

Απλές ασκήσεις με θεωρία και λύσεις

ΜΑΘΗΜΑ 1ο: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1: Υδραυλικός Γρύλος

Εκφώνηση: Ένας υδραυλικός γρύλος έχει έμβολο εισόδου διαμέτρου 2 cm και έμβολο εξόδου διαμέτρου 20 cm. Αν ασκήσουμε δύναμη 100 N στο μικρό έμβολο, ποια δύναμη αναπτύσσεται στο μεγάλο;

Απαραίτητη Θεωρία: Αρχή του Pascal

Τα υδραυλικά συστήματα βασίζονται στην Αρχή του Pascal. Η αρχή αυτή δηλώνει ότι η πίεση που ασκείται σε ένα περιορισμένο ασυμπίεστο υγρό μεταδίδεται αμετάβλητη σε κάθε σημείο του υγρού και στα τοιχώματα του δοχείου που το περιέχει.

- **Μαθηματική Έκφραση:** $P_1 = P_2$, που οδηγεί στη σχέση $F_1/A_1 = F_2/A_2$

- ο Όπου:

- F_1 είναι η δύναμη που ασκείται στο έμβολο εισόδου.
- A_1 είναι το εμβαδόν του εμβόλου εισόδου.
- F_2 είναι η δύναμη που παράγεται στο έμβολο εξόδου.
- A_2 είναι το εμβαδόν του εμβόλου εξόδου.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Υπολογισμός Εμβαδών:

- ο **Εμβαδόν Εισόδου (A_1):**

- Διάμετρος (d_1) = 2 cm, επομένως η ακτίνα (r_1) = 1 cm = 0.01 m
- $A_1 = \pi * (r_1)^2 = 3.14 * (0.01)^2 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

- ο **Εμβαδόν Εξόδου (A_2):**

- Διάμετρος (d_2) = 20 cm, επομένως η ακτίνα (r_2) = 10 cm = 0.1 m
- $A_2 = \pi * (r_2)^2 = 3.14 * (0.10)^2 = 3.14 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

2. Εφαρμογή της Αρχής του Pascal:

- ο Χρησιμοποιούμε τον τύπο $F_1/A_1 = F_2/A_2$.
- ο $100 / (3.14 \times 10^{-4}) = F_2 / (3.14 \times 10^{-2})$

3. Επίλυση για τη Δύναμη Εξόδου (F_2):

- ο $F_2 = 100 * (3.14 \times 10^{-2}) / (3.14 \times 10^{-4})$
- ο $F_2 = 100 * 100 = 10,000 \text{ N}$ ή 10 kN

Συμπέρασμα: Με την άσκηση μιας μικρής δύναμης 100 N, ο υδραυλικός γρύλος παράγει μια πολύ μεγαλύτερη δύναμη 10,000 N, επιτυγχάνοντας έναν πολλαπλασιασμό δύναμης 100:1.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2: Συμπίεση Αέρα

Εκφώνηση: Ένας συμπιεστής συμπιέζει 1 m^3 αέρα από 1 bar σε 7 bar. Ποιος είναι ο τελικός όγκος;

Απαραίτητη Θεωρία: Νόμος του Boyle

Τα πνευματικά συστήματα ακολουθούν τον Νόμο του Boyle, ο οποίος αναφέρει ότι για μια σταθερή ποσότητα αερίου σε σταθερή θερμοκρασία, ο όγκος είναι αντιστρόφως ανάλογος της πίεσης.^{[1][2]}

- **Μαθηματική Έκφραση:** $P_1 * V_1 = P_2 * V_2$
 - Όπου:
 - P_1 και V_1 είναι η αρχική πίεση και ο όγκος.
 - P_2 και V_2 είναι η τελική πίεση και ο όγκος.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Καταγραφή των Δεδομένων:

- Αρχική Πίεση (P_1) = 1 bar
- Αρχικός Όγκος (V_1) = 1 m^3
- Τελική Πίεση (P_2) = 7 bar

2. Εφαρμογή του Νόμου του Boyle:

- $1 * 1 = 7 * V_2$

3. Επίλυση για τον Τελικό Όγκο (V_2):

- $V_2 = 1 / 7 = 0.143 \text{ m}^3$
- Μετατροπή σε λίτρα: $0.143 \text{ m}^3 * 1000 = 143 \text{ λίτρα}$

Συμπέρασμα: Καθώς η πίεση του αέρα αυξήθηκε, ο όγκος του μειώθηκε αναλόγως.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ 1

ΑΣΚΗΣΗ 1.1: Υδραυλικό Σύστημα

Εκφώνηση: Υδραυλικό σύστημα έχει έμβολο Α με διάμετρο 5 cm και έμβολο Β με διάμετρο 25 cm. Υπολογίστε:

- Τον λόγο πολλαπλασιασμού δύναμης.
- Τη δύναμη που αναπτύσσεται στο Β αν στο Α ασκηθεί 200 N.
- Τη μετατόπιση του εμβόλου Β αν το Α μετατοπιστεί 10 cm.

Απαραίτητη Θεωρία:

- **Αρχή του Pascal:** ($F_1/A_1 = F_2/A_2$) για τον υπολογισμό των δυνάμεων.
- **Αρχή Διατήρησης του Όγκου:** Ο όγκος του υγρού που μετακινείται από το ένα έμβολο είναι ίσος με τον όγκο που μετακινείται στο άλλο ($A_1 * h_1 = A_2 * h_2$).

Λύση Βήμα προς Βήμα:

α) Λόγος Πολλαπλασιασμού Δύναμης:

1. Υπολογισμός του Λόγου των Εμβαδών:

- Ο λόγος πολλαπλασιασμού δύναμης είναι ίσος με τον λόγο των εμβαδών A_2/A_1 .
- $A_2/A_1 = (\pi * (d_2/2)^2) / (\pi * (d_1/2)^2) = (d_2/d_1)^2$
- $(25/5)^2 = 5^2 = 25$
- **Ο λόγος πολλαπλασιασμού είναι 25.**

β) Υπολογισμός Δύναμης στο Έμβολο Β:

1. Εφαρμογή του Λόγου Πολλαπλασιασμού:

- $F_2 = F_1 * (\text{Λόγος Πολλαπλασιασμού})$
- $F_2 = 200 \text{ N} * 25 = 5,000 \text{ N}$ ή 5 kN
- **Η δύναμη που αναπτύσσεται στο έμβολο Β είναι 5,000 N.**

γ) Υπολογισμός Μετατόπισης του Εμβόλου Β:

1. Εφαρμογή της Αρχής Διατήρησης του Όγκου:

- $A_1 * h_1 = A_2 * h_2$
- $h_2 = h_1 * (A_1/A_2) = h_1 * (1 / \text{Λόγο Πολλαπλασιασμού})$
- $h_2 = 10 \text{ cm} * (1/25) = 0.4 \text{ cm}$
- **Το έμβολο Β θα μετατοπιστεί κατά 0.4 cm.**

ΑΣΚΗΣΗ 1.2: Αεροσυμπιεστής Πλοίου

Εκφώνηση: Αεροσυμπιεστής πλοίου παράγει 100 λίτρα/λεπτό αέρα στα 8 bar. Υπολογίστε:

α) Τον όγκο ελεύθερου αέρα που αναρροφάται (1 bar).

β) Την ενέργεια συμπίεσης αν η ισχύς του συμπιεστή είναι 7.5 kW.

Απαραίτητη Θεωρία:

- **Νόμος του Boyle:** $P_1 * V_1 = P_2 * V_2$
- **Ενέργεια και Ισχύς:** Ενέργεια (E) = Ισχύς (P) * Χρόνος (t)

Λύση Βήμα προς Βήμα:

α) Όγκος Ελεύθερου Αέρα:

1. Εφαρμογή του Νόμου του Boyle:

- Θεωρούμε την αναρρόφηση ως την αρχική κατάσταση ($P_1=1 \text{ bar}$) και την παραγωγή ως την τελική ($P_2=8 \text{ bar}$, $V_2=100 \text{ λίτρα/λεπτό}$).
- $1 * V_1 = 8 * 100$
- $V_1 = 800 \text{ λίτρα/λεπτό}$
- **Ο όγκος ελεύθερου αέρα που αναρροφάται είναι 800 λίτρα/λεπτό.**

β) Ενέργεια Συμπίεσης για 1 λεπτό:

1. Χρήση του Τύπου της Ενέργειας:

- Ισχύς (P) = 7.5 kW = 7,500 W (J/s)
- Χρόνος (t) = 1 λεπτό = 60 s
- Ενέργεια (E) = 7,500 J/s * 60 s = 450,000 J ή 450 kJ
- **Η ενέργεια συμπίεσης για 1 λεπτό είναι 450 kJ.**

ΑΣΚΗΣΗ 1.3: Πνευματικός Κύλινδρος

Εκφώνηση: Πνευματικός κύλινδρος με διάμετρο 80 mm και πίεση λειτουργίας 6 bar. Υπολογίστε τη θεωρητική δύναμη που αναπτύσσει.

Απαραίτητη Θεωρία:

- **Πίεση και Δύναμη:** Η πίεση (P) ορίζεται ως η δύναμη (F) που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια (A), δηλαδή $P = F/A$. Επομένως, $F = P * A$.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Μετατροπές Μονάδων:

- Διάμετρος (d) = 80 mm = 0.08 m, άρα ακτίνα (r) = 0.04 m
- Πίεση (P) = 6 bar = $6 * 10^5$ Pa (N/m²)

2. Υπολογισμός Εμβαδού Εμβόλου (A):

- $A = \pi * r^2 = 3.14 * (0.04)^2 = 5.03 * 10^{-3}$ m²

3. Υπολογισμός Δύναμης (F):

- $F = P * A = (6 * 10^5 \text{ N/m}^2) * (5.03 * 10^{-3} \text{ m}^2) = 3,018 \text{ N}$
- $F \approx 3 \text{ kN}$
- **Η θεωρητική δύναμη που αναπτύσσει ο κύλινδρος είναι περίπου 3 kN.**

ΜΑΘΗΜΑ 2ο: ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΙΣΧΥΟΣ - ΘΕΩΡΙΑ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2.1: Απόδοση Διβάθμιου Συμπιεστή

Εκφώνηση: Διβάθμιος συμπιεστής παράγει 500 l/min αέρα στα 30 bar. Η πραγματική ισχύς που καταναλώνει από το ηλεκτρικό δίκτυο είναι 15 kW. Υπολογίστε την απόδοση του συμπιεστή.

