

# ЕДНОКАНАЛЕН ПРОЦЕС КОНТРОЛЕР - ПИД РЕГУЛАТОР серия 4001

- Два реда x 4 разряда индикация и клавиатура;
- Измервателен канал – термосъпротивление Pt 100 ;
- Релеен изход за управление на нагревател;
- Релеен изход за алармена сигнализация;
- Адитивна корекция на измерената величина;
- Вградена функция за самонастройка на ПИД регулатора (Auto tune);
- Енергонезависима памет за въведените параметри;



## 1. Предназначение и принцип на действие

Регулаторът е предназначен за управление на температурен режим на обект с основна времеконстанта не по-малка от 10-20 сек. Изпълнява стандартен ПИД закон за управление, при който се управлява само процеса на нагриване чрез включване и изключване на нагревателния елемент. Регулирането на подадената енергия се извършва чрез промяната на съотношението на времето, през което нагревателят е включен към общото време за регулиране съгласно формулата:

$$PWM = \frac{t_{ON}}{t_c},$$

където:

$PWM$  е коефициент на широчинно-импулсната модулация, изменящ се от 0÷1 (0 ÷ 100 %);

$t_{ON}$  - времето, през което нагревателят е включен;

$t_c$  - продължителността на цикъла за управление.

При нормална работа на регулатора на първия ред на индикацията (**PV**) се визуализира измерената величина, а на втория ред (**SV**) с натискане на бутон "MODE" се визуализират зададението или изчисленото управляващо въздействие в % (0÷100%) от зададената максимална продължителност на въздействието  $t_c$ , като в този режим светодиода 'F' свети. Включването на управляващото реле (Реле 1) се индицира със светодиода 'L1', а аларменото (Реле 2) със светодиода 'L2'.

Реле 2 може да се програмира като гранично ниво - горно или долно, като се задават съответните нива и хистерезиси. Когато релейният изход е конфигуриран като горно гранично ниво релейният изход задейства когато текущата величина надхвърли зададеното ниво, и се изключва когато спадне под нивото минус хистерезиса. Когато релейният изход е конфигуриран като долно гранично ниво релейният изход задейства когато текущата величина е под зададеното ниво и се изключва когато надхвърли нивото плюс хистерезиса. Предвидено е и задаване на време за закъснение на задействие на релето ( до 250 сек.). Релейният изход може да бъде конфигуриран за работа в нормален или инверсен режим. Инверсният режим обръща логиката на управление на релейния изход.

При наличие на адитивна грешка в измервателния преобразувател може да се използва корекция на адитивната грешка. Корекцията представлява величина със знак, която се добавя към измерената величина.

Ако измерената величина е по-голяма от зададения обхват на горния дисплей се изписва съобщение "OFL", а при по-ниска от долната граница на обхвата - "UND". При повреда в сензора или линията за връзка на дисплея се появява съобщение "Err". Това съобщение може да се получи и при повреда в контролера. При съобщения "UND", "OFL" и "Err" реле 1 е изключено, а аларменото реле (реле2) се изключва при съобщение "Err".

### Регулаторът има три основни режима на работа:

1. Автоматичен - светодиодаът 'A/M' свети. В този режим в зависимост от измерената и зададената величина и от параметрите на ПИД закона се изчислява и извежда управляващо въздействие;
2. Ръчен - светодиодаът 'A/M' мига. В този режим регулаторът показва измерената величина и извежда предварително зададено управляващо въздействие. Ако на дисплея се визуализира зададеното ръчно управление (с натискане на бутон "MODE" - свети 'F') с натискане на бутон ▲ той се увеличава с 1, а с натискане на бутон ◀ - се намалява с 1. Докато бутоните ▲ или ◀ се задържат PWM се увеличава или намалява непрекъснато. Този режим е удобен за първоначално задаване на температурния режим на обекта. Натискането на бутон "ENT" превключва регулатора в автоматичен режим.
3. Изключен - светодиодаът 'A/M' не свети. В този режим регулаторът показва само измерената температура, но не извежда управляващо въздействие.

