



Aplikacje sterowników przemysłowych 1

Regulator PID na sterowniku
Siemens S7-1200



WEAil



PSk

Paweł Strączyński

pstraczynski@tu.kielce.pl

Katedra Urządzeń Elektrycznych i Automatyki

Regulator PID – Siemens S7-1200

Oprogramowanie **TIA Portal** umożliwia na użycie instrukcji PID dla sterownika S7-1200, które upraszczają konfigurację i użycie regulatora. Instrukcje te to:

- ❑ **PID_Compact** używana do sterowania procesem technicznym o ciągłych wartościach na wejściu i wyjściu.
- ❑ **PID_3Step** do sterowania urządzeniami napędzanymi silnikami, takimi jak zawory, które potrzebują sygnałów dyskretnych dla działania otwierającego i zamykającego.

Instrukcje PID należy wykonywać w stałych przedziałach czasowych - najlepiej w cyklicznym OB. Ponieważ pętla PID potrzebuje czasu na odpowiedź po zmianie sterowanej wartości, nie należy obliczać wartości wyjściowych w każdym cyklu – zatem nie należy umieszczać tej instrukcji w bloku głównym OB1!



Regulator PID – Siemens S7-1200

Regulator PID składają się z trzech członów składowych:

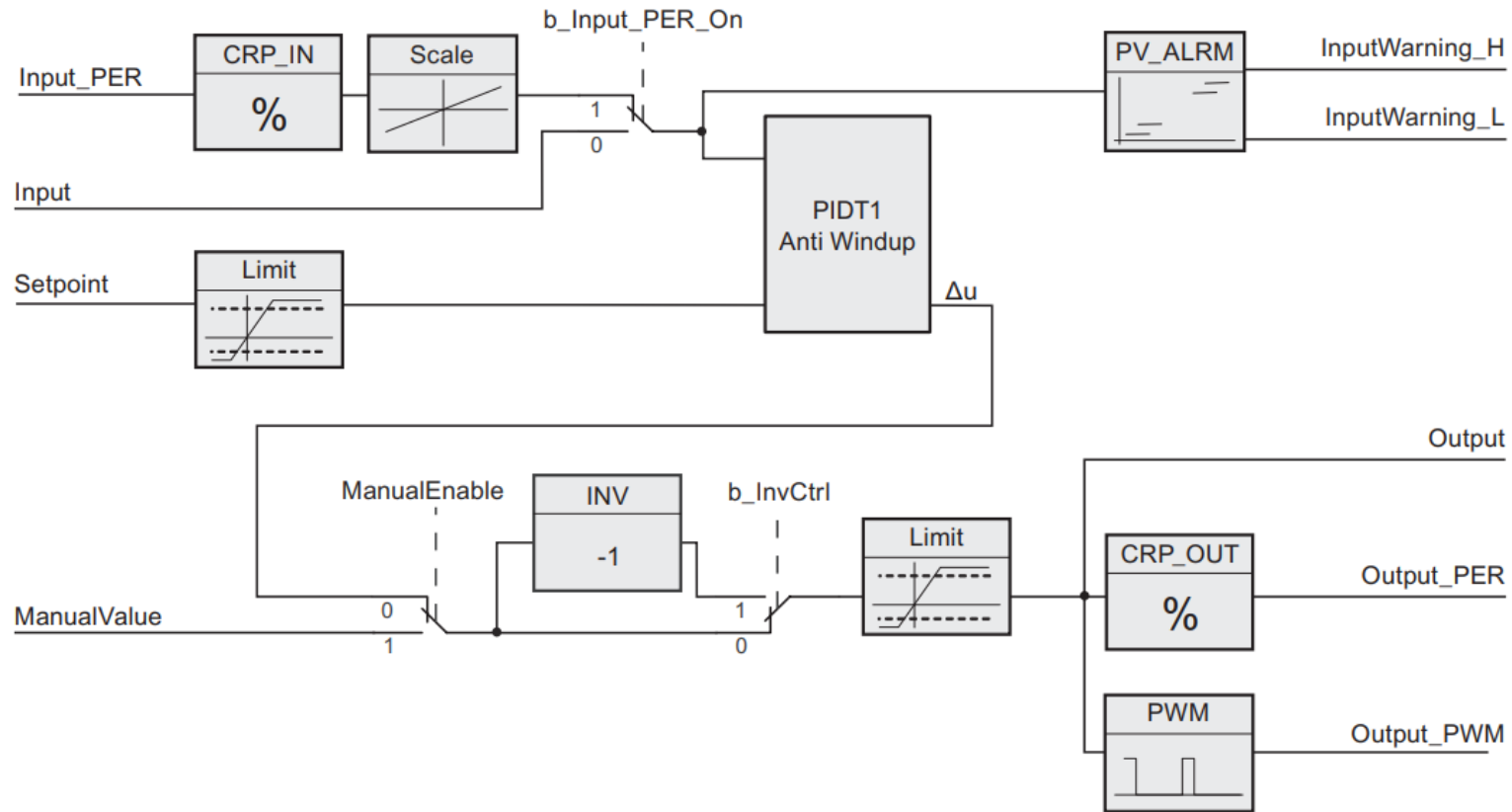
- ☐ P (proporcjonalny): wartość wyjściowa jest proporcjonalna do różnicy pomiędzy wartością zadaną, a wartością bieżącą (uchyb).
- ☐ I (całkujący): wartość wyjściowa wzrasta proporcjonalnie do czasu trwania różnicy pomiędzy wartością zadaną i wartością bieżącą, aż do zlikwidowania uchybu.
- ☐ D (różniczkujący) wartość wyjściowa wzrasta jako funkcja wzrostu szybkości zmian uchybu. Wartość wyjściowa jest zrównana do wartości zadanej najszybciej jak to tylko możliwe.

Regulator PID – PID_Compact

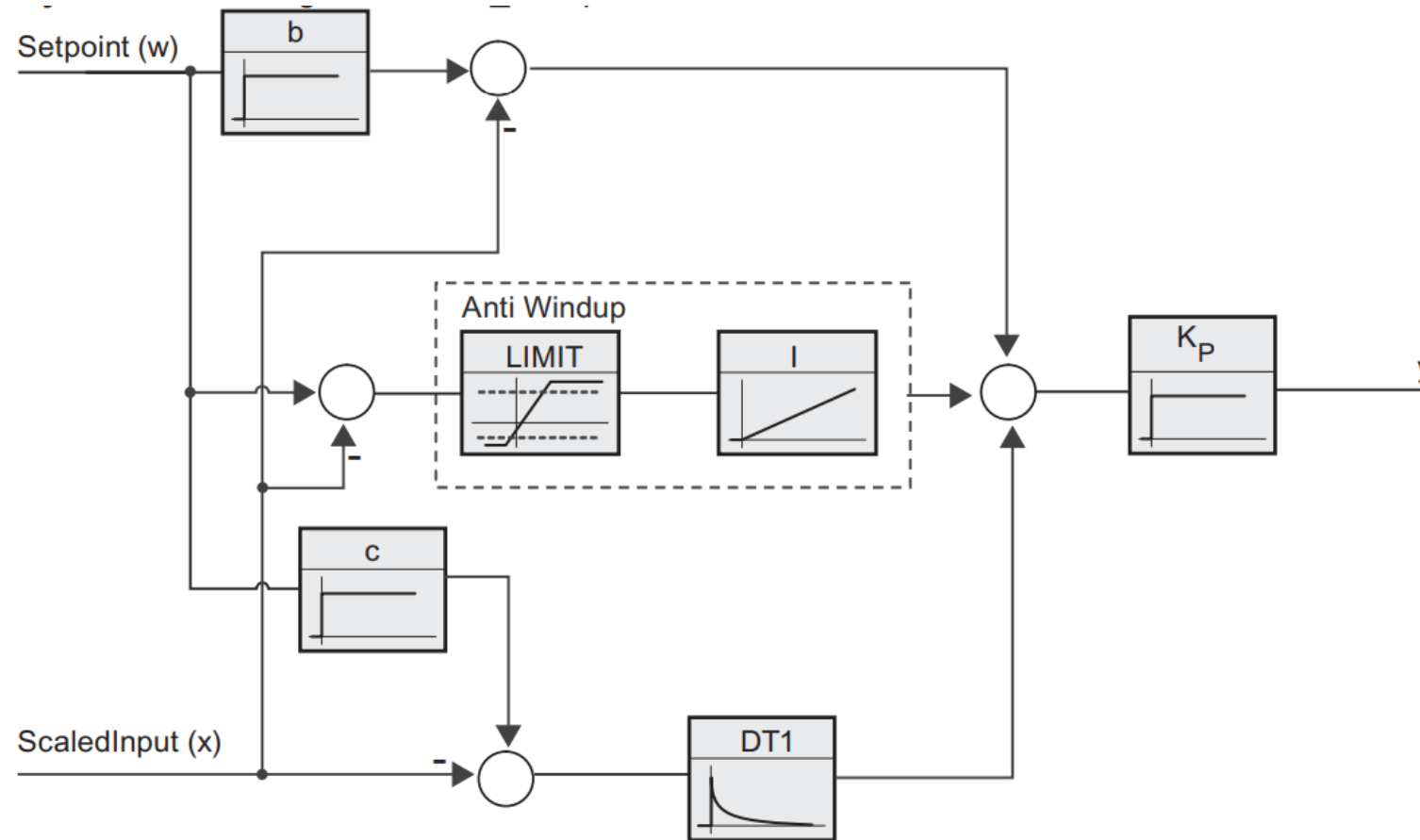
$$y = K_p \left[(b \cdot w - x) + \frac{1}{T_I \cdot s} (w - x) + \frac{T_D \cdot s}{a \cdot T_D \cdot s + 1} (c \cdot w - x) \right]$$