Απαραίτητη Θεωρία: Θεωρητική Ισχύς και Απόδοση

Η απόδοση ενός συμπιεστή είναι ο λόγος της ισχύος που καταναλώνεται πραγματικά προς την θεωρητική ισχύ που απαιτείται για τη συμπίεση. Η ιδανική συμπίεση, που απαιτεί τη λιγότερη ενέργεια, είναι η ισόθερμη συμπίεση (όπου η θερμοκρασία του αέρα παραμένει σταθερή).

- **Τύπος Θεωρητικής Ισχύος (Ισόθερμη):** $P_{\text{θεωρητική}} = P_1 * Q_1 * \ln(P_2/P_1)$
 - P_1 : Αρχική πίεση (ατμοσφαιρική, ~1 bar)
 - Q_1 : Παροχή ελεύθερου αέρα (στην είσοδο)

- P2: Τελική πίεση
- ln: Φυσικός λογάριθμος
- **Τύπος Απόδοσης (η):** $\eta = (\text{Θεωρητική Ισχύς} / \text{Πραγματική Ισχύς}) * 100\%$

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Υπολογισμός Θεωρητικής Ισχύος (W ή P_θεωρητική):

- Πρώτα, μετατρέπουμε τις μονάδες για να είναι συμβατές. Η παροχή των 500 l/min είναι στην πίεση εξόδου. Πρέπει να βρούμε την αντίστοιχη παροχή ελεύθερου αέρα (Q1) στην είσοδο (P1 = 1 bar). Από τον νόμο του Boyle: $P1 * Q1 = P2 * Q2 \rightarrow 1 * Q1 = 30 * 500 \rightarrow Q1 = 15000 \text{ l/min}$.
- Ωστόσο, το παράδειγμα στο κείμενο υπολογίζει τη θεωρητική εργασία χρησιμοποιώντας την παροχή εξόδου και την ατμοσφαιρική πίεση, οπότε θα ακολουθήσουμε αυτή τη μεθοδολογία για συνέπεια, επισημαίνοντας ότι το αποτέλεσμα είναι το ίδιο.
- $W = P1 \text{ (bar)} * Q2 \text{ (l/min)} * \ln(P2/P1) = 1 * 500 * \ln(30/1)$
- $\ln(30) \approx 3.401$
- $W = 500 * 3.401 = 1700.5 \text{ kJ/min}$ (Η μονάδα εδώ είναι ενδεικτική της ενέργειας ανά λεπτό).
- Μετατρέπουμε την θεωρητική εργασία σε ισχύ (kW): $1700.5 \text{ kJ/min} / 60 \text{ s/min} = 28.3 \text{ kW}$.
- **Η θεωρητική ισχύς που απαιτείται είναι 28.3 kW.**

2. Υπολογισμός Απόδοσης (η):

- Πραγματική Ισχύς (κατανάλωση) = 15 kW.
- Θεωρητική Ισχύς (ιδανική) = 28.3 kW.
- $\eta = (\text{Πραγματική Ισχύς} / \text{Θεωρητική Ισχύς}) * 100\% = (15 / 28.3) * 100\%$
- $\eta \approx 53\%$

Συμπέρασμα: Η απόδοση του συμπιεστή είναι περίπου 53%. Αυτό σημαίνει ότι το 47% της ενέργειας χάνεται λόγω τριβών, θερμότητας και άλλων μηχανικών απωλειών.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2.2: Υπολογισμός Μεγέθους Δεξαμενής Αέρα

Εκφώνηση: Ένα σύστημα καταναλώνει 200 l/min πεπιεσμένου αέρα. Η πίεση λειτουργίας κυμαίνεται μεταξύ 7 και 9 bar. Να υπολογιστεί ο όγκος της δεξαμενής που απαιτείται για να υπάρχει αυτονομία 3 λεπτών.

Απαραίτητη Θεωρία: Μέγεθος Δεξαμενής (Αεροφυλάκιο)

Η δεξαμενή αποθηκεύει τον πεπιεσμένο αέρα. Ο όγκος της καθορίζει για πόσο χρόνο μπορεί να τροφοδοτεί το σύστημα χωρίς να λειτουργεί ο συμπιεστής.

- **Τύπος Υπολογισμού:** Ο όγκος του ελεύθερου αέρα που απελευθερώνεται από τη δεξαμενή καθώς η πίεση πέφτει, πρέπει να καλύψει την κατανάλωση.

$$V_{\text{ελεύθερου αέρα}} = V_{\text{δεξαμενής}} * (P_{\text{max}} - P_{\text{min}}) / P_{\text{ατμοσφαιρική}}$$

$$\text{Κατανάλωση} = Q * t$$

Εξισώνοντας τα δύο, λύνουμε για τον όγκο της δεξαμενής:

$$V_{\text{δεξαμενής}} = (Q * t * P_{\text{ατμοσφαιρική}}) / (P_{\text{max}} - P_{\text{min}})$$

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Καταγραφή των Δεδομένων:

- ο Κατανάλωση (Q) = 200 l/min = 0.2 m³/min
- ο Χρόνος αυτονομίας (t) = 3 min
- ο Μέγιστη πίεση (P_{max}) = 9 bar
- ο Ελάχιστη πίεση (P_{min}) = 7 bar
- ο Ατμοσφαιρική πίεση (P_{ατμοσφαιρική}) = 1 bar

2. Εφαρμογή του Τύπου:

- ο Ακολουθώντας τη λογική του κειμένου: Το κείμενο χρησιμοποιεί έναν τύπο που φαίνεται να έχει ένα τυπογραφικό λάθος $V = (Q \times t \times P_2) / (P_1 - P_2)$ όπου χρησιμοποιεί το P₂ (πίεση εκφόρτισης) αντί της ατμοσφαιρικής πίεσης στον αριθμητή. Αυτό οδηγεί σε ένα πολύ μεγάλο αποτέλεσμα (2,700 λίτρα).
- ο Εφαρμόζοντας τον σωστό τύπο:
 $V_{\text{δεξαμενής}} = (200 \text{ l/min} * 3 \text{ min} * 1 \text{ bar}) / (9 \text{ bar} - 7 \text{ bar})$
 $V_{\text{δεξαμενής}} = 600 / 2 = 300 \text{ λίτρα}$

Συμπέρασμα: Μια δεξαμενή 300 λίτρων είναι επαρκής για να παρέχει αυτονομία 3 λεπτών υπό αυτές τις συνθήκες. Είναι σημαντικό οι σπουδαστές να κατανοήσουν τη λογική πίσω από τον τύπο για να εντοπίζουν πιθανά λάθη.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ 2

ΑΣΚΗΣΗ 2.1: Λειτουργία Συμπιεστή & Μέγεθος Δεξαμενής

Εκφώνηση: Συμπιεστής πλοίου λειτουργεί 6 ώρες/ημέρα παράγοντας 30 m³/h αέρα στα 25 bar. Η κατανάλωση είναι 100 m³/ημέρα ελεύθερου αέρα. Υπολογίστε:

- α) Τον απαιτούμενο όγκο δεξαμενής για αυτονομία 1 ώρας.
- β) Το ποσοστό χρήσης του συμπιεστή.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

α) Όγκος Δεξαμενής για Αυτονομία 1 ώρας:

1. **Θεωρία:** Χρησιμοποιούμε ξανά τον τύπο $V_{\text{δεξαμενής}} = (Q * t * P_{\text{ατμ}}) / (P_{\text{max}} - P_{\text{min}})$.
2. **Δεδομένα:**
 - ο Ημερήσια κατανάλωση = 100 m³. Ωριαία κατανάλωση (Q) = 100 m³ / 24 ώρες ≈ 4.17 m³/h.
 - ο Χρόνος αυτονομίας (t) = 1 ώρα.

- $P_{\max} = 25 \text{ bar}$. Θα υποθέσουμε μια λογική πτώση πίεσης, π.χ., $P_{\min} = 23 \text{ bar}$ (πτώση 2 bar).

