

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

8

Η ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

8.1 Γενικές έννοιες

8.2 Βασικά φυσικά μεγέθη και σχέσεις τους

8.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Στις μηχανολογικές εφαρμογές το πιο σημαντικό είδος κίνησης είναι η περιστροφική. Οι λόγοι είναι οι εξής:

Μηχανή είναι μια διάταξη (κατασκευή) που μετατρέπει ενέργεια από κάποια μορφή σε κάποια άλλη. Το μηχανικό έργο “παράγεται” από μια δύναμη που μετακινεί το σημείο εφαρμογής της. Το έργο τότε είναι $W = F l$, όπου W το έργο, F η δύναμη και l η μετακίνηση.

Η ανάγκη για “παραγωγή” μεγάλης ποσότητας έργου επιβάλλει πολύ μεγάλες μετακινήσεις του σημείου εφαρμογής της δύναμης, αφού το μέγεθός της δεν μπορεί να έχει απεριόριστα μεγάλες τιμές. Οι διαστάσεις όμως των μηχανών και των χώρων λειτουργίας τους είναι περιορισμένες. Έτσι επιβάλλεται ως εφικτή μορφή ευθύγραμμης μετακίνησης μεγάλου μήκους, η **παλινδρομική**. Αυτή όμως έχει ένα σημαντικό μειονέκτημα: περιοδικά μηδενίζεται η ταχύτητα (σταματάει η κίνηση) στα σημεία αλλαγής φοράς και κατά συνέπεια η “παραγωγή” έργου δεν είναι ομαλή και συνεχής.

Έτσι αναδεικνύεται η μεγάλη σημασία της περιστροφικής κίνησης η οποία μπορεί να δώσει ομαλή και συνεχή μετακίνηση απεριόριστου μήκους χωρίς μεγάλες διαστάσεις μηχανισμών. Είναι είτε κύρια κίνηση μηχανών και εργομηχανών (στροβιλομηχανές, ηλεκτροκινητήρες, αντλίες), είτε προκύπτει από μετατροπή της κύριας κίνησης με το μηχανισμό διωστήρα-στροφάλου (παλινδρομικές μηχανές).

Το αίτιο της περιστροφικής κίνησης είναι η **ροπή**, η μετάδοση της οποίας, από το σημείο “παραγωγής” στο σημείο αξιοποίησης, είναι αρκετά εύκολη.

Για τους παραπάνω λόγους τα εξαρτήματα που συντελούν στην υποστήριξη (άξονες, άτρακτοι, στροφείς, έδρανα, σύνδεσμοι), τη μετάδοση (οδοντωτοί τροχοί, ιμάντες, τροχαλίες, αλυσίδες) και τη μετατροπή (διωστήρες, στρόφαλα) της περιστροφικής κίνησης έχουν μεγάλη σημασία για τη Μηχανολογία και είναι από τα πιο σημαντικά Στοιχεία Μηχανών.

8.2 ΒΑΣΙΚΑ ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΣΧΕΣΕΙΣ ΤΟΥΣ

**Διδακτικοί στόχοι:**

Να αναφέρετε και να ορίζετε τα βασικά φυσικά μεγέθη που αφορούν την περιστροφική κίνηση και να διατυπώνετε τις σχέσεις που τα συνδέουν, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες μονάδες μέτρησης



Να κάνετε απλές αριθμητικές εφαρμογές των σχέσεων αυτών

Το αίτιο περιστροφής οποιασδήποτε ατράκτου (και οποιουδήποτε τροχού συνδέεται με αυτήν) είναι η **ροπή**. Η ροπή παράγεται από δύναμη που ενεργεί σε διεύθυνση που δεν περνά από τον (γεωμετρικό) άξονα της ατράκτου, αλλά απέχει απόσταση R από αυτόν. Είναι δε το μέγεθός της

$$M = F R \quad (8.2 \alpha)$$

Η περιστροφική κίνηση χαρακτηρίζεται από τη γωνιακή ταχύτητα $\omega = \phi / t$ και από την κυκλική συχνότητα $f = c / t$, όπου ϕ το τόξο και c οι κύκλοι που διανύονται σε χρόνο t .

Στη μηχανολογία χρησιμοποιείται πολύ η κυκλική συχνότητα με την ονομασία **ταχύτητα περιστροφής ή «στροφές»** που συνήθως μετριούνται ανά λεπτό :

$$n = c / \text{min} \text{ (ή R.P.M.)} \quad (8.2 \beta)$$

Ισχύουν δε οι σχέσεις $\omega = 2\pi f$ και $\omega = 2\pi n$.

Αν φανταστούμε κάποιο σημείο που απέχει απόσταση R από το κέντρο (άξονα) περιστροφής (π.χ. σημείο της περιφέρειας ενός τροχού ή μιας τροχαλίας), τότε υπάρχει και η **περιφερειακή ταχύτητα** $v = l / t$, όπου l το μήκος του τόξου που διανύει το σημείο σε χρόνο t .

Είναι δε $v = \omega R$ και κατά συνέπεια

$$v = 2\pi n R = \pi d n \quad (8.2 \gamma)$$

Ας σημειωθεί ότι στη μηχανολογία χρησιμοποιούμε σχεδόν αποκλειστικά τη διάμετρο d και όχι την ακτίνα R , γιατί η διάμετρος μετριέται πιο εύκολα.

