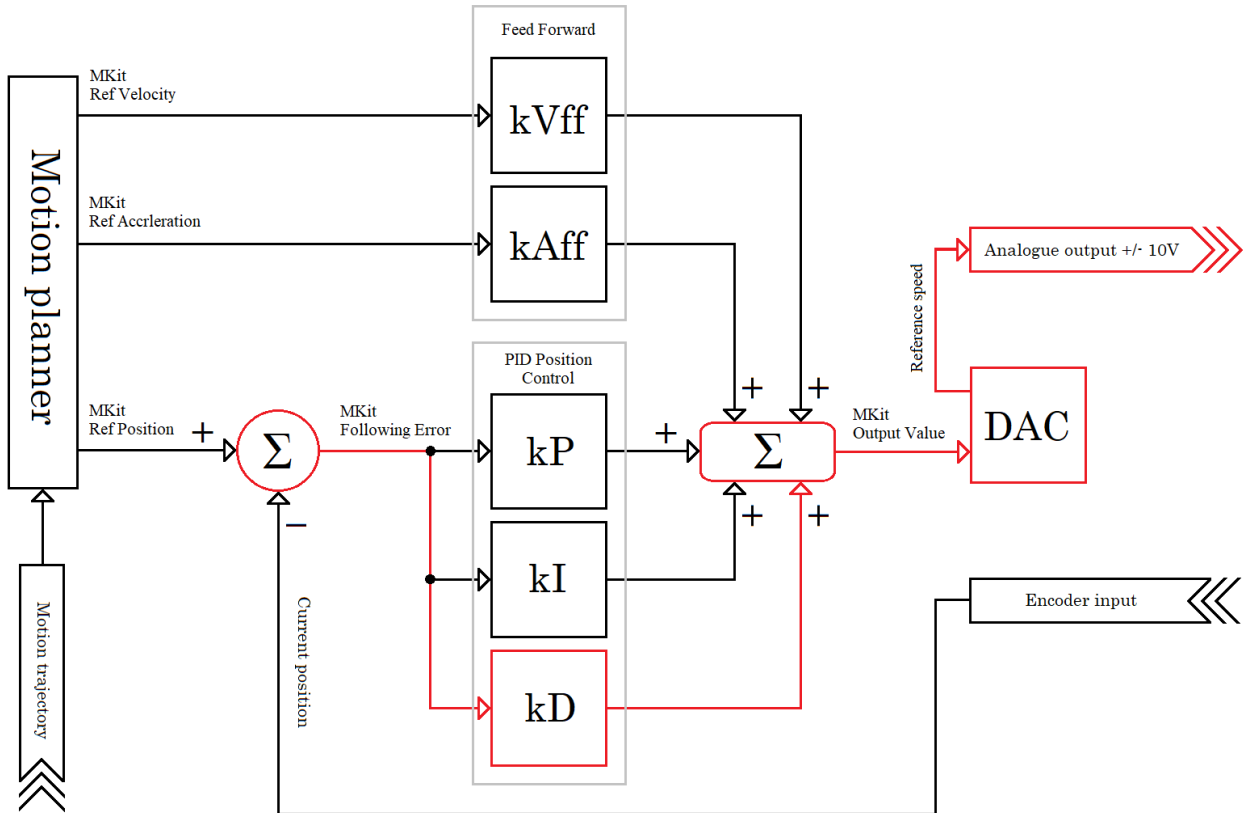
- 5) Ostatnim parametrem, który jest niezwykle rzadko używany, jest parametr „kD”. Parametr ten jest stosowany tylko w przypadku mało czułych i ospale reagujących serwonapędów, gdzie ponowne strojenie regulatora PID prądu i prędkości serwonapędu nie poprawiło sytuacji. Należy pamiętać, że użycie parametru „kD” może nie rozwiązać problemu, jakim jest zbyt mała czułość i ospała reakcja serwonapędu, wynikająca z jego zużycia lub fabrycznych właściwości.