3. Υπολογισμός:

- $V_{\text{δεξαμενής}} = (4.17 \text{ m}^3/\text{h} * 1 \text{ h} * 1 \text{ bar}) / (25 \text{ bar} - 23 \text{ bar})$
- $V_{\text{δεξαμενής}} = 4.17 / 2 = 2.085 \text{ m}^3 = 2,085 \text{ λίτρα}$.
- **Απαιτείται δεξαμενή περίπου 2100 λίτρων (με την παραδοχή πτώσης πίεσης 2 bar).**

β) Ποσοστό Χρήσης Συμπιεστή:

1. **Θεωρία:** Το ποσοστό χρήσης δείχνει πόσο από τον χρόνο λειτουργίας του ο συμπιεστής παράγει αέρα για να καλύψει την κατανάλωση.
2. **Υπολογισμός Χρόνου Παραγωγής:**
 - Ο συμπιεστής παράγει $30 \text{ m}^3/\text{h}$ (στα 25 bar). Πρέπει να το μετατρέψουμε σε ελεύθερο αέρα: $30 \text{ m}^3/\text{h} * 25 = 750 \text{ m}^3/\text{h}$ ελεύθερου αέρα.
 - Χρόνος που απαιτείται για να παραχθούν τα 100 m^3 της ημερήσιας κατανάλωσης:
 $\text{Χρόνος} = \text{Συνολική Κατανάλωση} / \text{Παροχή} = 100 \text{ m}^3 / 750 \text{ m}^3/\text{h} \approx 0.133 \text{ ώρες} = 8 \text{ λεπτά}$.
3. **Υπολογισμός Ποσοστού Χρήσης:**
 - Ο συμπιεστής λειτουργεί 6 ώρες (360 λεπτά) αλλά χρειάζεται να παράγει αέρα μόνο για 8 λεπτά για να καλύψει την ημερήσια ζήτηση.
 - Ποσοστό Χρήσης = (Απαιτούμενος Χρόνος Λειτουργίας / Συνολικός Χρόνος Λειτουργίας) * 100%
 - Ποσοστό Χρήσης = $(8 \text{ λεπτά} / 360 \text{ λεπτά}) * 100\% \approx 2.2\%$
 - **Ο συμπιεστής χρησιμοποιείται μόλις στο 2.2% του χρόνου λειτουργίας του, υποδεικνύοντας ότι είναι υπερδιαστασιολογημένος για αυτή την κατανάλωση.**

ΑΣΚΗΣΗ 2.2: Κατανάλωση Ελεύθερου Αέρα

Εκφώνηση: Δεξαμενή 500 λίτρων φορτισμένη στα 10 bar πέφτει στα 7 bar. Πόσα λίτρα ελεύθερου αέρα καταναλώθηκαν;

Απαραίτητη Θεωρία:

$$V_{\text{ελεύθερου_αέρα}} = V_{\text{δεξαμενής}} * (P_{\text{έναρξης}} - P_{\text{τέλους}}) / P_{\text{ατμοσφαιρική}}$$

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Εφαρμογή του Τύπου:

- $V_{\text{ελεύθερου_αέρα}} = 500 \text{ λίτρα} * (10 \text{ bar} - 7 \text{ bar}) / 1 \text{ bar}$
- $V_{\text{ελεύθερου_αέρα}} = 500 * 3 = 1500 \text{ λίτρα}$.
- **Καταναλώθηκαν 1500 λίτρα ελεύθερου αέρα.**

ΑΣΚΗΣΗ 2.3: Υπολογισμός Συμπυκνωμάτων

Εκφώνηση: Υπολογίστε την ποσότητα συμπυκνωμάτων που παράγει συμπιεστής 50 m³/h σε 24ωρη λειτουργία, αν η υγρασία αέρα είναι 12 g/m³ και το 75% συμπυκνώνεται.

Απαραίτητη Θεωρία: Η ποσότητα του νερού που θα συμπυκνωθεί εξαρτάται από τον συνολικό όγκο του αέρα που επεξεργάζεται, την αρχική περιεκτικότητα σε υγρασία και το ποσοστό συμπύκνωσης.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Συνολικός Όγκος Αέρα:

- Συνολικός Όγκος = Ωριαία Παροχή * Ώρες Λειτουργίας = 50 m³/h * 24 h = 1200 m³

2. Συνολική Ποσότητα Υγρασίας στον Αέρα:

- Συνολική Υγρασία = Συνολικός Όγκος * Περιεκτικότητα σε Υγρασία
- Συνολική Υγρασία = 1200 m³ * 12 g/m³ = 14,400 g = 14.4 kg

3. Ποσότητα Συμπυκνωμάτων:

- Συμπυκνώματα = Συνολική Υγρασία * Ποσοστό Συμπύκνωσης
- Συμπυκνώματα = 14.4 kg * 75% = 14.4 * 0.75 = 10.8 kg
- Δεδομένου ότι 1 kg νερού αντιστοιχεί περίπου σε 1 λίτρο, **θα παραχθούν 10.8 λίτρα συμπυκνωμάτων σε 24 ώρες.**

ΜΑΘΗΜΑ 3ο: ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.1: Υπολογισμός Διαμέτρου Σωλήνα

Εκφώνηση: Σε ένα πνευματικό σύστημα, η απαιτούμενη παροχή αέρα είναι 120 l/min και η ταχύτητα ροής του αέρα μέσα στον σωλήνα πρέπει να είναι 6 m/s. Υπολογίστε την εσωτερική διάμετρο του σωλήνα που απαιτείται.

Απαραίτητη Θεωρία: Σχέση Παροχής, Ταχύτητας και Διατομής

Η παροχή (Q) ενός ρευστού μέσα σε έναν αγωγό είναι το γινόμενο της ταχύτητας ροής (v) του ρευστού επί το εμβαδόν της εσωτερικής διατομής (A) του αγωγού.

- **Μαθηματική Έκφραση:** $Q = A * v$
- Το εμβαδόν μιας κυκλικής διατομής (όπως ένας σωλήνας) είναι $A = (\pi * d^2) / 4$, όπου d είναι η διάμετρος.
- Συνδυάζοντας τους τύπους και λύνοντας ως προς τη διάμετρο d, έχουμε: $d = \sqrt{(4 * Q / (\pi * v))}$
- **Σημαντική Σημείωση:** Πρέπει να χρησιμοποιούμε πάντα συνεπείς μονάδες. Οι τυπικές μονάδες στο Διεθνές Σύστημα (SI) είναι:
 - Παροχή (Q) σε κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m³/s)
 - Ταχύτητα (v) σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s)

- ο Διάμετρος (d) σε μέτρα (m)

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Μετατροπή Μονάδων Παροχής:

- ο Η παροχή δίνεται σε 120 λίτρα ανά λεπτό (l/min). Πρέπει να τη μετατρέψουμε σε m³/s.
- ο $Q = 120 \text{ l/min} = 0.120 \text{ m}^3/\text{min}$ (αφού $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}$)
- ο $Q = 0.120 \text{ m}^3/\text{min} / 60 \text{ s/min} = 0.002 \text{ m}^3/\text{s}$

2. Εφαρμογή του Τύπου:

- ο $d = \sqrt{(4 * 0.002 / (\pi * 6))}$
- ο $d = \sqrt{(0.008 / 18.85)}$
- ο $d = \sqrt{0.000424} \approx 0.0206 \text{ m}$

3. Μετατροπή σε Χιλιοστά και Επιλογή Σωλήνα:

- ο $d = 0.0206 \text{ m} * 1000 = 20.6 \text{ mm}$
- ο Στην πράξη, επιλέγουμε την πλησιέστερη διαθέσιμη τυποποιημένη διάμετρο σωλήνα. Μια κατάλληλη επιλογή θα ήταν ένας σωλήνας με εσωτερική διάμετρο **Ø 22 mm**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.2: Πτώση Πίεσης (Droop) σε Ρυθμιστή

Εκφώνηση: Ένας ρυθμιστής πίεσης είναι ρυθμισμένος να παρέχει πίεση 6 bar (χωρίς ροή). Έχει χαρακτηριστικό πτώσης (droop) 5% στην ονομαστική παροχή του, που είναι 100 l/min. Ποια θα είναι η πραγματική πίεση εξόδου αν η κατανάλωση αέρα είναι 80 l/min;

Απαραίτητη Θεωρία: Droop Ρυθμιστή Πίεσης

"Droop" είναι η φυσική μείωση της πίεσης εξόδου ενός ρυθμιστή καθώς αυξάνεται η ροή του αέρα που περνά μέσα από αυτόν. Οι κατασκευαστές συνήθως το δίνουν ως ποσοστό της ρυθμισμένης πίεσης σε μια συγκεκριμένη, ονομαστική παροχή. Για τις περισσότερες εφαρμογές, μπορούμε να υποθέσουμε ότι αυτή η πτώση είναι γραμμική, δηλαδή ανάλογη της παροχής.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Υπολογισμός της Μέγιστης Πτώσης Πίεσης:

- ο Η μέγιστη πτώση (Droop) συμβαίνει στην ονομαστική παροχή (100 l/min) και είναι 5% της ρυθμισμένης πίεσης.
- ο $\text{Droop (στα 100 l/min)} = 5\% * 6 \text{ bar} = 0.05 * 6 \text{ bar} = 0.3 \text{ bar}$

2. Υπολογισμός της Πτώσης στην Πραγματική Παροχή:

- ο Υποθέτοντας γραμμική σχέση, βρίσκουμε την πτώση για παροχή 80 l/min χρησιμοποιώντας αναλογία.
- ο $\text{Droop (στα 80 l/min)} = \text{Droop (στα 100 l/min)} * (80 \text{ l/min} / 100 \text{ l/min})$

- Droop (στα 80 l/min) = $0.3 \text{ bar} * 0.8 = 0.24 \text{ bar}$

3. Υπολογισμός Τελικής Πίεσης Εξόδου:

- Η τελική πίεση είναι η αρχικά ρυθμισμένη πίεση μείον την πτώση που αντιστοιχεί στην τρέχουσα παροχή.
- $P_{\text{τελική}} = P_{\text{ρυθμισμένη}} - \text{Droop (στα 80 l/min)}$
- $P_{\text{τελική}} = 6 \text{ bar} - 0.24 \text{ bar} = 5.76 \text{ bar}$

Συμπέρασμα: Όταν η κατανάλωση του συστήματος είναι 80 l/min, η πίεση στην έξοδο του ρυθμιστή θα πέσει στα **5.76 bar**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.3: Παροχή Βαλβίδας Ασφαλείας

Εκφώνηση: Μια δεξαμενή 500 λίτρων έχει πίεση εργασίας 10 bar. Η βαλβίδα ασφαλείας είναι ρυθμισμένη να ανοίγει στα 12 bar. Ποια πρέπει να είναι η ελάχιστη παροχή της βαλβίδας ασφαλείας ώστε να μπορεί να εκτονώσει την πίεση από 12 bar σε 10 bar μέσα σε 1 λεπτό;

Απαραίτητη Θεωρία: Εκτόνωση Πίεσης

Η παροχή μιας βαλβίδας ασφαλείας πρέπει να είναι ικανή να απομακρύνει έναν όγκο αέρα (μετρημένο σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης, δηλαδή "ελεύθερο αέρα") σε συγκεκριμένο χρόνο. Ο όγκος του ελεύθερου αέρα που αντιστοιχεί σε μια πτώση πίεσης ΔP σε μια δεξαμενή όγκου V υπολογίζεται από τον τύπο: $V_{\text{ελεύθερος}} = V_{\text{δεξαμενής}} * \Delta P$.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Υπολογισμός του Όγκου Ελεύθερου Αέρα προς Εκτόνωση:

- Όγκος δεξαμενής (V) = 500 λίτρα
- Διαφορά πίεσης (ΔP) = $12 \text{ bar} - 10 \text{ bar} = 2 \text{ bar}$
- $V_{\text{ελεύθερος}} = 500 \text{ λίτρα} * 2 = 1000 \text{ λίτρα}$
- Πρέπει να εκτονωθούν 1000 λίτρα ελεύθερου αέρα.