y	Wartość wyjściowa
x	Wartość bieżąca
w	Wartość zadana
s	Operator Laplace'a
Kp	Proporcjonalne wzmocnienie (Składnik P)
a	Współczynnik opóźnienia całkowania (Składnik D)
T1	Czas całkowania - czas zdwojenia (Składnik I)
b	Wagi działania proporcjonalnego (Składnik P)
TD	Czas różniczkowania czas wyprzedzenia (Składnik D)
c	Wagi działania różniczkującego (Składnik D)

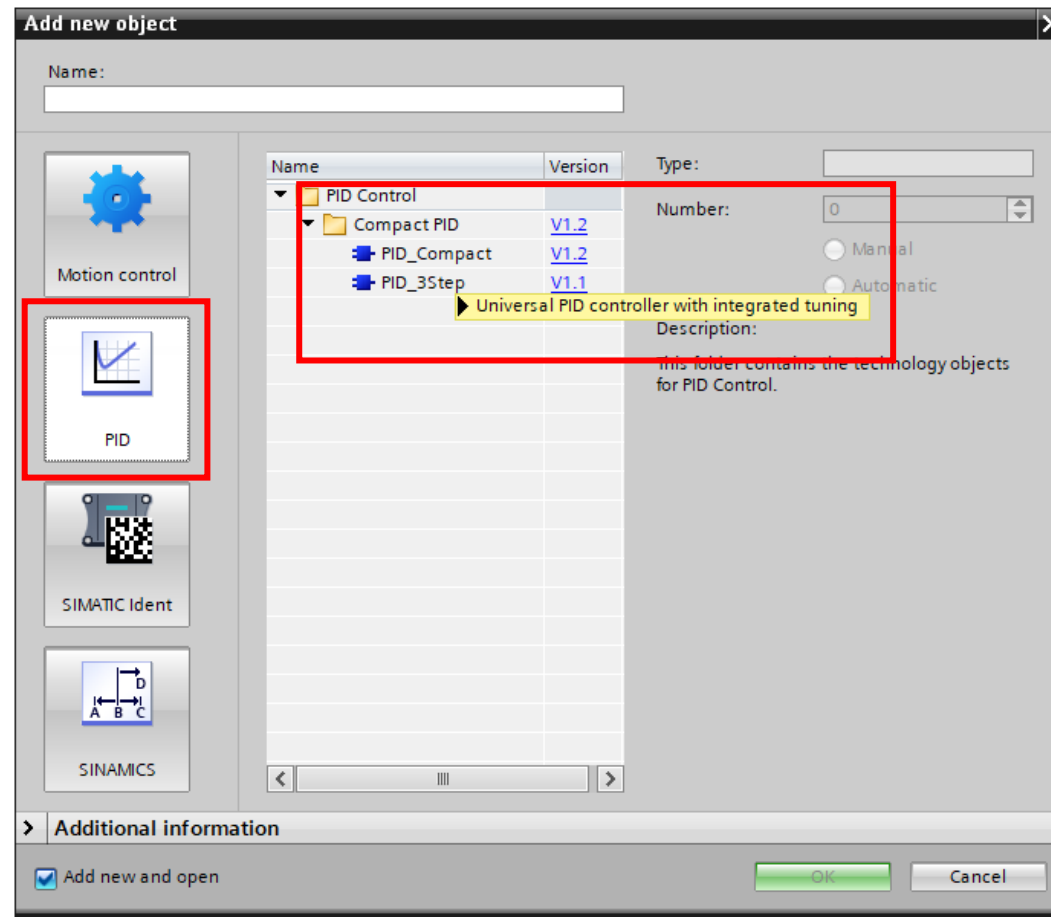
Regulator PID – PID_Compact



Regulator PID – PID_Compact



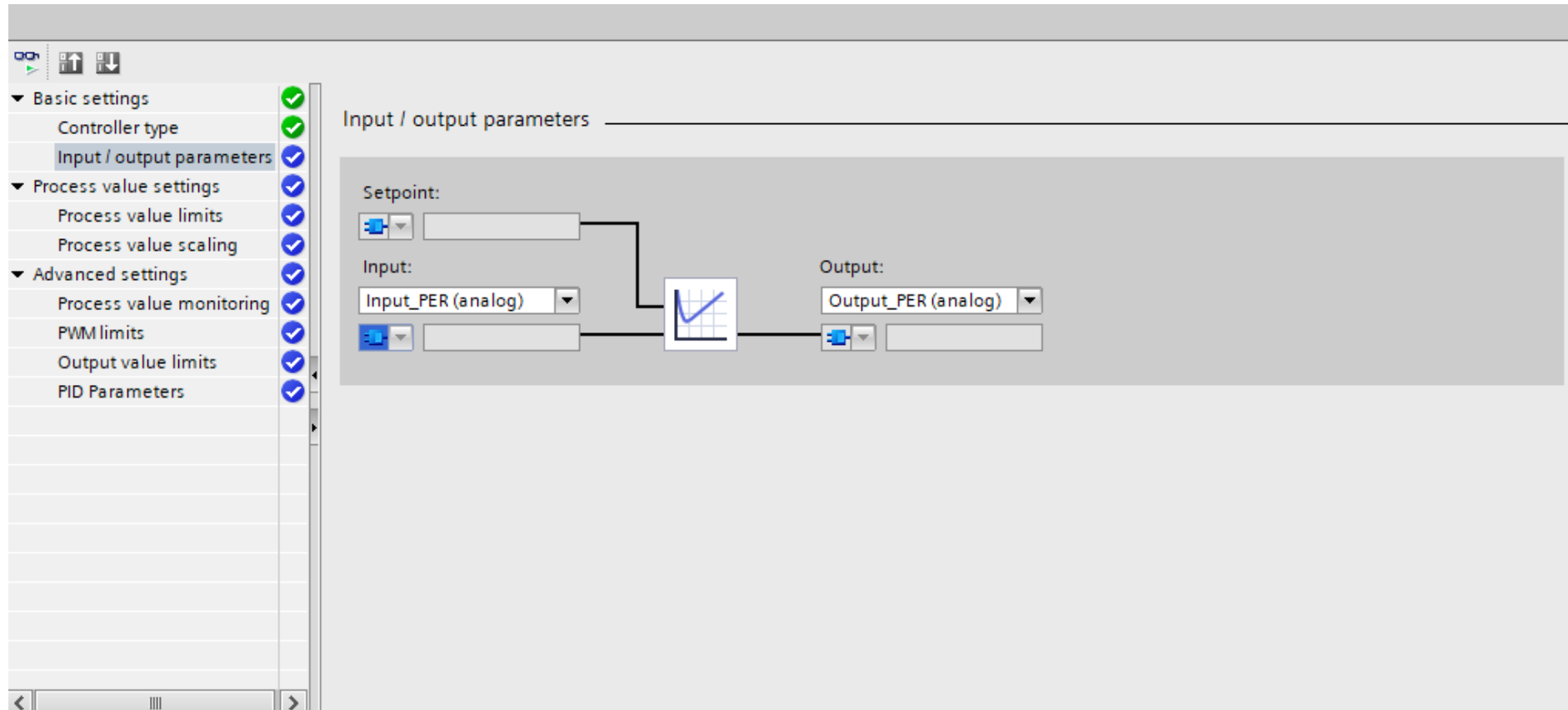
Obiekt technologiczny PID_Compact



Obiekt technologiczny PID_Compact

Ustawienia		Opis
Podstawowe	Typ regulatora	Wybiera jednostka inżynierska
	Odwrócenie logiki sterującej	Pozwala na wybranie działania odwrotnego pętli PID. • Jeśli nie jest zaznaczone, PID działa w trybie działania bezpośredniego, a wyjścia pętli PID są zwiększane jeśli wartość wejściowa jest mniejsza od zadanej. • Jeśli jest zaznaczone, wyjście pętli PID jest zwiększane jeśli wartość wejściowa jest większa od zadanej.
	Załączenie ostatniego trybu po ponownym uruchomieniu CPU	Uruchamia ponownie pętlę PID jeśli nastąpił reset CPU lub zakres wejściowy został przekroczony i wartość powróciła do ustalonych granic.
	Input (wejście)	Wybór parametru Input lub Input_PER (analogowe) dla wartości procesu. Input_PER może pochodzić bezpośrednio z modułu wejść analogowych.
	Output (wyjście)	Wybór parametru Output lub Output_PER (analogowe) dla wartości procesu. Output_PER może kierować wartości bezpośrednio do modułu wyjść analogowych.
Wartości procesu	Skaluje zarówno zakres jak i limity wartości procesu. Jeśli wartość procesu wyniesie powyżej górnego limitu lub poniżej dolnego pętla PID przejdzie do trybu nieaktywnego, a wartość wyjściowa z regulatora zostanie ustawiona na 0. Aby użyć Input_PER, użytkownik musi przeskalować analogowe wartości procesu (<i>input value</i>).	

Obiekt technologiczny PID_Compact



Obiekt technologiczny PID_Compact

The screenshot shows the configuration interface for a PID_Compact object in Siemens STEP 7 HW Config. The left sidebar contains a tree view with the following items:

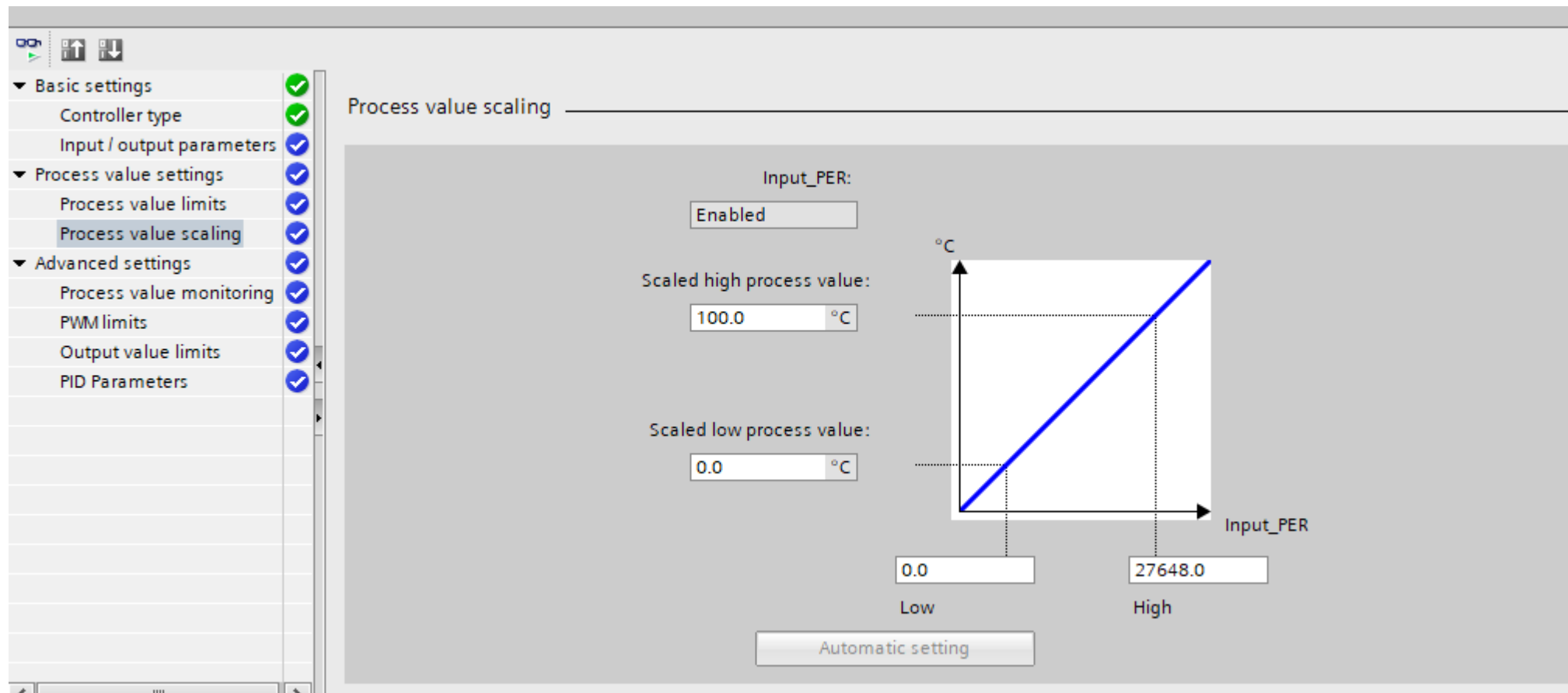
- Basic settings (checked)
- Controller type (checked)
- Input / output parameters (checked)
- Process value settings
 - Process value limits (selected)
 - Process value scaling (checked)
- Advanced settings
 - Process value monitoring (checked)
 - PWM limits (checked)
 - Output value limits (checked)
 - PID Parameters (checked)

The main configuration area is titled 'Process value limits'. It contains two input fields:

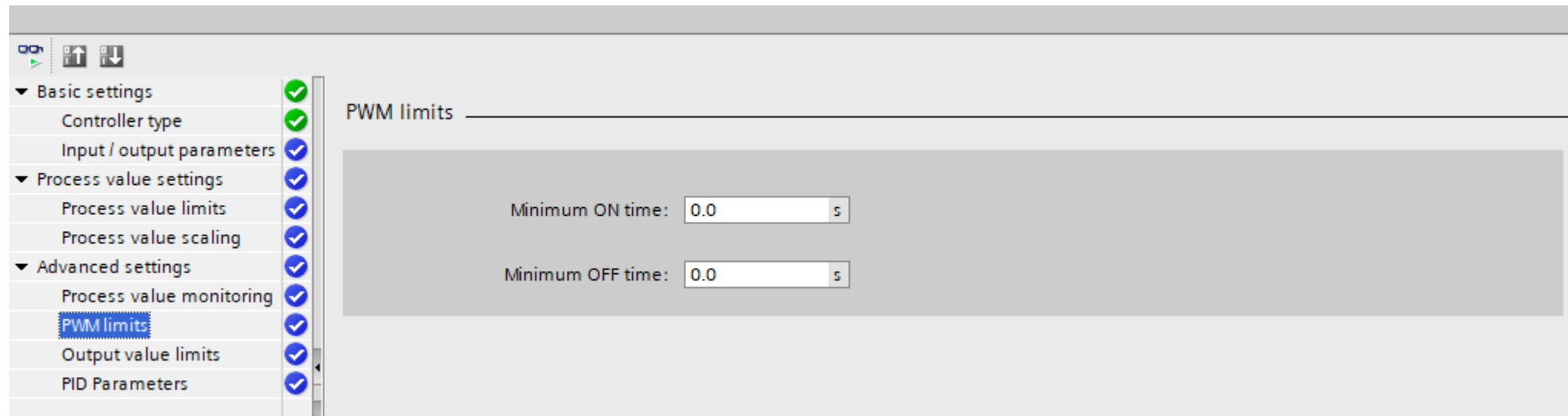
- Process value high limit: 120.0 °C
- Process value low limit: 0.0 °C

To the right of these fields is a graph with a vertical axis labeled '°C' and a horizontal axis labeled 't'. The graph shows a blue S-curve representing the process value over time, starting at the low limit and approaching the high limit. The area between the limits is shaded orange.