Επειδή το έργο είναι $W = F l$, η ισχύς θα είναι $P = W / t = F l / t$.

Όμως $l/t = v$, άρα $P = Fv$ ή $P = F 2\pi n R$. Αφού δε η ροπή είναι $M = FR$, θα είναι $P = M 2\pi n$ και επομένως $M = P/2\pi n$. Αν η ροπή μετρηθεί σε daN.m (= 10 N.m = 1 Κρ.μ περίπου), η ισχύς σε PS και η ταχύτητα περιστροφής σε στροφές ανά λεπτό, η σχέση γράφεται

$$M = 716,2 \frac{P}{n} \quad (8.2 \delta)$$

Η τελευταία σχέση είναι πολύ σημαντική για τη μετάδοση της περιστροφικής κίνησης από κινητήριο (1) σε κινούμενο (2) άξονα. Μας λέει ότι για τη μεταφορά σταθερής ισχύος από τον (1) στον (2), οι ροπές των αξόνων είναι αντιστρόφως ανάλογες των στροφών τους.

Πράγματι, αφού $P_1 = P_2$ (το έργο και η ισχύς δεν μπορούν με τη μετάδοση ούτε να πολλαπλασιασθούν ούτε να μειωθούν), θα είναι $M_1 n_1 = M_2 n_2$ και κατά συνέπεια

$$M_1 / M_2 = n_2 / n_1 \quad (8.2 \epsilon)$$

Έτσι εξηγείται η διαφορετική συμπεριφορά των ταχυτήτων του αυτοκινήτου. Το γρανάζι π.χ. που αντιστοιχεί στην 1η ταχύτητα (κινούμενο) είναι μεγαλύτερο από αυτό π.χ. της 3ης (επίσης κινούμενο). Άρα για τις ίδιες στροφές του κινητήρα (κινητήριο γρανάζι) και περίπου την ίδια ισχύ, η 1η δίνει στους τροχούς λιγότερες στροφές (μικρότερη ταχύτητα κίνησης), αλλά μεγαλύτερη ροπή (τράβηγμα) από την 3η ταχύτητα.

Το αντίστοιχο ισχύει και για τους αλυσοτροχούς των ποδηλάτων με ταχύτητες. Όσο μεγαλύτερος είναι ο κινούμενος αλυσοτροχός τόσο μεγαλώνει η ροπή (χρήσιμο στον ανήφορο), αλλά ταυτόχρονα μειώνονται οι στροφές (ταχύτητα) του τροχού και του ποδηλάτου. Έτσι, για να πάμε γρήγορα, χρειάζονται πολλές στροφές του κινητήριου τροχού (πεντάλ).

Αυτό ισοδυναμεί με τη γνωστή διατύπωση της Φυσικής που είναι αποτέλεσμα της Αρχής διατήρησης της ενέργειας: «Ό,τι κερδίζουμε σε δύναμη (ροπή), το χάνουμε σε δρόμο (στροφές)».

Μια πολύ σημαντική έννοια στη μετάδοση της περιστροφικής κίνησης είναι η “**σχέση μετάδοσης**” i . Ορίζεται ως ο λόγος στροφών των δύο αξόνων, είναι δηλαδή

$$i = n_2 / n_1 \quad (8.2 \sigma\tau)$$

Πολλές φορές στη βιβλιογραφία και στα τεχνικά εγχειρίδια των κατα-

σκευαστών η σχέση μετάδοσης συναντιέται με τη μορφή $i = n_1 / n_2$.

Τις τιμές και τις χρήσεις της έννοιας αυτής θα εξετάσουμε σε κάθε έναν από τους συνηθισμένους τρόπους μετάδοσης κίνησης (οδοντοκίνηση, ιμαντοκίνηση, αλυσοκίνηση). Εδώ θα εξετάσουμε τη σχέση της με τις διαμέτρους των τροχών (γρاناζιών, τροχαλίων, αλυσοτροχών) που συνεργάζονται.

Όπως θα αποδείξουμε κατά την εξέταση καθεμιάς από τις μεταδόσεις, οι συνεργαζόμενοι τροχοί έχουν κοινή περιφερειακή ταχύτητα u . Είναι όμως $v = \pi d n$ και αφού $v_1 = v_2$ θα είναι και $\pi d_1 n_1 = \pi d_2 n_2$ κατά συνέπεια.

$$d_1 / d_2 = n_2 / n_1 \quad (8.2 \zeta)$$

Αυτό σημαίνει ότι **οι στροφές των τροχών είναι αντιστρόφως ανάλογες των διαμέτρων τους.**

Τέλος μια άλλη σημαντική έννοια είναι ο «**βαθμός απόδοσης**» της μετάδοσης. Ορίζεται ως ο λόγος των ισχύων των αξόνων (ισχύς κινούμενου προς ισχύ κινητήριου). Ανάλογα με το είδος και την ποιότητα κατασκευής των στοιχείων της μετάδοσης έχει τιμές από 0,94 ως 0,99 (94% - 99%). Οι απώλειες ισχύος (1% - 6%) οφείλονται κυρίως στις τριβές.

Ας σημειωθεί ότι οι απώλειες τριβών εξαιτίας των στοιχείων υποστήριξης της κίνησης (στροφείς, έδρανα) είναι πιο μεγάλες και θα εξετασθούν στις αντίστοιχες ενότητες μαζί με τους τρόπους περιορισμού τους.