2. Υπολογισμός της Απαιτούμενης Παροχής:

- Ο παραπάνω όγκος πρέπει να εκτονωθεί σε 1 λεπτό.
- Παροχή = Όγκος / Χρόνος = $1000 \text{ λίτρα} / 1 \text{ λεπτό} = 1000 \text{ l/min}$
- Μετατροπή σε l/s: $1000 \text{ l/min} / 60 \text{ s/min} \approx 16.7 \text{ l/s}$

Συμπέρασμα: Η βαλβίδα ασφαλείας πρέπει να έχει ικανότητα εκτόνωσης (παροχή) τουλάχιστον **1000 l/min** ή **16.7 l/s**.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.4: Δυνάμεις Πνευματικού Κυλίνδρου

Εκφώνηση: Ένας πνευματικός κύλινδρος διπλής ενέργειας έχει διάμετρο εμβόλου Ø80 mm και διάμετρο στελέχους (άξονα) 20 mm. Η πίεση λειτουργίας είναι 6 bar. Υπολογίστε:

α) Τη δύναμη ώθησης (κατά την έξοδο του εμβόλου).

β) Τη δύναμη έλξης (κατά την είσοδο του εμβόλου).

γ) Τη διαφορά μεταξύ των δύο δυνάμεων.

Απαραίτητη Θεωρία: Υπολογισμός Δύναμης Κυλίνδρου

Η δύναμη που παράγει ένας κύλινδρος είναι το γινόμενο της πίεσης επί το εμβαδόν στο οποίο αυτή δρα ($F = P * A$).

- **Δύναμη Ώθησης:** Η πίεση δρα σε ολόκληρο το εμβαδόν του εμβόλου (A_1).
- **Δύναμη Έλξης:** Η πίεση δρα στο δακτυλιοειδές εμβαδόν, δηλαδή στο εμβαδόν του εμβόλου μείον το εμβαδόν του στελέχους (A_2).
- **Πρακτική Απόδοση:** Στην πραγματικότητα, υπάρχει μια απώλεια δύναμης λόγω τριβών, που συνήθως υπολογίζεται γύρω στο 10-15%. Το παράδειγμα υπολογίζει τη θεωρητική δύναμη, αλλά στο τέλος αναφέρεται ένας πρακτικός συντελεστής 0.85.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Μετατροπές και Υπολογισμός Εμβαδών:

- ο Πίεση (P) = 6 bar = $6 * 10^5$ Pa (N/m²)
- ο Ακτίνα εμβόλου (R) = 40 mm = 0.04 m
- ο Ακτίνα στελέχους (r) = 10 mm = 0.01 m
- ο Εμβαδόν Ώθησης (A_1): $A_1 = \pi * R^2 = \pi * (0.04)^2 \approx 5.027 * 10^{-3}$ m²
- ο Εμβαδόν Έλξης (A_2): $A_2 = \pi * (R^2 - r^2) = \pi * (0.04^2 - 0.01^2) \approx 4.712 * 10^{-3}$ m²

2. Υπολογισμός Δυνάμεων:

- ο **α) Δύναμη Ώθησης ($F_{\omega\theta\eta\sigma\eta}$):**
 $F_{\omega\theta\eta\sigma\eta} = P * A_1 = (6 * 10^5) * (5.027 * 10^{-3}) \approx 3016$ N $\approx$ 3.0 kN
- ο **β) Δύναμη Έλξης ($F_{\acute{\epsilon}\lambda\chi\eta}$):**
 $F_{\acute{\epsilon}\lambda\chi\eta} = P * A_2 = (6 * 10^5) * (4.712 * 10^{-3}) \approx 2827$ N $\approx$ 2.8 kN

3. Υπολογισμός Διαφοράς:

- ο **γ) Διαφορά:** 3.0 kN - 2.8 kN = 0.2 kN
- ο Ποσοστιαία διαφορά: $(0.2 / 3.0) * 100\% \approx 6.7\%$

Συμπέρασμα: Η δύναμη κατά την έλξη είναι μικρότερη από την ώθηση κατά 0.2 kN (ή 6.7%) επειδή η επιφάνεια στην οποία δρα η πίεση είναι μικρότερη λόγω της παρουσίας του στελέχους.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3.5: Ταχύτητα Εμβόλου Κυλίνδρου

Εκφώνηση: Ένας κύλινδρος με διάμετρο Ø63 mm τροφοδοτείται με παροχή αέρα 50 l/min. Υπολογίστε την ταχύτητα του εμβόλου.

Απαραίτητη Θεωρία:

Όπως και στους σωλήνες, η ταχύτητα του εμβόλου (v) προκύπτει από τον λόγο της παροχής του αέρα (Q) προς το εμβαδόν του εμβόλου (A). $v = Q / A$. Και πάλι, η συνέπεια των μονάδων είναι κρίσιμη.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Μετατροπή Μονάδων:

ο Εμβαδόν (A):

- Διάμετρος = 63 mm, άρα ακτίνα = 31.5 mm.
- $A = \pi * (31.5 \text{ mm})^2 \approx 3117 \text{ mm}^2$

ο Παροχή (Q):

- $Q = 50 \text{ l/min}$. Πρέπει να το μετατρέψουμε σε mm^3/s για να ταιριάζει με το εμβαδόν.
- 1 λίτρο = 10^6 mm^3
- $Q = 50 * 10^6 \text{ mm}^3/\text{min} / 60 \text{ s/min} \approx 833,333 \text{ mm}^3/\text{s}$
- (Σημείωση: εναλλακτικός τύπος $v = (Q \times 10^6)/(A \times 60)$ όπου το Q μπαίνει σε l/min και το A σε mm^2 , ο οποίος είναι μαθηματικά ισοδύναμος και πιο βολικός).

2. Υπολογισμός Ταχύτητας:

- $v = (50 * 10^6) / (3117 * 60)$
- $v = 50,000,000 / 187,020 \approx 267 \text{ mm/s}$
- Μετατροπή σε m/s : $267 \text{ mm/s} = 0.267 \text{ m/s}$

Συμπέρασμα: Η ταχύτητα του εμβόλου του κυλίνδρου είναι **267 mm/s**.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ 3

ΑΣΚΗΣΗ 3.1: Ελάχιστη Πίεση Λειτουργίας

Εκφώνηση: Πνευματικός κύλινδρος Ø100 mm πρέπει να ανυψώσει φορτίο 2,000 kg. Υπολογίστε την ελάχιστη πίεση λειτουργίας, λαμβάνοντας υπόψη έναν συντελεστή ασφαλείας 1.5.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Απαιτούμενη Δύναμη (F):

- Πρώτα μετατρέπουμε τη μάζα (m) σε βάρος (δύναμη) πολλαπλασιάζοντας με την επιτάχυνση της βαρύτητας ($g \approx 9.81 \text{ m/s}^2$). Στη συνέχεια, εφαρμόζουμε τον συντελεστή ασφαλείας (SF).
- $F = m * g * SF = 2,000 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 * 1.5 \approx 29,430 \text{ N}$

2. Εμβαδόν Εμβόλου (A):

- Διάμετρος = 100 mm = 0.1 m, άρα ακτίνα = 0.05 m.
- $A = \pi * (0.05 \text{ m})^2 \approx 7.854 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

3. Ελάχιστη Πίεση (P):

- $P = F / A = 29,430 \text{ N} / (7.854 \times 10^{-3} \text{ m}^2) \approx 3,747,000 \text{ Pa}$

- ο Μετατροπή σε bar: $3,747,000 \text{ Pa} / 10^5 \approx 37.47 \text{ bar}$

- ο **Η θεωρητική ελάχιστη πίεση είναι 37.47 bar.**

4. Πρακτική Πίεση:

- ο Λαμβάνοντας υπόψη απώλειες από τριβές (~15%), η απαιτούμενη πίεση θα είναι υψηλότερη.
- ο $P_{\text{πρακτική}} = P_{\text{θεωρητική}} / 0.85 = 37.47 / 0.85 \approx 44.1 \text{ bar}$
- ο Στην πράξη, θα επιλέγαμε ένα σύστημα με πίεση λειτουργίας **45 ή 50 bar.**

ΑΣΚΗΣΗ 3.2: Ανάλυση Λειτουργίας Κυλίνδρου

Εκφώνηση: Κύλινδρος Ø50 mm, διαδρομή 300 mm, πίεση 6 bar, παροχή 40 l/min.