**ВНИМАНИЕ:** След включване регулаторът се установява в режима, при който е изключен.

### 2. Технически характеристики

Захранващо напрежение	230 V AC, < 6 VA
Измервателен вход	Pt 100
Основна грешка	< 0.5 % от обхвата ± 1 знак
Измервателен обхват	°C
Температура на околната среда	0 . . . 23°C . . . 55 °C
Цифрова индикация	- 4 разрядна LED двуредова - в °C - светодиода за индициране на състоянието на релейния изход и на режимия за визуализиране
Пропорционална константа	0 – 9999 % от обхвата на уреда
Диференциална съставка	0 – 9999, сек
Цикъл на управление	1 – 9999 сек
Време за изчакване	0 – 9999 сек
Реле	2 броя - 250 VAC/5 A , н.о. контакти
Монтаж на уреда	за табло със светъл отвор 44 x 92 mm
Габаритни размери	48 x 96 x 135 mm , тегло - 0.6 kg

### 3. Конфигуриране

Конфигурирането на регулатора се извършва с помощта на специален режим и пароли. Влизането в процедурата се извършва с едновременното натискане на бутоните "ENT" и "MODE" и задържането им за около 1 сек. В режим на конфигуриране регулаторът продължава да работи. Ако трябва да се променят параметри на регулатора е препоръчително първо регулаторът да бъде конфигуриран в Режим 3 (без извеждане на управляващо въздействие) или да бъде изключено захранването към нагревателя.

## Задаване параметрите на регулатора

Едновременно натискане на бутон "MODE" и "ENT" прекъсва нормалната работа и на дисплея "PV" се появява надпис "PASS", а на дисплея "SV" - 0000. С бутоните ◀ и ▶ набира код 1231. Натиска се бутон "ENT".

Задаване параметрите на регулатора

Задаване пропорционалната константа на регулатора в %.

На дисплея "PV" се появява надпис "PidP".

На дисплей "SV" се показва зададената стойност на пропорционалната константа на регулатора

'xxxx'

Ако е необходимо, с бутоните ◀ и ▶ се набира новата стойност.

Натиска се бутон "ENT".

Задаване интегралната константа на регулатора в сек.

На дисплея "PV" се появява надпис "PidI".

На дисплей "SV" се показва зададената стойност на диференциалната константа на регулатора

'xxxx'

Ако е необходимо, с бутоните ◀ и ▶ се набира новата стойност.

Натиска се бутон "ENT".

Задаване диференциалната константа на регулатора в сек.

На дисплея "PV" се появява надпис "PidD".

На дисплей "SV" се показва зададената стойност на диференциалната константа на регулатора

'xxxx'

Ако е необходимо, с бутоните ◀ и ▶ се набира новата стойност.

Натиска се бутон "ENT".

Задаване цикъла на управление  $t_C$  в сек.

На дисплея "PV" се появява надпис "rELC".

На дисплей "SV" се показва зададената стойност

'xxxx'

Ако е необходимо, с бутоните ◀ и ▶ се набира новата стойност.

Натиска се бутон "ENT".

## Задаване режима на работа на регулатора

Едновременно натискане на бутон "MODE" и "ENT" прекъсва нормалната работа и на дисплея "PV" се появява надпис "PASS", а на дисплея "SV" - 0000. С бутоните ◀ и ▶ набира код 1232. Натиска се бутон "ENT".

На дисплея "PV" се визуализира промпт 'Pid '.

На дисплея "SV" с натискане на бутон ▶ и въведено с натискане на бутон "ENT" се избира се една от следните възможности:

'run ' - Автоматично управление (Режим 1);

'hAnd' - Ръчно управление (Режим 2);

'Stop ' - Изключване на регулатора (Режим 3).

Задаване на коефициента на ръчно управление (само ако е избран Режим 2)

На дисплея "PV" се визуализира промпт 'POu '.

На дисплей "SV" се показва текущата стойност

'xxxx'

Ако е необходимо, с бутоните ◀ и ▶ се набира новата стойност.