Parametr „kD” to wartość wzmocnienia członu różniczkującego regulatora PID pozycji. W uproszczeniu im większa wartość parametru „kD” i im szybsza zmiana wartości „Mkit Following Error”, tym tłumienie działania członu proporcjonalnego i całkującego regulatora PID pozycji jest mocniejsze. Wpływa to stabilizująco na działanie regulatorów PID pozycji, co z kolei pozwala w pewnej mierze na zwiększenie wartości parametrów „kP” i „kl”. W efekcie tego serwonapęd będzie reagował silniej i trafniej na wolniejsze rozkazy ruchu a nieco słabiej i mniej trafnie na szybkie rozkazy ruchu.

- Zbyt wysoka wartość parametru „kD” powoduje zmniejszenia czasu reakcji serwonapędu i tym samym wzrostu wartości „Mkit Following Error”. Ekstremalnie wysokie wartości parametru „kD” mogą powodować szarpany (skokowy) ruch osi.



Parametru „kD” należy użyć wyłącznie w przypadku, gdy zajdzie ku temu wyraźna potrzeba. W przypadku serwonapędów, które zachowuje się prawidłowo nie ma potrzeby stosowania tego parametru. Nieuzasadnione stosowanie tego parametru może się przyczynić do zmniejszenia czasu reakcji serwonapędu i tym samym wzrostu wartości „Mkit Following Error”.





## 5. Czynności końcowe

- 1) Stopniowo zwiększaj przyspieszenie do zakładanej wartości, jednocześnie sprawdzając wykres wartość „Mkit Following Error” (chwilowy błąd pozycji osi). Jeśli wartość „Mkit Following Error” zwiększy się do nieakceptowalnego poziomu, spróbuj raz jeszcze przeprowadzić strojenie regulatora PID pozycji kontrolera CSMIO/IP-A. W sytuacji gdy ponowne strojenie nie przyniesie poprawy, będzie to oznaczało, że został osiągnięty kres możliwości napędu i należy zadowolić się niższą wartością przyspieszenia niż zakładana.
- 2) Kończąc proces ręcznego strojenia regulatora PID pozycji kontrolera CSMIO/IP-A, nie można zapomnieć o skonfigurowaniu docelowej wartości parametru „Error Alarm Threshold”. Wartość ta nie może być za duża, bo w przypadku awarii któregoś z kluczowych podzespołów układu napędowego osi, może stanowić zagrożenie, a z kolei za mała wartość może wywoływać fałszywe alarmy. Z reguły wartość „Error Alarm Threshold” określa się poprzez pomnożenie 3 lub 4 krotne maksymalnej odnotowanej wartości „Mkit Following Error” podczas ruchu osi z maksymalną zakładaną prędkością. Taki sposób wyznaczanie wartości „Error Alarm Threshold” jest uniwersalny i sprawdza się w każdej sytuacji.
- 3) Po zakończonym sukcesem procesie ręcznego strojenia powinniśmy gruntownie przetestować maszynę CNC, a właściwie działanie serwonapędów, w jak najszerszym zakresie warunków, w jakich przyjdzie im pracować. Mowa tu o małych i dużych obciążeniach i niskich i wysokich temperaturach otoczenie. Wspomniano o tym, bo należy pamiętać, że prawidłowo nastrojony serwonapęd to serwonapęd, który pracuje możliwie precyzyjnie i stabilnie w każdych warunkach.
- 4) Po upływie miesiąca lub dwóch, powinno się sprawdzić, czy nie jest wymagane powtórne, tym razem tylko korekcyjne strojenie regulatora PID pozycji kontrolera CSMIO/IP-A. Zazwyczaj jest to konieczne tylko w przypadku maszyn CNC, które długi czas były nieużywane i jest spowodowane wypłukaniem przez układ centralnego smarowania, zgęstniałego lub zaschniętego smaru lub oleju. Powoduje to lżejszą pracę osi i tym samym niższych wartości parametrów opisanych w tej instrukcji.