Υπολογίστε:

- α) Δύναμη θεωρητική και πραγματική.
- β) Ταχύτητα.
- γ) Χρόνο εκτέλεσης.
- δ) Κατανάλωση αέρα ανά διαδρομή.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

α) Δύναμη:

1. $A = \pi * (25 \text{ mm})^2 \approx 1963 \text{ mm}^2$
2. $P = 6 \text{ bar} = 0.6 \text{ N/mm}^2$
3. $F_{\text{θεωρητική}} = P * A = 0.6 * 1963 = 1178 \text{ N}$
4. $F_{\text{πραγματική}} = F_{\text{θεωρητική}} * 0.85 = 1178 * 0.85 \approx 1001 \text{ N} \approx 1.0 \text{ kN}$

β) Ταχύτητα:

1. $Q = 40 \text{ l/min. } v = (Q * 10^6) / (A * 60) = (40 * 10^6) / (1963 * 60) \approx 340 \text{ mm/s}$

γ) Χρόνος Εκτέλεσης:

1. $t = \text{Διαδρομή} / \text{Ταχύτητα} = 300 \text{ mm} / 340 \text{ mm/s} \approx 0.88 \text{ s}$

δ) Κατανάλωση Αέρα:

1. Όγκος_κυλίνδρου = $A * \text{Διαδρομή} = 1963 \text{ mm}^2 * 300 \text{ mm} = 588,900 \text{ mm}^3 \approx 589 \text{ cm}^3$
2. Αυτός είναι ο όγκος που γεμίζει σε κάθε διαδρομή. Για να βρούμε τον όγκο ελεύθερου αέρα, πολλαπλασιάζουμε με την πίεση λειτουργίας.
3. $V_{\text{ελεύθερος}} = 589 \text{ cm}^3 * 6 = 3534 \text{ cm}^3 = 3.53 \text{ λίτρα ανά διαδρομή.}$

Άσκηση 1: Υπολογισμός Βάρους Ρευστού σε Κύλινδρο

Εκφώνηση:

Έστω ένας κύλινδρος διαμέτρου 40 cm και ύψους 120 cm. Αν αυτός ο κύλινδρος πρέπει να γεμίσει με ρευστό που έχει ειδικό βάρος 1000 N/m^3 , να υπολογιστεί το βάρος του ρευστού που απαιτείται για να γεμίσει τον κύλινδρο.

Απαραίτητη Θεωρία:

Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα, χρειάζεται να κατανοήσουμε τρεις βασικές έννοιες:

- Όγκος Κυλίνδρου (V):** Ο χώρος που καταλαμβάνει ένα αντικείμενο. Για έναν κύλινδρο, υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας το εμβαδόν της βάσης του (που είναι ένας κύκλος με εμβαδόν $A = \pi * r^2$) με το ύψος του (h). Ο τύπος είναι: $V = \pi * r^2 * h$.
- Ειδικό Βάρος (γ):** Είναι το βάρος ενός υλικού ανά μονάδα όγκου. Ουσιαστικά, μας λέει πόσο "βαρύ" είναι ένα υλικό για τον όγκο που καταλαμβάνει. Η σχέση του είναι $\gamma = B / V$.
- Βάρος (B):** Είναι η δύναμη της βαρύτητας που ασκείται σε ένα αντικείμενο. Από τον ορισμό του ειδικού βάρους, μπορούμε να υπολογίσουμε το βάρος ενός ρευστού αν γνωρίζουμε τον όγκο και το ειδικό του βάρος, αναδιατάσσοντας τον τύπο: $B = \gamma * V$.

Λύση με Επεξήγηση:

1. Υπολογισμός του όγκου του κυλίνδρου:

- Πρώτα, μετατρέπουμε τις διαστάσεις σε μέτρα: Διάμετρος $D = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}$, Ύψος $h = 120 \text{ cm} = 1.2 \text{ m}$.
- Η ακτίνα του κυλίνδρου είναι $r = D / 2 = 0.2 \text{ m}$.
- Ο όγκος (V) ενός κυλίνδρου δίνεται από τον τύπο: $V = \pi * r^2 * h$.
- $V = \pi * (0.2 \text{ m})^2 * 1.2 \text{ m} \approx 0.1508 \text{ m}^3$.

2. Υπολογισμός του βάρους του ρευστού:

- Το ειδικό βάρος (γ) ορίζεται ως το βάρος (B) ανά μονάδα όγκου (V), δηλαδή $\gamma = B / V$.
- Από αυτόν τον τύπο, μπορούμε να υπολογίσουμε το βάρος: $B = \gamma * V$.
- $B = 1000 \text{ N/m}^3 * 0.1508 \text{ m}^3 = 150.8 \text{ N}$.

Απάντηση: Το βάρος του ρευστού που απαιτείται για να γεμίσει τον κύλινδρο είναι 150.8 Newton.

Άσκηση 2: Δύναμη Υδραυλικού Εμβόλου

Εκφώνηση:

Σε ένα υδραυλικό σύστημα με έμβολο, η πίεση εισόδου είναι $P_1 = 15 \text{ bar}$ και η πίεση εξόδου είναι $P_2 = 3 \text{ bar}$. Η διάμετρος του εμβόλου είναι $D = 60 \text{ mm}$ και η διάμετρος του βάκτρου

είναι $d = 25 \text{ mm}$. Να υπολογιστεί η δύναμη που ασκείται από το έμβολο κατά την προώθηση (θετική κίνηση) και κατά την επιστροφή (αρνητική κίνηση).

Απαραίτητη Θεωρία:

Η θεμελιώδης αρχή εδώ είναι ο ορισμός της πίεσης.

1. **Πίεση (P):** Η πίεση ορίζεται ως η δύναμη (F) που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια (A), δηλαδή $P = F / A$. Σε υδραυλικά συστήματα, αυτή η πίεση του ρευστού δημιουργεί δυνάμεις στα έμβολα. Αναδιατάσσοντας τον τύπο, η δύναμη που παράγεται είναι $F = P * A$.
2. **Ενεργή Επιφάνεια Εμβόλου:** Σε ένα έμβολο διπλής ενέργειας, η επιφάνεια στην οποία δρα η πίεση διαφέρει μεταξύ της προώθησης και της επιστροφής.
 - ο **Προώθηση (θετική κίνηση):** Η πίεση δρα σε ολόκληρη την επιφάνεια του εμβόλου. Το εμβαδόν είναι $A_{\text{εμβόλου}} = \pi * D^2 / 4$.
 - ο **Επιστροφή (αρνητική κίνηση):** Η πίεση δρα σε μια δακτυλιοειδή επιφάνεια, καθώς ένα μέρος της καταλαμβάνεται από το βάκτρο (τη ράβδο του εμβόλου). Το εμβαδόν είναι η διαφορά της επιφάνειας του εμβόλου μείον την επιφάνεια του βάκρου: $A_{\text{δακτυλίου}} = (\pi * D^2 / 4) - (\pi * d^2 / 4) = \pi * (D^2 - d^2) / 4$.

Διαφορά Πίεσης (ΔP): Η καθαρή δύναμη προκύπτει από τη διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο πλευρών του εμβόλου ($P_1 - P_2$).

Λύση με Επεξήγηση:

1. Μετατροπή μονάδων:

- ο Πιέσεις σε Pascal: $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$. Άρα, $P_1 = 15 * 10^5 \text{ Pa}$ και $P_2 = 3 * 10^5 \text{ Pa}$.
- ο Διαστάσεις σε μέτρα: $D = 60 \text{ mm} = 0.06 \text{ m}$, $d = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m}$.

2. Δύναμη κατά την προώθηση (θετική κίνηση):

- ο Η δύναμη ($F_{\text{προώθησης}}$) υπολογίζεται από τη διαφορά πίεσης που ασκείται σε ολόκληρη την επιφάνεια του εμβόλου ($A_{\text{εμβόλου}}$).
- ο $A_{\text{εμβόλου}} = \pi * D^2 / 4 = \pi * (0.06 \text{ m})^2 / 4 \approx 0.002827 \text{ m}^2$.
- ο $F_{\text{προώθησης}} = (P_1 - P_2) * A_{\text{εμβόλου}} = (15 * 10^5 \text{ Pa} - 3 * 10^5 \text{ Pa}) * 0.002827 \text{ m}^2 = 12 * 10^5 \text{ Pa} * 0.002827 \text{ m}^2 \approx 3392.4 \text{ N}$.

3. Δύναμη κατά την επιστροφή (αρνητική κίνηση):

- ο Κατά την επιστροφή, η πίεση P_1 ασκείται στη δακτυλιοειδή επιφάνεια του εμβόλου ($A_{\text{δακτυλίου}}$), η οποία είναι η επιφάνεια του εμβόλου μείον την επιφάνεια του βάκρου.
- ο $A_{\text{δακτυλίου}} = \pi * (D^2 - d^2) / 4 = \pi * ((0.06 \text{ m})^2 - (0.025 \text{ m})^2) / 4 \approx 0.002336 \text{ m}^2$.
- ο $F_{\text{επιστροφής}} = (P_1 - P_2) * A_{\text{δακτυλίου}} = (15 * 10^5 \text{ Pa} - 3 * 10^5 \text{ Pa}) * 0.002336 \text{ m}^2 = 12 * 10^5 \text{ Pa} * 0.002336 \text{ m}^2 \approx 2803.2 \text{ N}$.

Απάντηση: Η δύναμη προώθησης είναι περίπου 3392.4 N και η δύναμη επιστροφής είναι περίπου 2803.2 N .

ΜΑΘΗΜΑ 4ο: ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.1: Απλό Κύκλωμα Ελέγχου

Εκφώνηση: Σχεδιάστε ένα κύκλωμα με κύλινδρο απλής ενέργειας που ελέγχεται από μία βαλβίδα 2/2 NC (Κανονικά Κλειστή) με χειροκίνητο έλεγχο (μπουτόν).

Απαραίτητη Θεωρία:

- **Κύλινδρος Απλής Ενέργειας:** Είναι ο πιο απλός τύπος κυλίνδρου. Ο πεπιεσμένος αέρας εισέρχεται από μία θύρα για να ωθήσει το έμβολο προς μία κατεύθυνση (έκταση). Η επιστροφή του εμβόλου στην αρχική του θέση γίνεται με τη βοήθεια ενός ενσωματωμένου ελατηρίου, μόλις ο αέρας εκτονωθεί.
- **Βαλβίδα 2/2 NC:**
 - **2/2:** Ο αριθμός "2/2" σημαίνει ότι η βαλβίδα έχει **2 θύρες** (είσοδο και έξοδο) και **2 θέσεις** λειτουργίας (ανοιχτή και κλειστή).
 - **NC (Normally Closed - Κανονικά Κλειστή):** Σημαίνει ότι στην κατάσταση ηρεμίας (όταν δεν την ενεργοποιούμε), η βαλβίδα εμποδίζει τη ροή του αέρα.