Натиска се бутон "ENT".

### Въвеждане на заданието на регулатора

Едновременно натискане на бутон "MODE" и "ENT" прекъсва нормалната работа и на дисплея "PV" се появява надпис "PASS", а на дисплея "SV" - 0000. С бутоните ◀ и ▶ набира код 1234. Натиска се бутон "ENT".

#### Въвеждане на заданието на регулатора (Set Variable)

На дисплея "PV" се появява надпис "S P".

На дисплей "SV" се показва зададената стойност във реални физически единици. 'xxxx'

Ако е необходимо, с бутоните ◀ и ▶ се набира новата стойност.

Натиска се бутон "ENT".

### Задаване на адитивна корекция

Едновременно натискане на бутон "MODE" и "ENT" прекъсва нормалната работа и на индикацията се появява надпис "PASS". С бутоните ◀ и ▶ набира код 3333. Натиска се бутон "ENT".

На горния дисплей се появява надпис AdCr – адитивна корекция. Ако е необходимо с бутоните ▶ и ◀ тя може да бъде променена. Натиска се бутон "ENT" за въвеждане.

### Конфигуриране на релеен изход 2

Едновременно натискане на бутон "MODE" и "ENT" прекъсва нормалната работа и на индикацията се появява надпис P000. С бутоните ◀ и ▶ набира код 1113. Натиска се бутон "ENT". Изписва се "PASS", след което се натиска бутон "MODE" и започва конфигурирането на процес-индикатора.

Конфигуриране на релейния изход за алармено ниво

Релеен изход 2

На дисплея се показва промпт 'rEL2'. Натиска се произволен бутон.

На дисплея се показва текущата конфигурация. Тя може да бъде променена с натискане на бутон ▶ и въведен с натискане на бутон "ENT". Избира се една от следните възможности:

' nO ' - Релето няма да се използва - преминава към нормална работа на регулатора

' LL ' - Долно гранично ниво

' HL ' - Горно гранично ниво

Задаване стойността на граничното ниво.

На дисплея се показва промпт 'L2°C'. Натиска се произволен бутон.

На дисплея се показва текущата стойност на граничното ниво в °C.

Ако е необходимо, с бутоните ◀ и ▶ се набира нова стойност.

Натиска се бутон "ENT".

**ВНИМАНИЕ! Зададеното гранично ниво не трябва да бъде извън обхвата на прибора!**

Задаване стойността на хистерезиса за граничното ниво.

На дисплея се показва промпт 'H2°C'. Натиска се произволен бутон.

На дисплея се показва текущата стойност на хистерезиса на граничното ниво в °C.

Ако е необходимо, с бутоните ◀ и ▶ се набира нова стойност.

Натиска се бутон "ENT".

**ВНИМАНИЕ! Зададения хистерезис не трябва да бъде извън обхвата на прибора!**

Задаване стойността на времето за закъснение на задействане на реле 2.

На дисплея се показва промпт 't2'. Натиска се произволен бутон.

На дисплея се показва  
**'t0xx'** - време ,сек, за закъснение задействането на релето (0 ÷ 250 сек.) .  
Ако е необходимо, с бутоните "<" и "^" се набира нова стойност.  
Натиска се бутон **"ENT"**.

Избор на нормален или инверсен режим на работа на реле 2.

На основния дисплей се показва текущата конфигурация. Тя може да бъде променена с натискане на бутон "^" и въведен с натискане на бутон **"ENT"**.  
Избира се една от следните възможности:  
**'r2-n'** - Нормално управление на реле 2  
**'r2-I'** - Инверсно управление на реле 2

### Стартиране на процедурата за самонастройка

Едновременно натискане на бутон **"MODE"** и **"ENT"** прекъсва нормалната работа и на индикацията се появява надпис **"PASS"**. С бутоните "<" и "^" набира код 2233. Натиска се бутон **"ENT"**.

На горния дисплей се появява надпис **"Auto"**.

С натискане на бутон **"^"** се избира режима на работа:

**StOP** – Прекратяване режима на самонастройка;

**tunE** – Режим на самонастройка.

За въвеждане се натиска бутон **"ENT"**.