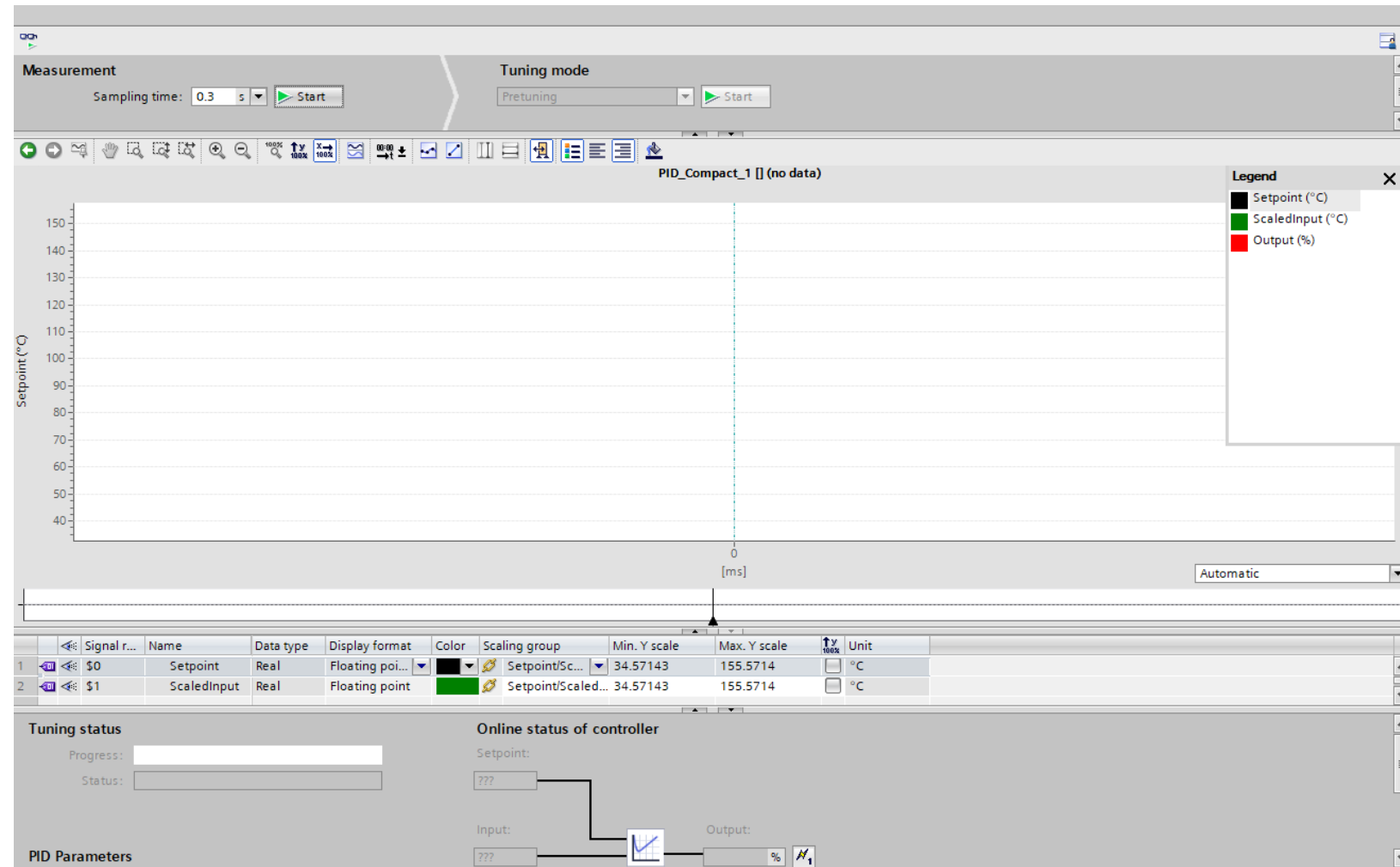
Obiekt technologiczny PID_Compact



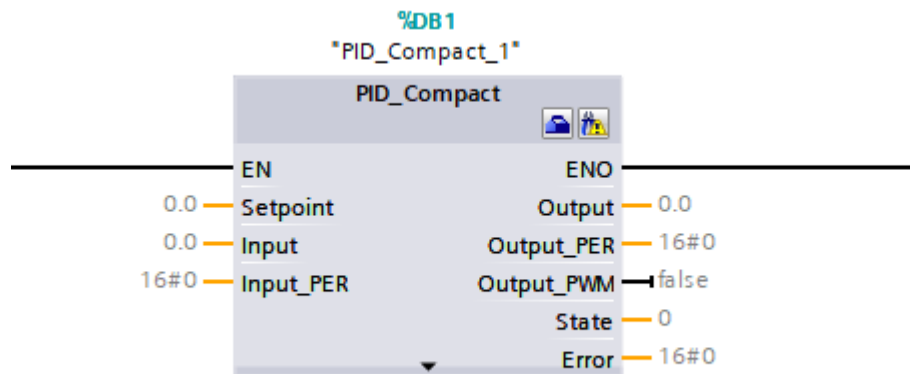
Obiekt technologiczny PID_Compact



Obiekt technologiczny PID_Compact



Obiekt technologiczny PID_Compact



Parametry ErrorBits instrukcji PID_Compact

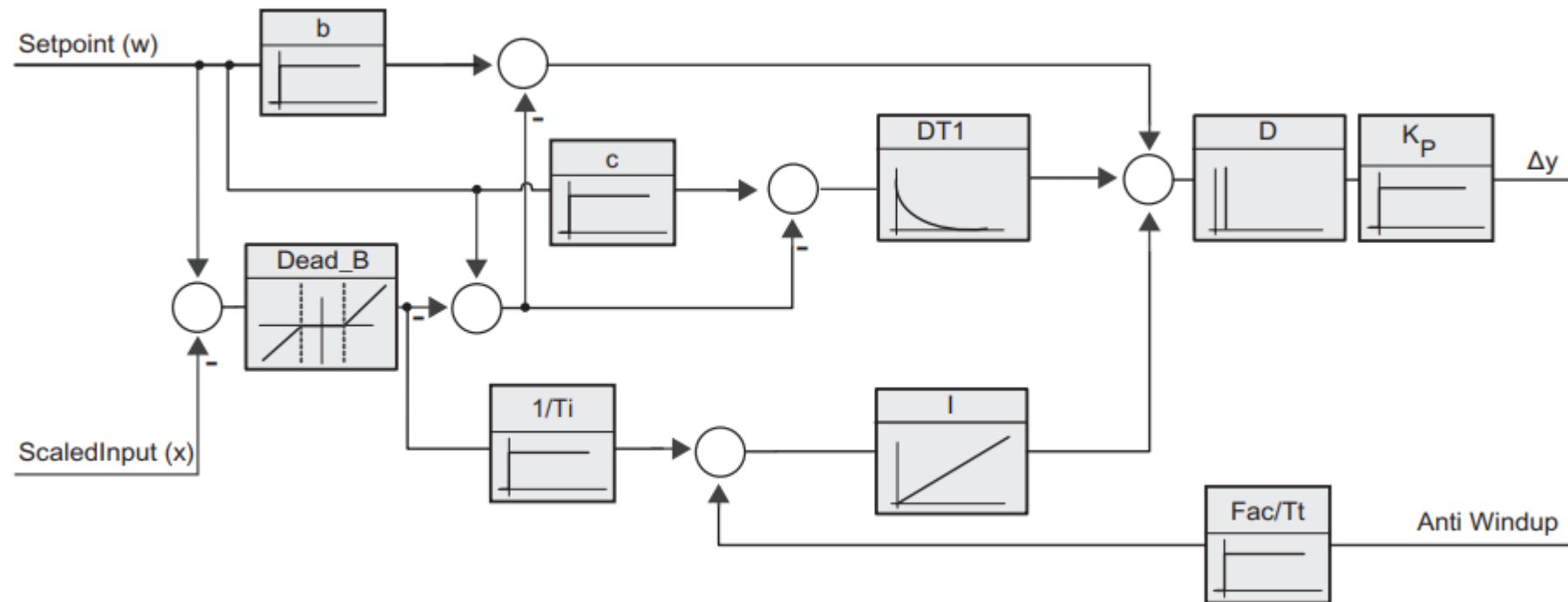
Wartość ErrorBit (DW#16#...)	Opis
0000	Brak błędu
0001	Wartość parametru „Input” ma wartość spoza dopuszczalnego zakresu. Input>sPid_Cmpt.r_Pv_HImor Input< sPid_Cmpt.r_Pv_LIm
0002	Nieprawidłowa wartość parametru „Input_PER”. Konieczna weryfikacja czy błąd wystąpił na wejściu analogowym.
0004	Błąd wykryty podczas precyzyjnego dobierania wartości Oscillation – brak możliwości utrzymania wartości procesowej.
0008	Błąd wykryty na etapie strojenia wstępnego. Wartość procesowa zbyt bliska wartości zadanej. Start strojenia precyzyjnego.
0010	Wartość zadana zmieniła się podczas strojenia regulatora.
0020	Strojenie wstępne nie może być zrealizowane w trybie automatycznym ani podczas strojenia precyzyjnego.
0040	Błąd wykryty na etapie strojenia precyzyjnego. Wartość zadana jest zbyt bliska dopuszczalnym wartościom skrajnym.