Λύση (Σχεδιασμός και Λειτουργία):

Το κύκλωμα αποτελείται από την πηγή πεπιεσμένου αέρα (P), τη βαλβίδα 2/2 NC και τον κύλινδρο απλής ενέργειας.

1. Κατάσταση Ηρεμίας:

- Το μπουτόν της βαλβίδας δεν είναι πατημένο.
- Η βαλβίδα βρίσκεται στην κανονική της (κλειστή) θέση και εμποδίζει τον αέρα να περάσει.
- Ο κύλινδρος παραμένει στην αρχική του θέση (μαζεμένος) χάρη στη δύναμη του εσωτερικού του ελατηρίου.

2. Ενεργοποίηση (Μπουτόν Πατημένο):

- Ο χειριστής πατάει το μπουτόν.
- Η βαλβίδα αλλάζει θέση και γίνεται "ανοιχτή", επιτρέποντας στον πεπιεσμένο αέρα να ρεύσει από την είσοδο προς την έξοδο.
- Ο αέρας εισέρχεται στον κύλινδρο, υπερνικά τη δύναμη του ελατηρίου και ωθεί το έμβολο προς τα έξω (έκταση).

3. Απενεργοποίηση (Μπουτόν Ελεύθερο):

- Ο χειριστής αφήνει το μπουτόν.
- Η βαλβίδα επιστρέφει στην αρχική της, κλειστή θέση, διακόπτοντας την παροχή αέρα.
- Ο αέρας που είναι παγιδευμένος στον κύλινδρο εκτονώνεται (συνήθως από μια μικρή οπή εκτόνωσης στη βαλβίδα ή τον κύλινδρο) και το ελατήριο επαναφέρει το έμβολο στην αρχική του θέση.

Συμπέρασμα: Αυτό το κύκλωμα επιδεικνύει την πιο βασική λειτουργία ελέγχου "ON/OFF". Όσο πατάμε το κουμπί, ο κύλινδρος κινείται. Όταν το αφήνουμε, επιστρέφει.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.2: Κύκλωμα με Αυτόματη Επιστροφή

Εκφώνηση: Σχεδιάστε κύκλωμα με κύλινδρο απλής ενέργειας που ελέγχεται από βαλβίδα 3/2. Η εκκίνηση γίνεται με μπουτόν "START" και η επιστροφή ενεργοποιείται αυτόματα από έναν αισθητήρα τέλους διαδρομής.

Απαραίτητη Θεωρία:

- **Βαλβίδα 3/2:** Είναι η πλέον κατάλληλη βαλβίδα για τον έλεγχο κυλίνδρων απλής ενέργειας. Έχει **3 θύρες** (1-Παροχή/P, 2-Εργασία/A, 3-Εξάτμιση/R) και **2 θέσεις**. Αυτό της επιτρέπει όχι μόνο να στέλνει αέρα στον κύλινδρο, αλλά και να παρέχει μια καθαρή διαδρομή για την εκτόνωση του αέρα κατά την επιστροφή.
- **Αισθητήρας Τέλους Διαδρομής:** Είναι συνήθως μια μικρή μηχανική βαλβίδα (π.χ. με Σ λό) που ενεργοποιείται όταν το έμβολο του κυλίνδρου φτάσει στο τέλος της κίνησής του και την πατήσει. Παρέχει την "πληροφορία" στο σύστημα ότι η πρώτη κίνηση ολοκληρώθηκε.
- **Λογική Κυκλώματος:** Η κίνηση ξεκινά από ένα χειροκίνητο σήμα (μπουτόν) και η επιστροφή ξεκινά από ένα αυτόματο σήμα (αισθητήρας).

Λύση (Σχεδιασμός και Λειτουργία):

1. START (Εναρξη Κύκλου):

- Ο χειριστής πατάει στιγμιαία το μπουτόν "START".
- Αυτό στέλνει ένα πνευματικό σήμα που αλλάζει τη θέση της κύριας βαλβίδας 3/2.

2. Έκταση Εμβόλου (A+):

- Η βαλβίδα 3/2 συνδέει τώρα την παροχή (P) με τη θύρα εργασίας (A).
- Ο αέρας ρέει στον κύλινδρο, ο οποίος εκτείνεται.

3. Ενεργοποίηση Αισθητήρα:

- Όταν ο κύλινδρος φτάσει στο τέλος της διαδρομής του, πατάει τον αισθητήρα (μηχανική βαλβίδα).

4. Επιστροφή Εμβόλου (A-):

- Ο αισθητήρας, με τη σειρά του, στέλνει ένα πνευματικό σήμα επιστροφή στην κύρια βαλβίδα 3/2, αναγκάζοντάς την να γυρίσει στην αρχική της θέση.
- Τώρα, η βαλβίδα συνδέει τη θύρα εργασίας (A) με την εξάτμιση (R), επιτρέποντας στον αέρα του κυλίνδρου να διαφύγει στην ατμόσφαιρα.
- Το ελατήριο του κυλίνδρου αναλαμβάνει και επαναφέρει το έμβολο. Ο κύκλος έχει ολοκληρωθεί και το σύστημα περιμένει το επόμενο πάτημα του "START".

Συμπέρασμα: Αυτό το κύκλωμα ονομάζεται ημιαυτόματο. Η παρέμβαση του χειριστή χρειάζεται μόνο για την έναρξη, ενώ η ολοκλήρωση του κύκλου γίνεται αυτόματα.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.3: Έλεγχος Κυλίνδρου Διπλής Ενέργειας

Εκφώνηση: Σχεδιάστε κύκλωμα με κύλινδρο διπλής ενέργειας που ελέγχεται από βαλβίδα 5/2 με δύο μπουτόν (START/STOP).

Απαραίτητη Θεωρία:

- **Κύλινδρος Διπλής Ενέργειας:** Χρησιμοποιεί πεπιεσμένο αέρα και για τις δύο κινήσεις (έκταση και επαναφορά). Έχει δύο θύρες εισόδου αέρα.
- **Βαλβίδα 5/2:** Είναι η κλασική βαλβίδα για τον έλεγχο κυλίνδρων διπλής ενέργειας. Έχει **5 θύρες** (1-Παροχή, 2&4-Εξοδοι Εργασίας, 3&5-Εξατμίσεις) και **2 θέσεις**. Σε κάθε θέση, στέλνει αέρα στη μία πλευρά του κυλίνδρου και ταυτόχρονα εκτονώνει την άλλη.
- **Διστάθμια (Bistable) Λειτουργία:** Η βαλβίδα δεν έχει ελατήριο επαναφοράς. Μένει στην τελευταία θέση που την έβαλε ένα σήμα (π.χ. από το START), μέχρι να λάβει ένα αντίθετο σήμα (π.χ. από το STOP) για να αλλάξει θέση. Έχει "μνήμη".

Λύση (Σχεδιασμός και Λειτουργία):

1. START (Εκταση A+):

- Ο χειριστής πατάει το μπουτόν START.
- Η βαλβίδα 5/2 μετακινείται στην "αριστερή" θέση. Συνδέει την παροχή (1) με την έξοδο (2) και την έξοδο (4) με την εξατμισμό (5).
- Ο αέρας πηγαίνει στο πίσω μέρος του κυλίνδρου, ο οποίος εκτείνεται. Ο αέρας από το προστινό μέρος φεύγει στην ατμόσφαιρα.
- Ο κύλινδρος παραμένει εκτεταμένος ακόμα και αν ο χειριστής αφήσει το START, λόγω της "μνήμης" της βαλβίδας.

2. STOP (Επαναφορά A-):

- Ο χειριστής πατάει το μπουτόν STOP.
- Η βαλβίδα 5/2 μετακινείται στην "δεξιά" θέση. Τώρα συνδέει την παροχή (1) με την έξοδο (4) και την έξοδο (2) με την εξατμισμό (3).
- Ο αέρας πηγαίνει στο προστινό μέρος του κυλίνδρου, ο οποίος επαναφέρεται. Ο αέρας από το πίσω μέρος φεύγει στην ατμόσφαιρα.

Συμπέρασμα: Με μια διστάθμια βαλβίδα 5/2, μπορούμε να δώσουμε ξεχωριστές εντολές για την έναρξη και το τέλος μιας κίνησης, με το σύστημα να διατηρεί την κατάστασή του στο ενδιάμεσο.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ 4

ΑΣΚΗΣΗ 4.1: Επιλογή Κατάλληλης Βαλβίδας (Θεωρητική)

Εκφώνηση: Επιλέξτε τον κατάλληλο τύπο βαλβίδας για:

α) Έλεγχο κυλίνδρου απλής ενέργειας με μπουτόν.

β) Έλεγχο κυλίνδρου διπλής ενέργειας με δύο μπουτόν.

γ) Γερανό με κράτηση θέσης.

Λύση με Επεξήγηση:

- **α) Κύλινδρος απλής ενέργειας:** Η ιδανική επιλογή είναι μια **βαλβίδα 3/2 NC**. Παρέχει έλεγχο ON/OFF και διαθέτει θύρα εξάτμισης για την ομαλή επιστροφή του κυλίνδρου.
- **β) Κύλινδρος διπλής ενέργειας με δύο μπουτόν:** Απαιτείται μια **διστάθμια βαλβίδα 5/2**. Το ένα μπουτόν δίνει το σήμα για την μία κίνηση και το άλλο μπουτόν για την αντίθετη, ενώ η βαλβίδα διατηρεί τη θέση της.
- **γ) Γερανός με κράτηση θέσης:** Εδώ χρειαζόμαστε μια βαλβίδα που μπορεί να σταματήσει και να κλειδώσει τον κύλινδρο σε οποιαδήποτε ενδιάμεση θέση. Η σωστή επιλογή είναι μια **βαλβίδα 5/3 με κλειστό κέντρο**. Στη μεσαία θέση, όλες οι θύρες είναι μπλοκαρισμένες, παγιδεύοντας τον αέρα και στις δύο πλευρές του κυλίνδρου και κρατώντας το φορτίο σταθερό.