### Избор на типа на входния сигнал

Едновременно натискане на бутон **"MODE"** и **"ENT"** прекъсва нормалната работа и на индикацията се появява надпис **"PASS"**. С бутоните "<" и "^" набира код 1117. Натиска се бутон **"ENT"**.

На горния дисплей се появява надпис **" rtd"**.

С натискане на бутон **"^"** се избира типа на RTD Pt100:

**GOSt** – ГОСТ 6651/78

**dIn** – DIN 43 760

За въвеждане се натиска бутон **"ENT"**.

Процедурата за самонастройка протича на 5 стъпки, които се визуализират на долния дисплей:

St 1, St 2, St3, St 4 и St 5.

На горния дисплей се визуализира измерената температура. Процедурата може да бъде прекратена на всяка стъпка, но при това няма да се получат коректни коефициенти на ПИД регулатора. На последната стъпка (St 5) се изчисляват коефициентите на ПИД регулатора и процедурата се прекратява и регулаторът е изключен. С използване на парола 1231 изчислените параметри могат да бъдат видяни и при необходимост коригирани. Повече подробности относно ПИД регулатора и процедурата за самонастройка може да се види в Приложение 1.

След приключване на процедурата за самонастройка е необходимо да се проверят получените коефициенти, и при необходимост коригирани и с парола 1232 да бъде избран режим **"run"** – Автоматично управление.

**Внимание! По време на процедурата за самонастройка температурата на обекта може да се повиши много над зададената.**

#### 4. Свързване на регулатора



Ако релетата се използват за комутация на товар с голяма индуктивност е препоръчително да се използват RC групи от последователно свързани резистор от 100  $\Omega$  и кондензатор 22 nF/630V, свързани паралелно на контактите на релетата.

#### ГАРАНЦИОННА КАРТА

ПИД РЕГУЛАТОР серия 4001 с фабр.Но ..... производство на фирма “ДЕЛТА ИНСТРУМЕНТ” ООД - София е комплектован със скоби за закрепване - 2 броя и Техническо описание и Инструкция за работа.

Производителят гарантира нормална работа на уреда за срок от 12 месеца от датата на продажбата.

Гаранцията не обхваща повреди, дължащи се на неправилна експлоатация или транспортиране.

Уредът е продаден на :

/ подпис и печат /

## Особености на ПИД регулатора и процедурата за самонастройка

### ┌ Закон за Управление.

Общата логика на управление на ПИД регулатора е дадена с формула 1

$$u(t) = K \left( e + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(s) ds + T_d \frac{de}{dt} \right) \quad 1$$

където

$$e = (SP - PV) / \text{Обхват}$$

*SP* - задание

*PV* - измерената температура

*K* - Коефициент на Пропорционалност.

*T<sub>i</sub>* - време за интегриране

*T<sub>d</sub>* - време за диференциране.

*Обхват* = 600 °C

Друг начин на запис на закона може да се даде с:

$$u(t) = K \frac{SP - PV}{\text{Обхват}} + I + D \quad 2$$

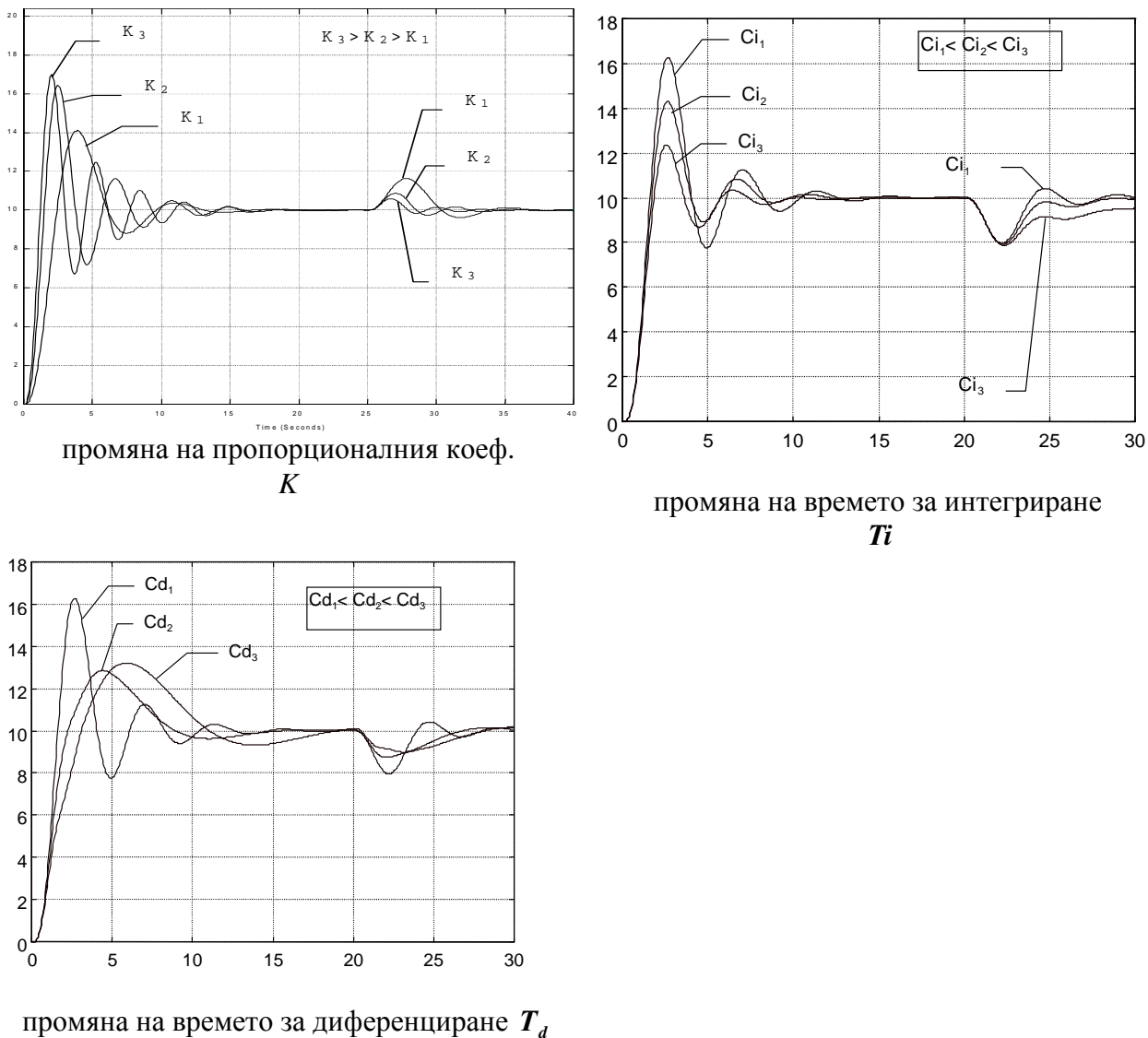
*I* – интегралната част

*D* – диференциалната част

Ако регулаторът изчисли управляващо въздействие по-голямо от 1 или по-малко от 0 то натрупването на интегралната съставка се прекратява, но не се нулира. Зоната, в която изходния ШИМ не е наситен се нарича линейна зона на регулиране. Ако диференциалната и интегралната част са нула то линейната зона в измерена температура се дава с:

- При температура по-висока от заданието *SP* изхода на регулатора е 0 (0% коефициент на запълване - изключено реле)
- При температура по-ниска от  $PV < SP - \frac{\text{Обхват}}{K}$  изхода е 1 (100% запълване на ШИМ - винаги включено реле)

Влиянието на различните съставки е показано на Фигура 1. На нея са симулирани преходните процеси при първоначално пускане и реакцията при товар, на една система при различни стойности на параметрите на ПИД закона.



Фиг. 1.