0080	Nieprawidłowa konfiguracja zakresów wartości wyjściowej. Wymagane sprawdzenie czy wartości wyjściowe skonfigurowano prawidłowo i czy są zgodne z wymaganymi kierunkami regulacji.
0100	Błąd wykryty podczas strojenia regulatora wymusił nieprawidłowe wartości parametrów.
0200	Nieprawidłowa wartość parametru „Input”: format numeryczny jest nieprawidłowy.
0400	Błąd obliczania wartości wyjściowej. Wymagane sprawdzenie parametrów PID.
0800	Błąd czasu próbkowania: instrukcja PID_Compact nie została wywołana w czasie cyklicznego wywołania przerwania OB.
1000	Nieprawidłowa wartość parametru „Setpoint”: format numeryczny jest nieprawidłowy.

Regulator PID – PID_3Step

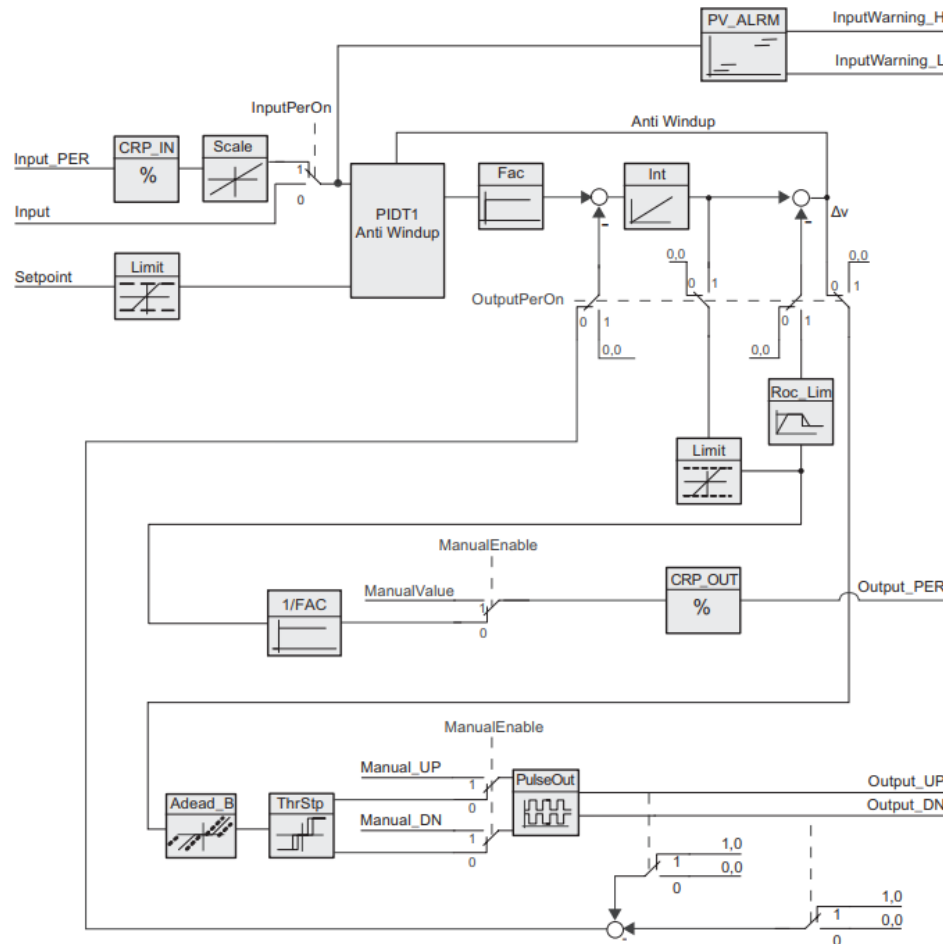
$$\Delta y = K_p \cdot s \cdot \left[(b \cdot w - x) + \frac{1}{T_I \cdot s} (w - x) + \frac{T_D \cdot s}{a \cdot T_D \cdot s + 1} (c \cdot w - x) \right]$$

y	Wartość wyjściowa
x	Wartość bieżąca
w	Wartość zadana
s	Operator Laplace'a
Kp	Proporcjonalne wzmocnienie (Składnik P)
a	Współczynnik opóźnienia całkowania (Składnik D)
T1	Czas całkowania - czas zdwojenia (Składnik I)
b	Wagi działania proporcjonalnego (Składnik P)
TD	Czas różniczkowania czas wyprzedzenia (Składnik D)
c	Wagi działania różniczkującego (Składnik D)