ΑΣΚΗΣΗ 4.2: Σχεδιασμός Πλήρους Πνευματικού Κυκλώματος

Εκφώνηση: Σχεδιάστε πλήρες πνευματικό κύκλωμα με:

- Κύλινδρο διπλής ενέργειας Ø63mm
- Βαλβίδα 5/2 με ηλεκτρομαγνήτη
- Ρυθμιστή ταχύτητας στην έλξη
- Αισθητήρες άκρων διαδρομής

Λύση (Περιγραφή Σχεδιασμού):

1. **Μονάδα Προετοιμασίας Αέρα (FRL):** Το κύκλωμα ξεκινά με μια μονάδα FRL (Φίλτρο-Ρυθμιστή-Λιπαντήρα) που συνδέεται στην κεντρική παροχή. Αυτή εξασφαλίζει καθαρό αέρα, στη σωστή πίεση, με την απαραίτητη λίπανση.
2. **Βαλβίδα Ελέγχου:** Η έξοδος του FRL συνδέεται στη θύρα παροχής (1) της βαλβίδας 5/2. Η βαλβίδα αυτή θα είναι "μονοσταθμής" (με έναν ηλεκτρομαγνήτη και ελατήριο επαναφοράς) ή "διστάθμια" (με δύο ηλεκτρομαγνήτες), ανάλογα με τη λογική ελέγχου.
3. **Συνδέσεις Κυλίνδρου:** Οι θύρες εργασίας (2 και 4) της βαλβίδας συνδέονται με τις αντίστοιχες θύρες του κυλίνδρου.
4. **Ρυθμιστής Ταχύτητας:** Ο ρυθμιστής ταχύτητας (μια μονόδρομη βαλβίδα στραγγαλισμού) τοποθετείται στη σωλήνωση που οδηγεί στη θύρα έλξης (μπροστινό μέρος) του κυλίνδρου. Ρυθμίζεται ώστε να περιορίζει τη ροή του αέρα *κατά την έξοδο του από τον κύλινδρο (meter-out)*. Αυτό προσφέρει πιο σταθερό έλεγχο ταχύτητας.
5. **Αισθητήρες:** Οι δύο αισθητήρες άκρων διαδρομής (π.χ. μαγνητικοί reed switches) τοποθετούνται πάνω στο σώμα του κυλίνδρου για να ανιχνεύουν πότε το έμβολο βρίσκεται στην πλήρως μέσα ή πλήρως έξω θέση. Αυτοί στέλνουν ηλεκτρικό σήμα σε ένα PLC ή κύκλωμα ελέγχου.

6. **Λειτουργία:** Όταν ο ηλεκτρομαγνήτης ενεργοποιηθεί, η βαλβίδα αλλάζει θέση και ο κύλινδρος κινείται. Η ταχύτητά του στην έλξη ελέγχεται από τον ρυθμιστή. Οι αισθητήρες δίνουν την πληροφορία για τη θέση του κυλίνδρου, επιτρέποντας την εκτέλεση αυτόματων αλληλουχιών κινήσεων.

ΜΑΘΗΜΑ 5ο: ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΙΣΧΥΟΣ - ΘΕΩΡΙΑ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.1: Υπολογισμός Ταχύτητας Ροής σε Σωλήνα

Εκφώνηση: Μια υδραυλική αντλία παρέχει 100 l/min υδραυλικού υγρού σε έναν σωλήνα με εσωτερική διάμετρο Ø25mm. Υπολογίστε την ταχύτητα ροής του υγρού.

Απαραίτητη Θεωρία: Εξίσωση της Συνέχειας

Η εξίσωση της συνέχειας είναι μια θεμελιώδης αρχή στη μηχανική των ρευστών. Δηλώνει ότι για ένα ασυμπίεστο ρευστό (όπως το υδραυλικό λάδι), η παροχή (Q) είναι σταθερή σε οποιοδήποτε σημείο ενός σωλήνα. Η παροχή συνδέεται με την ταχύτητα (v) και την επιφάνεια διατομής (A) με τη σχέση:

- **Μαθηματική Έκφραση:** $Q = A \cdot v$
- Από αυτή τη σχέση, μπορούμε να υπολογίσουμε την ταχύτητα ως: $v = Q / A$
- **Προσοχή στις Μονάδες:** Για να είναι σωστός ο υπολογισμός, όλες οι τιμές πρέπει να είναι σε συμβατές μονάδες του Διεθνούς Συστήματος (SI):
 - Παροχή (Q) σε m³/s
 - Επιφάνεια (A) σε m²
 - Ταχύτητα (v) σε m/s

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Μετατροπή Παροχής (Q):

- $Q = 100 \text{ l/min}$
- Μετατροπή σε m³/min: $100 / 1000 = 0.1 \text{ m}^3/\text{min}$
- Μετατροπή σε m³/s: $0.1 / 60 \approx 0.001667 \text{ m}^3/\text{s}$

2. Υπολογισμός Επιφάνειας Διατομής (A):

- Διάμετρος (d) = 25 mm = 0.025 m
- Ακτίνα (r) = d / 2 = 0.0125 m
- $A = \pi \cdot r^2 = 3.14 \cdot (0.0125)^2 \approx 0.000491 \text{ m}^2$ (ή $4.91 \times 10^{-4} \text{ m}^2$)

3. Υπολογισμός Ταχύτητας (v):

- $v = Q / A = 0.001667 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000491 \text{ m}^2 \approx 3.39 \text{ m/s}$

Συμπέρασμα και Έλεγχος:

Η ταχύτητα ροής του υγρού στον σωλήνα είναι **3.39 m/s**.

Σύμφωνα με τους γενικούς κανόνες σχεδιασμού υδραυλικών συστημάτων, η συνιστώμενη

ταχύτητα για γραμμές πίεσης είναι μεταξύ 3.0 και 6.0 m/s. Η τιμή που υπολογίσαμε είναι εντός αυτού του αποδεκτού ορίου.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.2: Υπολογισμός Πτώσης Πίεσης σε Σωλήνα

Εκφώνηση: Ένας σωλήνας μήκους 20m και διαμέτρου Ø20mm μεταφέρει λάδι με πυκνότητα $\rho=880 \text{ kg/m}^3$. Η παροχή είναι 50 l/min. Υπολογίστε την πτώση πίεσης (ΔP) κατά μήκος του σωλήνα, θεωρώντας συντελεστή τριβής $\lambda=0.03$.

Απαραίτητη Θεωρία: Πτώση Πίεσης λόγω Τριβής (Darcy-Weisbach)

Όταν ένα ρευστό κινείται μέσα σε έναν σωλήνα, χάνει ενέργεια (πίεση) λόγω της τριβής με τα τοιχώματα του σωλήνα. Η πτώση πίεσης υπολογίζεται από τον τύπο:

- **Μαθηματική Έκφραση:** $\Delta P = (\lambda * L * \rho * v^2) / (2 * d)$

- ΔP : Πτώση πίεσης σε Pascals (Pa)
- λ : Συντελεστής τριβής (αδιάστατος)
- L : Μήκος σωλήνα σε μέτρα (m)
- ρ : Πυκνότητα ρευστού σε kg/m^3
- v : Ταχύτητα ροής σε m/s
- d : Διάμετρος σωλήνα σε μέτρα (m)

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Υπολογισμός Ταχύτητας Ροής (v):

- Αρχικά, πρέπει να βρούμε την ταχύτητα, όπως στο προηγούμενο παράδειγμα.
- $Q = 50 \text{ l/min} = 0.05 \text{ m}^3/\text{min} = 0.000833 \text{ m}^3/\text{s}$
- $d = 20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$, άρα $r = 0.01 \text{ m}$
- $A = \pi * (0.01)^2 \approx 0.000314 \text{ m}^2$
- $v = Q / A = 0.000833 / 0.000314 \approx 2.65 \text{ m/s}$

2. Υπολογισμός Πτώσης Πίεσης (ΔP):

- Τώρα αντικαθιστούμε όλες τις τιμές στον τύπο της πτώσης πίεσης.
- $\Delta P = (0.03 * 20\text{m} * 880 \text{ kg/m}^3 * (2.65 \text{ m/s})^2) / (2 * 0.02\text{m})$
- $\Delta P = (0.03 * 20 * 880 * 7.0225) / 0.04$
- $\Delta P = 3708.48 / 0.04 \approx 92,712 \text{ Pa}$

3. Μετατροπή σε Bar:

- $1 \text{ bar} = 100,000 \text{ Pa}$
- $\Delta P = 92,712 / 100,000 \approx 0.93 \text{ bar}$

Συμπέρασμα: Η απώλεια πίεσης λόγω τριβής σε αυτόν τον σωλήνα είναι **0.93 bar**. Αυτή η τιμή είναι συνήθως αποδεκτή, καθώς γενικά επιδιώκουμε οι απώλειες στις γραμμές πίεσης να είναι μικρότερες από 2-5 bar, ανάλογα με την εφαρμογή.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.3: Υπολογισμός Παροχής και Ισχύος Αντλίας

Εκφώνηση: Αντλία αξονικών εμβόλων με 9 έμβολα, όγκο εμβόλου 10 cm^3 , 1450 RPM και ογκομετρική απόδοση $\eta_{\text{vol}} = 0.95$.

α) Υπολογίστε την πραγματική παροχή της.

β) Υπολογίστε την απαιτούμενη ισχύ κινητήρα για λειτουργία στα 200 bar, με συνολική απόδοση αντλίας $\eta = 0.90$.

