

# Εισαγωγή στη Ρομποτική Σερβοκινητήρες

Π. ΑΣΒΕΣΤΑΣ

E-Mail: [pasv@uniwa.gr](mailto:pasv@uniwa.gr)

1

## Σερβοκινητήρας

- Είναι περιστροφικός ή γραμμικός ενεργοποιητής (actuator) που επιτρέπει τον ακριβή έλεγχο της γραμμική ή περιστροφικής θέσης, ταχύτητας ή επιτάχυνσης του άξονά του.
- Αποτελείται:
  - Από κατάλληλο κινητήρα
  - Αισθητήρα θέσης
  - Κύκλωμα ελέγχου



{ 2 }

2

## Σερβοκινητήρας

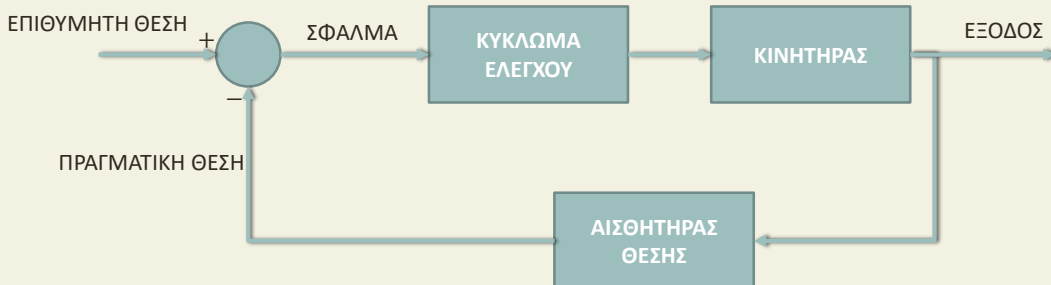
- Τύποι σερβοκινητήρων:
  - **Βηματικής περιστροφής (positional rotation):** ο άξονας του κινητήρα μπορεί να περιστραφεί σε συγκεκριμένες θέσεις μεταξύ  $0^\circ$  και  $180^\circ$ . Εξωτερικό σήμα ελέγχου καθορίζει τη γωνία περιστροφής
  - **Συνεχούς περιστροφής (continuous rotation):** περιστρέφεται αριστερόστροφα ή δεξιόστροφα συνεχώς. Εξωτερικό σήμα ελέγχου καθορίζει τη φορά και την ταχύτητα περιστροφής.
  - **Γραμμικής κίνησης (linear):** προκαλεί γραμμική κίνηση ενός άξονα (η περιστροφική κίνηση του άξονα του κινητήρα μετατρέπεται σε γραμμική).

[ 3 ]

3

## Σερβοκινητήρας θέσης

- Είναι ένα σύστημα κλειστού βρόγχου (closed-loop) όπου η πραγματική θέση του άξονα του κινητήρα συγκρίνεται συνεχώς με την επιθυμητή θέση και μεταβάλλεται μέχρι να μηδενιστεί η μεταξύ τους διαφορά.

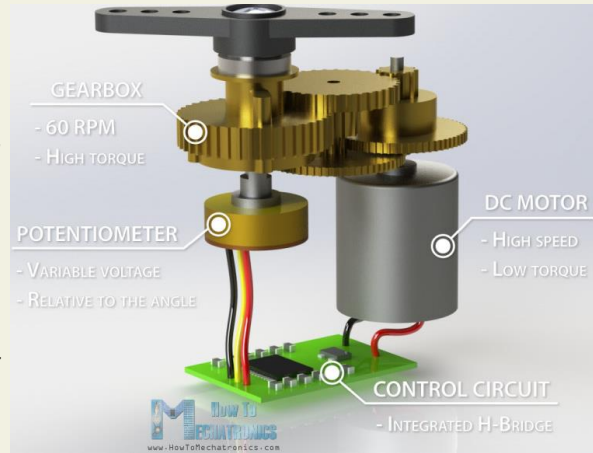


[ 4 ]