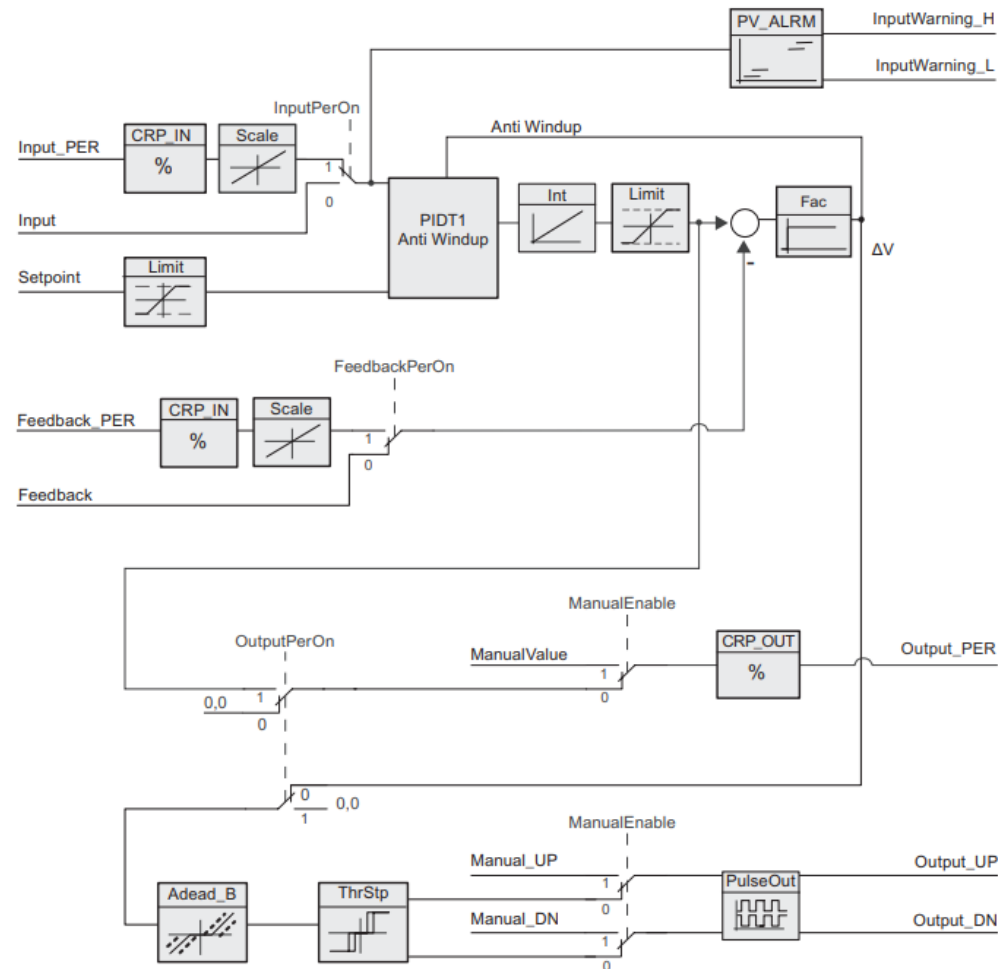
Regulator PID – PID_3Step



Praca regulatora PID_3Step bez sprzężenia zwrotnego od pozycji



Praca regulatora PID_3Step ze sprzężeniem zwrotnym od pozycji



Obiekt technologiczny PID_3Step

Parametr i jego typ		Typ danych	Opis
Setpoint	IN	Real	Wartość zadana dla regulatora PID pracującego w trybie automatycznym. Wartość domyślna: 0.0.
Input	IN	Real	Wartość bieżąca procesu. Wartość domyślna: 0.0 Należy także ustawić Config.InputPEROn = FALSE.
Input_PER	IN	Word	Wartość analogowa procesu(opcjonalnie). Wartość domyślna: W#16#0. Należy także ustawić Config.InputPEROn = TRUE.
ManualEnable	IN	Bool	Włącza lub wyłącza manualny tryb pracy. Wartość domyślna: FALSE • Przy zmianie zbocza z FALSE na TRUE, Regulator przełącza się na tryb ręczny - State = 4; niezmienione Retain.Mode. • Przy zmianie zbocza z TRUE na FALSE, regulator przełącza się na ostatnio używany tryb pracy; State = Retain.Mode.

Obiekt technologiczny PID_3Step

Parametr i jego typ		Typ danych	Opis
ManualUP	IN	Bool	W trybie ręcznym każde zbocze narastające powoduje rozwarcie zaworu o 5% całego zakresu ruchu lub na minimalny okres czasu potrzebny do uruchomienia silnika. Wartość ManualUP jest szacowana tylko jeśli nie jest wykorzystywana instrukcja Output_PER i nie ma sygnału zwrotnego z czujnika położenia. Wartość domyślna: FALSE • Jeśli Output_PER = FALSE, ręczne wejście włącza Output_UP na czas odpowiadający czasowi 5% ruchu urządzenia. • Jeśli Config.ActuatorEndStopOn = TRUE, Output_UP nie zamyka się nawet jeśli Actuator_H = TRUE.
ManualDN	IN	Bool	W trybie ręcznym każde zbocze narastające powoduje rozwarcie zaworu o 5% całego zakresu ruchu lub na minimalny okres czasu potrzebny do uruchomienia silnika. Wartość ManualDN jest szacowana tylko jeśli nie jest wykorzystywana instrukcja Output_PER i nie ma sygnału zwrotnego z czujnika położenia. Wartość domyślna: FALSE • Jeśli Output_PER = FALSE, ręczne wejście włącza Output_DN na czas odpowiadający czasowi 5% ruchu urządzenia. • Jeśli Config.ActuatorEndStopOn = TRUE, Output_DN nie zamyka się nawet jeśli Actuator_L = TRUE.
ManualValue	IN	Real	Wartość bieżąca procesu dla ręcznego trybu pracy. Wartość domyślna: 0.0 W trybie ręcznym użytkownik określa bezwzględną pozycję zaworu. ManualValue jest obliczany tylko jeśli użytkownik używa OutputPer, lub jeśli dostępne jest sprzężenie zwrotne. Wartość domyślna: 0.0
Feedback	IN	Real	Sprężenie zwrotne od położenia zaworu. Wartość domyślna: 0.0 Aby użyć Feedback należy ustawić Config.FeedbackPerOn = FALSE.

Feedback_PER	IN	Word	Analogowe sprzężenie zwrotne od pozycji zaworu. Wartość domyślna: W#16#0 Aby użyć Feedback_PER, należy ustawić Config.FeedbackPerOn = TRUE. Feedback_PER jest skalowane za pomocą następujących parametrów: • Config.FeedbackScaling.LowerPointIn • Config.FeedbackScaling.UpperPointIn • Config.FeedbackScaling.LowerPointOut • Config.FeedbackScaling.UpperPointOut
Actuator_H	IN	Bool	Jeśli Actuator_H = TRUE, zawór jest w górnej pozycji krańcowej i nie może kontynuować ruchu w tym kierunku. Wartość domyślna: FALSE
Actuator_L	IN	Bool	Jeśli Actuator_L = TRUE, zawór jest w dolnej pozycji krańcowej i nie może kontynuować ruchu w tym kierunku. Wartość domyślna: FALSE
Reset	IN	Bool	Restartuje regulator. Wartość domyślna: FALSE Przejęcie z FALSE do TRUE powoduje: • Nieaktywny tryb pracy • Wartość wejściowa= 0 • Pośrednie wartości systemowe zostają skasowane (PIDParameter zostanie zachowany) Przejęcie z TRUE do FALSE powoduje powrót do ostatniego stanu aktywnego.