### Процедура за самонастройка - Auto – Tune функция.

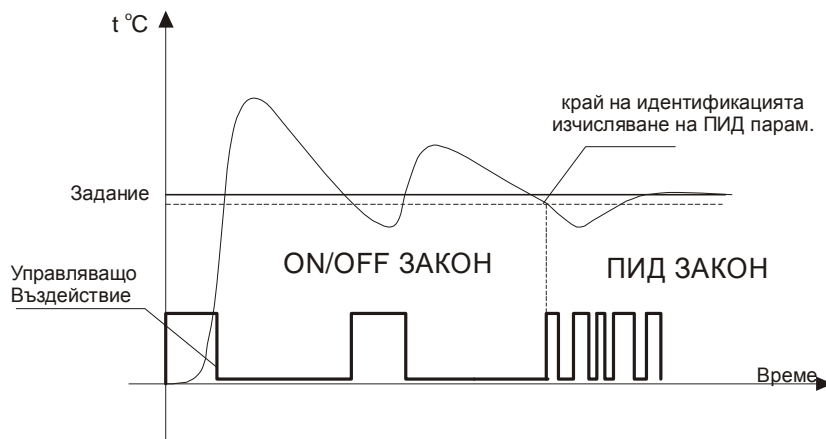
По команда от оператор може да се включи проста идентификация на Обекта. Според Процесът на идентификация представлява ON-OFF (Включено-Изключено) управление до достигането на стабилни колебания Фигура 2.

По време на идентификацията се предполага, че обектът е с непроменливи във времето параметри и липсват товарни въздействия. Затова обекта трябва да бъде при настройката при постоянни условия.

Поради частичната информация, която се използва при този метод на идентификация и нелинейността на температурните процеси има вероятност да бъдат изчислени и недотам добри параметри на ПИД закона. Операторът може ръчно да променя параметрите в зависимост от своите нужди. Вграденият метод за настройка работи и при относително големи времезакъснения. Добре е за заданието (температурата около, която се извършва настройката) да е избрана стойност близка до работната, но ако тя е близка до края на обхвата по температура, по време на настройката ще се получат високи стойности на температурата, което може да е нежелателно или да попречи на успешното завършване на самонастройката. В такъв случай предварително се избира по-ниска стойност на заданието или се променя обхвата на входния модул. При установяване на устойчиви колебания регулаторът изчислява и запомня оптималните параметри на ПИД закона.

Операторът може ръчно да спре настройката ако установи лоша идентификация.





Фиг. 2.

### Стартиране на Auto-Tune

1. Преди да бъде стартирана процедурата за самонастройка операторът трябва да зададе заданието на съответния канал.
2. Обектът се оставя в постоянни условия (Липса на товарни смущения, големи промени в околната температура, постоянно задание и т.н. ).
3. Стартира се процедурата за самонастройка. Температурата по време на идентификацията може да се увеличи значително тъй като се използва ON/OFF управление. Максималната достигната стойност не трябва да надвишава края на обхвата на уреда. В случай, че се достигне края на обхвата може се намали зададената температура. Идентификацията продължава за време, което силно зависи от обекта. Ако идентификацията се спре преди завършването ѝ то не се изчисляват нови параметри на ПИД закона. За да може да се изчислят параметри на ПИД закона трябва да се получат някакви колебания около заданието. Ако не се установят колебания една възможна причина за това е ниския ред на обекта, тогава операторът може да използва ON/OFF закон за управление за поддържане на желаната температура.
4. След завършване на идентификацията се изчисляват едни и същи параметри за нагриване и охлаждане. Ако е необходимо операторът трябва ръчно да промени параметрите в зависимост от нуждите си. Например: За намаляване на пререгулирането при товарни смущения а и при първоначално пускане е добре да се увеличи пропорционалната константа и да се намали доколкото е възможно интегралната времеконстанта. Ако интегралната времеконстанта се намали много има опасност да се получат колебания около заданието.

Забележка:

Кратковременни падове на захранващото напрежение водят до намаляване на температурата от установената си стойност поради частична загуба на информация (нулиране на интегралната съставка). Необходимо е време за ново натрупване на интегралната съставка, което е свързано със спадане на температурата.