4

## Σερβοκινητήρας

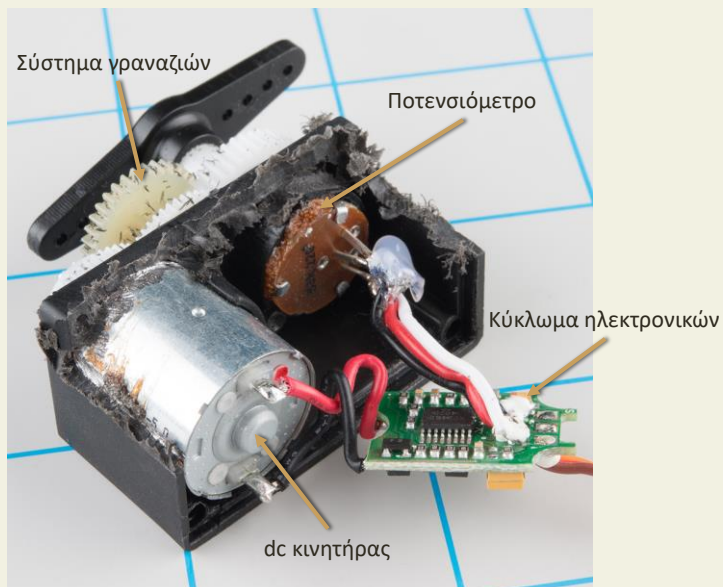
- Περιλαμβάνει:
  - Κινητήρα dc υψηλής ταχύτητας περιστροφής και χαμηλής ροπής.
  - Σύστημα γραναζιών για την αύξηση της ροπής (ταυτόχρονη μείωση ταχύτητας περιστροφής).
  - Ποτενσιόμετρο που λειτουργεί ως αισθητήρας θέσης (παράγει τάση ανάλογη με τη θέση του άξονα).
  - Κύκλωμα ελέγχου που παράγει σήμα για τη διόρθωση της θέσης του άξονα του κινητήρα



5

5

## Σερβοκινητήρας

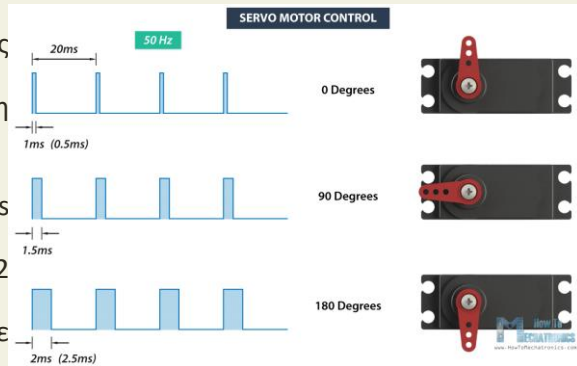


6

6

## Σερβοκινητήρας

- Ο έλεγχος της θέσης γίνεται μέσω κατάλληλης ακολουθίας παλμών τάσης.
- Συνήθως, η ακολουθία παλμών τάσης έχει συχνότητα 50 Hz (περίοδος 20 ms).
- Η διάρκεια κάθε παλμού καθορίζει τη γωνία περιστροφής.
- **Συνήθως** ισχύει:
  - Γωνία 0°: διάρκεια παλμού από 0,5 ms έως 1 ms.
  - Γωνία 180°: διάρκεια παλμού από 2 ms έως 2,5 ms.
  - Ενδιάμεσες γωνίες: αντιστοιχούν με γραμμικό τρόπο σε διάρκεια παλμού.



{ 7 }

7

## Σερβοκινητήρας

### Παράδειγμα

Σε έναν σερβοκινητήρα ισχύουν τα ακόλουθα:

- Παλμός διάρκειας 0,6 ms αντιστοιχεί σε περιστροφή 0°
- Παλμός διάρκειας 2,4 ms αντιστοιχεί σε περιστροφή 180°

Να βρεθεί ποια πρέπει να είναι η διάρκεια του παλμού για περιστροφή 40°.