Obiekt technologiczny PID_3Step

Parametr i jego typ		Typ danych	Opis
ScaledInput	OUT	Real	Przeskalowane wartości procesu
ScaledFeedback	OUT	Real	Przeskalowane pozycje zaworu
Output_PER	OUT	Word	Analogowa wartość wyjściowa. Jeśli Config.OutputPerOn = TRUE obliczana jest Output_PER.
Output_UP	OUT	Bool	Cyfrowa wartość wyjściowa otwarcia zaworu. Wartość domyślna: FALSE. Jeśli Config.OutputPerOn = FALSE to parametr Output_UP jest obliczany.
Output_DN	OUT	Bool	Cyfrowa wartość wyjściowa zamknięcia zaworu. Wartość domyślna: FALSE Jeśli Config.OutputPerOn = FALSE to parametr Output_DN jest obliczany.
SetpointLimitH	OUT	Bool	Górna granica wartości zadanej. Wartość domyślna: FALSE Jeśli SetpointLimit_H = TRUE to bezwzględna wartość górnego limitu wartości zadanej została osiągnięta. W CPU wartość zadana jest ograniczona przez aktualnie skonfigurowaną bieżącą wartość limitu górnego.
SetpointLimitL	OUT	Bool	Dolna granica wartości zadanej. Wartość domyślna: FALSE Jeśli SetpointLimit_L = TRUE to bezwzględna wartość dolnego limitu wartości zadanej została osiągnięta. W CPU wartość zadana jest ograniczona przez aktualnie skonfigurowaną bieżącą wartość limitu dolnego.
InputWarningH	OUT	Bool	Jeśli InputWarningH = TRUE, to wartość wejściowa osiągnęła lub przekroczyła wartość górnego ostrzeżenia. Wartość domyślna: FALSE.

InputWarningL	OUT	Bool	Jeśli InputWarningL = TRUE, to wartość wejściowa osiągnęła lub przekroczyła wartość dolnego ostrzeżenia. Wartość domyślna: FALSE.
State	OUT	Int	Bieżący tryb pracy regulatora PID. Wartość domyślna: 0 Do zmiany trybu należy użyć sRet.i_Mode: - State = 0: Inactive (nieaktywny). - State = 1: Pretuning (dostrajanie podczas rozruchu). - State = 2: Manual fine tuning (ręczne strojenie). - State = 3: Automatic mode (tryb automatyczny). - State = 4: Manual mode (tryb ręczny). - State = 5: Substitute output value approach (zastąpienie wartości wyjściowej przybliżoną). - State = 6: Transition time measurement (pomiar czasu przejścia). - State = 7: Substitute output value approach with error monitoring (zastąpienie wartości wyjściowej przybliżoną z monitorowaniem błędów). - State = 8: Error monitoring (monitorowanie błędów).
Error	OUT	Bool	Jeśli Error = TRUE to przynajmniej jeden komunikat o błędzie jest w toku. Wartość domyślna: FALSE.
ErrorBits	OUT	DWord	Parametry ErrorBits instrukcji PID_3STEP zawierają kod komunikatu wykrytego błędu (strona 167). Wartość domyślna: DW#16#0000.

Obiekt technologiczny PID_3Step

The screenshot displays the configuration interface for the PID_3Step object in Siemens Easy Builder. The interface is split into two main sections: 'Basic settings' and 'Input / output parameters'.

Basic settings:

- Controller type:** General (selected), % (unit)
- ☐ Invert control logic
- ☒ Enable last mode after CPU restart

Input / output parameters:

- Setpoint:** [Input field]
- Input:** Input_PER (analog) (selected), [Input field]
- Feedback:** No Feedback (default) (selected), [Input field]
- ☐ Actuator endstop
- Actuator_H:** [Input field]
- Actuator_L:** [Input field]
- Output:** Output (digital) (selected), [Output field]

The diagram shows the internal logic of the PID_3Step object, including the PID controller and the Actuator control block. The output is connected to the Actuator control block, which then outputs to the digital output field.

Obiekt technologiczny PID_3Step

The screenshot displays the configuration interface for the PID_3Step object. On the left, a tree view shows the following settings categories:

- Basic settings
 - Controller type
 - Input / output parameters
- Process value settings
 - Process value limits
 - Process value scaling
- Actuator settings
 - Actuator
 - Output value limits
 - Feedback scaling
- Advanced settings
 - Process value monitoring
 - PID Parameters

The main area is divided into two sections:

Process value settings

Process value limits

Process value high limit: %

Process value low limit: %

A graph shows a blue S-shaped curve representing the process value over time (t). The y-axis is labeled with a percentage sign (%).

Process value scaling

Input_PER:

Scaled high process value: %

Scaled low process value: %

A graph shows a blue linear scaling line. The y-axis is labeled with a percentage sign (%). The x-axis is labeled Input_PER, with values 0.0 (Low) and 27648.0 (High) marked. Below the graph, there is an "Automatic setting" button.

