**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η είσοδος ενός ρυθμιστή είναι η **απόκλιση ε** της **μετρούμενης τιμής** της **ρυθμιζόμενης μεταβλητής** από το set point για τη μεταβλητή αυτή. Η ρυθμιζόμενη μεταβλητή μπορεί να είναι θερμοκρασία θ, στάθμη h, παροχή όγκου q, παροχή μάζας w, συγκέντρωση C, θερμότητα q κ.α. Επίσης, το μετρητικό όργανο της θερμοκρασίας (θερμοστοιχείο), στάθμης (floater), παροχής μάζας ή όγκου (ροόμετρο), συγκέντρωσης (φασματοφωτόμετρο ή άλλο), θερμότητας, μπορεί να δίνει τη μέτρηση του σε ηλεκτρικό δυναμικό (Volt ή mV) ή ηλεκτρικό ρεύμα. Οπότε η απόκλιση ε που τροφοδοτείται στην είσοδο του ρυθμιστή, μπορεί να είναι:

Θερμοκρασία: ε = θsp – θm oC

Στάθμη: ε = hsp – hm m, cm, ft

Παροχή όγκου: ε = qsp – qm m3/min, m3/sec, lt/min, lit/sec κ.α.

Παροχή μάζας: ε = wsp – wm kg/min, kg/sec κ.α.

Συγκέντρωση: ε = csp – cm kg/m3, kg/lt κ.α.

Θερμότητα: ε = qsp – qm kJ/min, kJ/sec, kcal/min, kcal/sec κ.α.

Δυναμικό: ε = vsp – vm Volt, mV

Ρεύμα: ε = isp – im Ampere, mA

Ο δείκτης sp σημαίνει set point και ο δείκτης m σημαίνει μετρούμενη τιμή (measured value). Οι μεταβλητές αυτές μπορεί να είναι είτε απλές μεταβλητές είτε μεταβλητές απόκλισης.

Αντίστοιχα, η έξοδος ενός ρυθμιστή μπορεί να είναι συνήθως είτε ένα ηλεκτρικό σήμα (ηλεκτρικό δυναμικό σε Volt ή ηλεκτρικό ρεύμα σε A), είτε πίεση (kPa ή psi ή psig) είτε μία παροχή μάζας (kg/sec κ.α.) είτε μία παροχή όγκου (lt/min κ.α.).

Έτσι, οι συνδυασμοί εισόδου/εξόδου σε έναν ρυθμιστή μπορεί να είναι πάρα πολλοί και μπορούν να αφορούν ακόμη περισσότερους συνδυασμούς μονάδων.

Στο εξής, τη μεταβλητή εισόδου ενός ρυθμιστή θα τη συμβολίσουμε **in** (**ΙΝ** η αντίστοιχή μεταβλητή απόκλισης, με τις ίδιες μονάδες) και τη μεταβλητή εξόδου ενός ρυθμιστή θα τη συμβολίσουμε **out** (**OUT** η αντίστοιχή μεταβλητή απόκλισης, με τις ίδιες μονάδες).

**ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ (PROPORTIONAL CONTROLER, ρυθμιστή P)**

Μία απλή σταθερά αναλογίας Kc (ο δείκτης c σημαίνει controller) συνδέει τη μεταβλητή εισόδου με τη μεταβλητή εξόδου:

out(t) = Kc\*ε(t) + outs unitsOUT (1)

όπου **out(t)** η έξοδος του ρυθμιστή, σε μονάδες **unitsOUT**

**ε(t) = insp(t) - inm(t)**η είσοδος στον ρυθμιστή, σε μονάδες **unitsIN**

**outs** η έξοδος του ρυθμιστή στην αρχική μόνιμη κατάσταση, σε μονάδες **unitsOUT**

**Κc** η ενίσχυση του ρυθμιστή (η απλή σταθερά αναλογίας που συνδέει την είσοδο με την έξοδο) και μονάδες **unitsOUT/unitsIN**

Στη μόνιμη κατάσταση: outs = Kc\*0 + outs unitsOUT (2)

Αφαιρώ τη (2) από την (1): out(t) – outs = Kc\*ε(t) + outs – outs ⬄ OUT(t) = Kc\*ε(t) ⬄

⬄ ⬄ (3)

H (3) είναι η **συνάρτηση μεταφοράς του αναλογικού ρυθμιστή**.

**ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ-ΟΛΟΚΛΗΡΩΤΙΚΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ (PROPORTIONAL-INTEGRAL CONTROLER, ρυθμιστή PI)**

Η μεταβλητή εισόδου συνδέεται με τη μεταβλητή εξόδου μέσω της σταθεράς αναλογίας Κc και του ολοκληρώματος της μεταβολής της απόκλισης ε με το χρόνο, διαιρεμένη με σταθερά χρόνου τΙ (τον **ολοκληρωτικό χρόνο** τ integral του ρυθμιστή ή την **ολοκληρωτική χρονική σταθερά** του) :

out(t) = Kc\*ε(t) + + outs unitsOUT (4)

όπου **out(t)** η έξοδος του ρυθμιστή, σε μονάδες **unitsOUT**

**ε(t) = insp(t) - inm(t)**η είσοδος στον ρυθμιστή, σε μονάδες **unitsIN**

**outs** η έξοδος του ρυθμιστή στην αρχική μόνιμη κατάσταση, σε μονάδες **unitsOUT**

**Κc** η ενίσχυση του ρυθμιστή (η απλή σταθερά αναλογίας που συνδέει την είσοδο με την έξοδο) και μονάδες **unitsOUT/unitsIN**

**τΙ** η ολοκληρωτική χρονική σταθερά του ΡΙ ρυθμιστή, με μονάδες χρόνου

Στη μόνιμη κατάσταση: outs = Kc\*0 + 0 + outs unitsOUT (5)

Αφαιρώ τη (2) από την (1): out(t) – outs = Kc\*ε(t) + + outs – outs ⬄ OUT(t) = Kc\*ε(t) + ⬄

⬄ OUT(s) = Kc\*ε(s) +⬄ (6)

H (6) είναι η **συνάρτηση μεταφοράς του αναλογικού-ολοκληρωτικού ρυθμιστή**.

**ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ-ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ (PROPORTIONAL-DERIVATIVE CONTROLER, ρυθμιστή PD)**

Η μεταβλητή εισόδου συνδέεται με τη μεταβλητή εξόδου μέσω της σταθεράς αναλογίας Κc και του διαφορικού της μεταβολής της απόκλισης ε με το χρόνο, πολλαπλασιασμένη με τη σταθερά χρόνου τD (τον **διαφορικό χρόνο** τ derivative του ρυθμιστή ή την **διαφορική χρονική σταθερά** του) :

out(t) = Kc\*ε(t) + + outs unitsOUT (7)

όπου **out(t)** η έξοδος του ρυθμιστή, σε μονάδες **unitsOUT**

**ε(t) = insp(t) - inm(t)**η είσοδος στον ρυθμιστή, σε μονάδες **unitsIN**

**outs** η έξοδος του ρυθμιστή στην αρχική μόνιμη κατάσταση, σε μονάδες **unitsOUT**

**Κc** η ενίσχυση του ρυθμιστή (η απλή σταθερά αναλογίας που συνδέει την είσοδο με την έξοδο) και μονάδες **unitsOUT/unitsIN**

**τD** η διαφορική χρονική σταθερά του ΡD ρυθμιστή, με μονάδες χρόνου

Στη μόνιμη κατάσταση: outs = Kc\*0 + 0 + outs unitsOUT (8)

Αφαιρώ τη (2) από την (1): out(t) – outs = Kc\*ε(t) + + outs – outs ⬄ OUT(t) = Kc\*ε(t) + ⬄

⬄ OUT(s) = Kc\*ε(s) + ⬄ (9)

H (9) είναι η **συνάρτηση μεταφοράς του αναλογικού-διαφορικού ρυθμιστή**.

**ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΣ-ΟΛΟΚΛΗΡΩΤΙΚΟΣ- ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ (PROPORTIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVE CONTROLER, ρυθμιστή PID)**

Η μεταβλητή εισόδου συνδέεται με τη μεταβλητή εξόδου μέσω της σταθεράς αναλογίας Κc, του ολοκληρώματος της μεταβολής της απόκλισης ε με το χρόνο και του διαφορικού της μεταβολής της απόκλισης ε με το χρόνο:

out(t) = Kc\*ε(t) ++ + outs unitsOUT (10)

Στη μόνιμη κατάσταση: outs = Kc\*0 + 0 + 0 + outs unitsOUT (11)

Αφαιρώ τη (2) από την (1):

out(t) – outs = Kc\*ε(t) + + + outs – outs ⬄ OUT(t) = Kc\*ε(t) ++ ⬄

⬄ OUT(s) = Kc\*ε(s) + ⬄ (12)

H (12) είναι η **συνάρτηση μεταφοράς του αναλογικού-ολοκληρωτικού-διαφορικού ρυθμιστή**.

**Οι συναρτήσεις μεταφοράς των 4 ρυθμιστών θα σας δίνονται, μεταβάλουν όμως σημαντικά τη συνολική συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος, αυξάνοντας την τάξη του παρονομαστή του κατά 1 και ειδικότερα αν περιέχουν ολοκληρωτικό μέρος, το οποίο έχει s τόσο στον αριθμητή όσο και στον παρονομαστή.**