{ 8 }

8

## Σερβοκινητήρας

### Παράδειγμα (Λύση)

Θα βρούμε τη γραμμική σχέση μεταξύ διάρκειας παλμού  $t_{on}$  και γωνίας περιστροφής  $\theta$ :

$$t_{on} = 0,6 + \frac{2,4 - 0,6}{180 - 0} \theta \Rightarrow t_{on} = 0,6 + 0,01\theta$$

Για  $\theta = 40^\circ$  θα είναι:

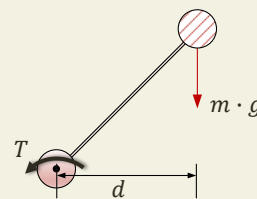
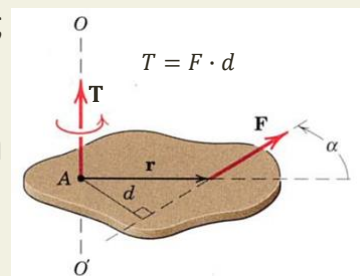
$$t_{on} = 0,6 + 0,01 \cdot 40 = 1 \text{ ms}$$

[ 9 ]

9

## Σερβοκινητήρας

- **Ροπή:** Η “τάση” για περιστροφή ενός σώματος γύρω από έναν άξονα, υπό την επίδραση δύναμης.
- Είναι το γινόμενο της δύναμης επί την **κάθετη** απόσταση από το σημείο περιστροφής.
- Μονάδα ροπής στο SI:  $\text{N} \cdot \text{m}$
- Στους κινητήρες δίνεται σε μονάδες  **$\text{kg} \cdot \text{cm}$** .
- Εάν ένα αντικείμενο μάζας  $m$  βρίσκεται σε απόσταση  $d$  από ένα σημείο περιστροφής, τότε χρειάζεται ροπή  $T = (m \cdot g)d$  για να συγκρατηθεί ( $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ).

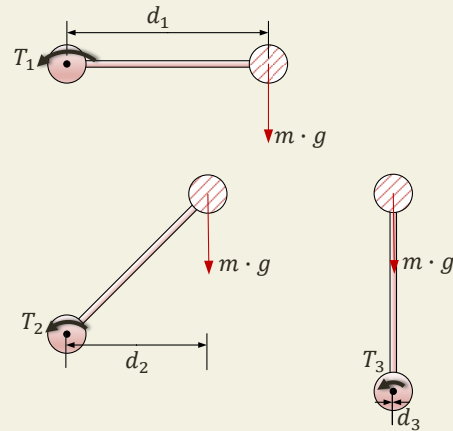


[ 10 ]

10

## Σερβοκινητήρας

- Για τον υπολογισμό της ροπής που πρέπει να έχει ένας κινητήρας για να συγκρατεί ένα φορτίο, χρησιμοποιούμε τη “χειρότερη” περίπτωση.
  - Για ένα σώμα δεδομένης μάζας, η δύναμη (βάρος) που εξασκεί θα είναι πάντα  $m \cdot g$ .
  - Η μέγιστη ροπή που χρειάζεται για την ισορροπία του θα προκύψει όταν η κάθετη απόσταση ως προς τη δύναμη γίνει μέγιστη  $\Rightarrow$  1<sup>η</sup> περίπτωση (μήκος  $d_1$ ).



( 11 )

11

## Σερβοκινητήρας

- Χειρότερη περίπτωση σε βραχίονα: πλήρως οριζοντιωμένος.
- Στον υπολογισμό της ροπής ενός κινητήρας πρέπει να ληφθούν υπόψη:
  - Το βάρος του αντικειμένου που συγκρατεί ο τελικός επενεργητής
  - Το βάρος των κινητήρων
  - Το βάρος των συνδέσμων
  - Η ροπή αδράνειας
- Για τους υπολογισμούς θεωρείται ότι:
  - το βάρος των αντικειμένων είναι στο κέντρο μάζας αυτών.
  - Το κέντρο μάζας των συνδέσμων βρίσκεται στο μέσο του μήκους τους.