Obiekt technologiczny PID_3Step

Basic settings

- Controller type
- Input / output parameters

Process value settings

- Process value limits
- Process value scaling

Actuator settings

- Actuator
- Output value limits
- Feedback scaling

Advanced settings

- Process value monitoring
- PID Parameters

Motor transition time: 30.0 s

Minimum ON time: 0.0 s

Minimum OFF time: 0.0 s

Reaction to error

Set output to: Current value while error is pending

Substitute output value: 0.0 %

Output value limits

Output value high limit: 100.0 %

Output value low limit: 0.0 %

Feedback scaling

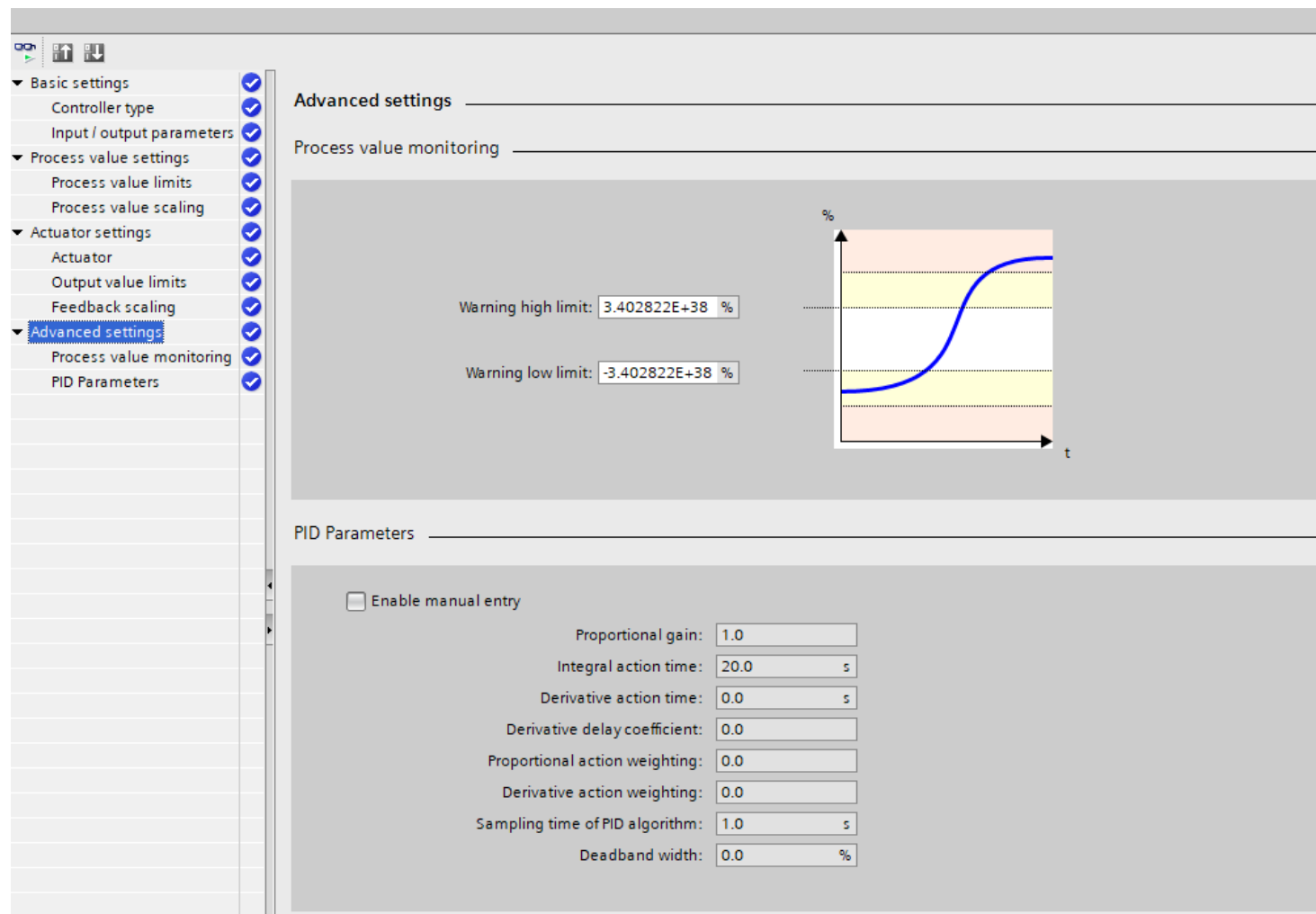
Feedback_PER: Disabled

High endstop: 100.0 %

Low endstop: 0.0 %

Low: 0.0 High: 27648.0

Obiekt technologiczny PID_3Step



The screenshot displays the configuration interface for the PID_3Step object. The left sidebar shows a tree view with the following items:

- Basic settings
- Controller type
- Input / output parameters
- Process value settings
 - Process value limits
 - Process value scaling
- Actuator settings
 - Actuator
 - Output value limits
 - Feedback scaling
- Advanced settings**
 - Process value monitoring
 - PID Parameters

The main area is divided into two sections:

Advanced settings

Process value monitoring

Warning high limit: %

Warning low limit: %

A graph shows a blue curve representing the process value over time (t). The y-axis is labeled with a percentage sign (%). The curve starts at a low value, rises sharply, and then levels off. The graph is divided into three horizontal bands: a top orange band, a middle yellow band, and a bottom orange band. The curve crosses the boundary between the bottom and middle bands.

PID Parameters

☐ Enable manual entry

Proportional gain:

Integral action time: s

Derivative action time: s

Derivative delay coefficient:

Proportional action weighting:

Derivative action weighting:

Sampling time of PID algorithm: s

Deadband width: %

Obiekt technologiczny PID_3Step

Wartość ErrorBit (DW#16#...)	Opis
0000	Brak błędu.
0001	Wartość parametru „Input” jest poza granicami wartości procesowych: Input> Config.InputUpperLimit lub Input<Config.InputLowerLimit Jeśli ActivateRecoverMode = TRUE i ErrorBehaviour = 1, siłownik przesuwa się do zastępczej wartości wyjściowej. Jeśli ActivateRecoverMode = TRUE i ErrorBehaviour = 0, siłownik zatrzymuje się w aktualnym położeniu. Jeśli ActivateRecoverMode = FALSE, siłownik zatrzymuje się w aktualnym położeniu. PID_3STEP V1.1: Można przesunąć siłownik w trybie ręcznym. PID_3STEP V1.0: Tryb ręczny nie jest możliwy w tym stanie. Nie można uruchomić siłownika ponownie, dopóki błąd nie zostanie usunięty.
0002	Nieprawidłowa wartość parametru „Input_PER”. Należy sprawdzić czy błąd nie wystąpił na wejściu analogowym. Jeżeli tryb automatyczny był aktywny przed wystąpieniem błędu, ActivateRecoverMode = TRUE, wskaźnik błędu jest kasowany, a PID_3STEP przełącza się w tryb automatyczny.
0004	Błąd wykryty podczas precyzyjnego dobierania wartości Oscillation - brak możliwości utrzymania wartości procesowej.
0008	Błąd wykryty na etapie strojenia wstępnego. Wartość procesowa zbyt bliska wartości zadanej. Start strojenia precyzyjnego.
0010	Wartość zadana nie może się zmieniać się podczas strojenia regulatora.
0020	Strojenie wstępne nie może być zrealizowane w trybie automatycznym ani podczas strojenia precyzyjnego.
0040	Błąd wykryty na etapie strojenia precyzyjnego. Wartość zadana jest zbyt bliska dopuszczalnym wartościom skrajnym.
0080	Nieprawidłowa konfiguracja zakresów wartości wyjściowej. Wymagane sprawdzenie czy wartości wyjściowe skonfigurowano prawidłowo i czy są zgodne z wymaganymi kierunkami regulacji.
0100	Błąd wykryty podczas strojenia regulatora wymusił nieprawidłowe wartości parametrów.
0200	Nieprawidłowa wartość parametru „Input”: format numeryczny jest nieprawidłowy. Jeżeli tryb automatyczny był aktywny przed wystąpieniem błędu, ActivateRecoverMode = TRUE, wskaźnik błędu jest kasowany, a PID_3STEP przełącza się w tryb automatyczny.
0400	Błąd obliczania wartości wyjściowej. Wymagane sprawdzenie parametrów PID.

Wartość ErrorBit (DW#16#...)	Opis
0800	Błąd czasu próbkowania: instrukcja PID_3STEP nie została wywołana w czasie cyklicznego wywołania przerwania OB. Jeżeli tryb automatyczny był aktywny przed wystąpieniem błędu, ActivateRecoverMode = TRUE, wskaźnik błędu jest kasowany, a PID_3STEP przełącza się w tryb automatyczny.
1000	Nieprawidłowa wartość parametru „Setpoint”: format numeryczny jest nieprawidłowy. Jeżeli tryb automatyczny był aktywny przed wystąpieniem błędu, ActivateRecoverMode = TRUE, wskaźnik błędu jest kasowany, a PID_3STEP przełącza się w tryb automatyczny.
2000	Nieprawidłowa wartość parametru „Feedback_PER”: format numeryczny jest nieprawidłowy. Konieczna weryfikacja czy błąd wystąpił na wejściu analogowym. Siłownik nie może przesunąć się do zastępczej wartości wyjściowej i nie może zmienić aktualnego położenia. Tryb ręczny nie jest możliwy w tym stanie. Przesunięcie siłownika z tego stanu jest możliwe po zablokowaniu sprzężenia zwrotnego z czujnika położenia (Config.FeedbackOn = FALSE). Jeżeli tryb automatyczny był aktywny przed wystąpieniem błędu, ActivateRecoverMode = TRUE, wskaźnik błędu jest kasowany, a PID_3STEP przełącza się w tryb automatyczny.
4000	Nieprawidłowa wartość parametru „Feedback „: format numeryczny jest nieprawidłowy. Siłownik nie może przesunąć się do zastępczej wartości wyjściowej i nie może zmienić aktualnego położenia. Tryb ręczny nie jest możliwy w tym stanie. Przesunięcie siłownika z tego stanu jest możliwe po zablokowaniu sprzężenia zwrotnego z czujnika położenia (Config.FeedbackOn = FALSE). Jeżeli tryb automatyczny był aktywny przed wystąpieniem błędu, ActivateRecoverMode = TRUE, wskaźnik błędu jest kasowany, a PID_3STEP przełącza się w tryb automatyczny.
8000	Błąd sprzężenia zwrotnego cyfrowego czujnika położenia. Actuator_H = TRUE i ActuatorL = TRUE. Siłownik nie może przesunąć się do zastępczej wartości wyjściowej i nie może zmienić aktualnego położenia. Tryb ręczny nie jest możliwy w tym stanie. Przesunięcie siłownika z tego stanu jest możliwe po zablokowaniu sprzężenia zwrotnego z czujnika położenia (Config.FeedbackOn = FALSE). Jeżeli tryb automatyczny był aktywny przed wystąpieniem błędu, ActivateRecoverMode = TRUE, wskaźnik błędu jest kasowany, a PID_3STEP przełącza się w tryb automatyczny.