( 12 )

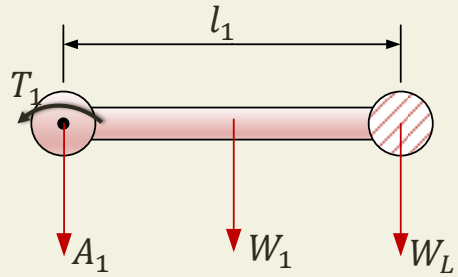
12

## Σερβοκινητήρας

- Παράδειγμα (1 άρθρωση)
  - Φορτίο με βάρος  $W_L$ .
  - Άρθρωση (σερβοκινητήρας) με βάρος  $A_1$ .
  - Σύνδεσμος με βάρος  $W_1$ .
  - Ροπή κινητήρα για ισορροπία φορτίου:

$$T_1 = l_1 W_L + \frac{1}{2} l_1 W_1$$

(το βάρος του κινητήρα δεν επηρεάζει)



[ 13 ]

13

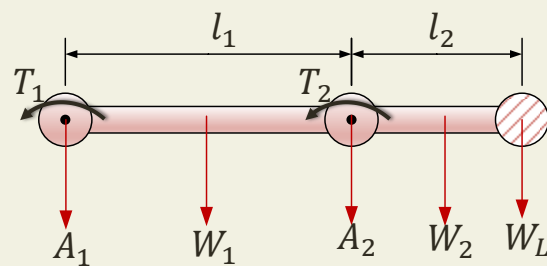
## Σερβοκινητήρας

- Παράδειγμα (2 αρθρώσεις)
  - Φορτίο με βάρος  $W_L$ .
  - Αρθρώσεις με βάρος  $A_1$  και  $A_2$ .
  - Σύνδεσμοι με βάρος  $W_1$  και  $W_2$ .
  - Ροπή 1<sup>ης</sup> άρθρωσης:

$$T_1 = \frac{1}{2} l_1 W_1 + l_1 A_2 + \left( l_1 + \frac{1}{2} l_2 \right) W_2 + (l_1 + l_2) W_L$$

- Ροπή 2<sup>ης</sup> άρθρωσης:

$$T_2 = \frac{1}{2} l_2 W_2 + l_2 W_L$$



[ 14 ]

14

## Σερβοκινητήρας

- Στον υπολογισμό της **ροπής αδράνειας** ενός κινητήρα, πρέπει να ληφθεί υπόψη και η ροπή αδράνειας.
- Η ροπή αδράνειας έχει στην περιστροφική κίνηση έναν ρόλο αντίστοιχο με αυτόν της μάζας στην γραμμική.
- Η ροπή αδράνειας σχετίζεται με την ικανότητα που έχουν τα σώματα να αντιστέκονται σε μεταβολές της περιστροφικής τους κατάστασης.
- Όσο μεγαλύτερη ροπή αδράνειας έχει ένα σώμα, τόσο δυσκολότερα περιστρέφεται.

{ 15 }

15

## Σερβοκινητήρας

- Ο υπολογισμός της ροπής αδράνειας των στοιχείων ενός βραχίονα είναι γενικά δύσκολος.
- Εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως το σχήμα (π.χ. κυλινδρικό ή ορθογώνιο), τη σύσταση (κούφιο ή στερεό) του αντικειμένου κ.λπ.
- Εμπειρικός κανόνας: ο υπολογισμός της ροπής λόγω των βαρών των στοιχείων διπλασιάζεται για να ληφθεί υπόψη και η ροπή αδράνειας.

{ 16 }

16