Απαραίτητη Θεωρία:

- **Παροχή Αντλίας (Q):** Η θεωρητική παροχή είναι ο όγκος του υγρού που μετατοπίζεται σε μία περιστροφή (κυβισμός) επί τις στροφές. Η πραγματική παροχή είναι μικρότερη λόγω εσωτερικών διαρροών και υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας με την ογκομετρική απόδοση.
 - $Q_{\text{πραγματική}} = (\text{Κυβισμός} * \text{RPM} * \eta_{\text{vol}}) / 1000$ (για να βγει το αποτέλεσμα σε l/min αν ο κυβισμός είναι σε cm^3).
- **Ισχύς Αντλίας (P):**
 - **Υδραυλική Ισχύς (P_h):** Η ισχύς που πραγματικά μεταδίδεται στο υγρό. $P_h \text{ (kW)} = (Q \text{ (l/min)} * p \text{ (bar)}) / 600$.
 - **Μηχανική Ισχύς (P_m):** Η ισχύς που πρέπει να παρέχει ο κινητήρας στην αντλία. Είναι μεγαλύτερη από την υδραυλική λόγω των απωλειών (τριβές κ.λπ.). $P_m = P_h / \eta_{\text{συνολική}}$.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

α) Πραγματική Παροχή (Q):

1. Κυβισμός Αντλίας (V_d):

- $V_d = 9 \text{ έμβολα} * 10 \text{ cm}^3/\text{έμβολο} = 90 \text{ cm}^3/\text{περιστροφή}$

2. Πραγματική Παροχή:

- $Q = (90 \text{ cm}^3/\text{rev} * 1450 \text{ RPM} * 0.95) / 1000$
- $Q = 123,825 / 1000 \approx 123.8 \text{ l/min}$

β) Απαιτούμενη Ισχύς Κινητήρα (P_m):

1. Υπολογισμός Υδραυλικής Ισχύος (P_h):

- $P_h = (123.8 \text{ l/min} * 200 \text{ bar}) / 600$
- $P_h = 24,760 / 600 \approx 41.3 \text{ kW}$

2. Υπολογισμός Μηχανικής Ισχύος (P_m):

- υπολογισμός ισχύος $P = (Q * p) / (600 * \eta)$ ενσωματώνει απευθείας τη συνολική απόδοση. Θα ακολουθήσουμε αυτόν τον πιο άμεσο τρόπο.
- $P_m = (123.8 * 200) / (600 * 0.90)$
- $P_m = 24,760 / 540 \approx 45.9 \text{ kW}$

Συμπέρασμα: Η αντλία παρέχει **123.8 l/min** και απαιτεί έναν κινητήρα με ισχύ τουλάχιστον **45.9 kW** για να λειτουργήσει υπό αυτές τις συνθήκες. Στην πράξη, θα επιλέγαμε έναν κινητήρα ελαφρώς μεγαλύτερης ισχύος (π.χ. 55 kW) για να υπάρχει περιθώριο ασφαλείας.

ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ 5

ΑΣΚΗΣΗ 5.1: Ανάλυση Υδραυλικού Κυλίνδρου

Εκφώνηση: Υδραυλικός κύλινδρος Ø100mm πρέπει να ανυψώσει φορτίο 5,000 kg. Υπολογίστε:

- Την ελάχιστη πίεση που απαιτείται.
- Την πίεση λειτουργίας με συντελεστή ασφαλείας 1.3.
- Την παροχή που απαιτείται για ταχύτητα ανύψωσης 50 mm/s.
- Την ισχύ της αντλίας, αν αυτή έχει απόδοση $\eta=0.90$.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

α) Ελάχιστη Θεωρητική Πίεση ($P_{\min}$):

- Δύναμη Φορτίου (F):** Μετατρέπουμε τη μάζα σε βάρος.

- $F = m \cdot g = 5,000 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = 49,050 \text{ N}$

- Εμβαδόν Εμβόλου (A):**

- Διάμετρος $d = 100 \text{ mm} = 0.1 \text{ m}$, άρα ακτίνα $r = 0.05 \text{ m}$.

- $A = \pi \cdot r^2 = 3.14 \cdot (0.05)^2 \approx 7.854 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

- Ελάχιστη Πίεση:** Η πίεση που απαιτείται για να ισορροπήσει ακριβώς το φορτίο.

- $P_{\min} = F / A = 49,050 \text{ N} / (7.854 \times 10^{-3} \text{ m}^2) \approx 6,246,000 \text{ Pa}$

- $P_{\min} \approx 62.5 \text{ bar}$

- Η ελάχιστη θεωρητική πίεση είναι 62.5 bar.**

β) Πίεση Λειτουργίας ($P_{\text{λειτουργίας}}$):

- Εφαρμογή Συντελεστή Ασφαλείας:** Πολλαπλασιάζουμε την ελάχιστη πίεση με τον συντελεστή ασφαλείας για να διασφαλίσουμε ότι το σύστημα μπορεί να ανυψώσει το φορτίο με άνεση, υπερνικώντας τριβές και άλλες αντιστάσεις.

- $P_{\text{λειτουργίας}} = P_{\min} \cdot 1.3 = 62.5 \text{ bar} \cdot 1.3 = 81.25 \text{ bar}$

- Στρογγυλοποίηση:** Στην πράξη, επιλέγουμε μια τυπική, ελαφρώς υψηλότερη τιμή για το σύστημα, όπως **85 bar**.

γ) Απαιτούμενη Παροχή (Q):

- Εφαρμογή του Τύπου $Q = A \cdot v$:**

- Εμβαδόν (A) = $7.854 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ (από το βήμα α)

- Ταχύτητα (v) = $50 \text{ mm/s} = 0.05 \text{ m/s}$

- $Q = (7.854 \times 10^{-3} \text{ m}^2) \cdot (0.05 \text{ m/s}) = 0.0003927 \text{ m}^3/\text{s}$

- Μετατροπή σε l/min:**

- $Q = 0.0003927 \text{ m}^3/\text{s} * 60 \text{ s/min} * 1000 \text{ l/m}^3 \approx 23.6 \text{ l/min}$

- **Η απαιτούμενη παροχή είναι 23.6 l/min.**

δ) Ισχύς Αντλίας (P_m):

1. **Υπολογισμός Υδραυλικής Ισχύος (P_h):** Χρησιμοποιούμε την πίεση λειτουργίας (85 bar) και την παροχή που υπολογίσαμε.

- $P_h = (Q * p) / 600 = (23.6 \text{ l/min} * 85 \text{ bar}) / 600 \approx 3.34 \text{ kW}$

2. **Υπολογισμός Μηχανικής Ισχύος (P_m):** Διαιρούμε την υδραυλική ισχύ με την απόδοση της αντλίας.

- $P_m = P_h / \eta = 3.34 \text{ kW} / 0.90 \approx 3.71 \text{ kW}$

3. **Επιλογή Κινητήρα:** Θα επιλέγαμε τον αμέσως επόμενο διαθέσιμο κινητήρα, π.χ., 4 kW ή 5.5 kW.

ΑΣΚΗΣΗ 5.2: Ανάλυση Οδοντωτής Αντλίας

Εκφώνηση: Οδοντωτή αντλία με κυβισμό $80 \text{ cm}^3/\text{rev}$ λειτουργεί στις 1450 RPM. Η ογκομετρική της απόδοση είναι $\eta_{vol} = 0.92$. Υπολογίστε:

- Τη θεωρητική παροχή.
- Την πραγματική παροχή.
- Τις εσωτερικές διαρροές.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

α) Θεωρητική Παροχή (Q_{theor}):

1. **Υπολογισμός:** Η θεωρητική παροχή είναι ο κυβισμός επί τις στροφές, αγνοώντας τις απώλειες.

- $Q_{theor} = (\text{Κυβισμός} * \text{RPM}) / 1000 = (80 \text{ cm}^3/\text{rev} * 1450 \text{ rev/min}) / 1000$

- $Q_{theor} = 116,000 / 1000 = 116 \text{ l/min}$

- **Η θεωρητική παροχή είναι 116 l/min.**

β) Πραγματική Παροχή (Q_{actual}):

1. **Υπολογισμός:** Πολλαπλασιάζουμε τη θεωρητική παροχή με την ογκομετρική απόδοση.

- $Q_{actual} = Q_{theor} * \eta_{vol} = 116 \text{ l/min} * 0.92 = 106.72 \text{ l/min}$

- **Η πραγματική παροχή που δίνει η αντλία είναι 106.7 l/min.**

γ) Εσωτερικές Διαρροές:

1. **Υπολογισμός:** Οι διαρροές είναι η διαφορά μεταξύ της θεωρητικής και της πραγματικής παροχής.

- $\text{Διαρροές} = Q_{theor} - Q_{actual} = 116 - 106.72 = 9.28 \text{ l/min}$

2. **Ποσοστό Διαρροών:**

- ο $(9.28 / 116) * 100\% = 8\%$. Αυτό επιβεβαιώνει ότι η απόδοση είναι 92% (100% - 8%).
- ο **Οι εσωτερικές διαρροές της αντλίας είναι 9.3 l/min.**

ΑΣΚΗΣΗ 5.4: Επιλογή Διαμέτρου Σωλήνα (Προχωρημένη)

Εκφώνηση: Σε υδραυλικό σύστημα, ένας σωλήνας μήκους 15m πρέπει να μεταφέρει 80 l/min λαδιού ($\rho=880 \text{ kg/m}^3$, $\nu=46 \text{ cSt}$). Η μέγιστη επιτρεπτή πτώση πίεσης είναι 0.5 bar. Υπολογίστε την ελάχιστη απαιτούμενη διάμετρο.

Λύση Βήμα προς Βήμα (Δοκιμή και Σφάλμα):

Αυτή η άσκηση απαιτεί μια επαναληπτική διαδικασία, καθώς η πτώση πίεσης εξαρτάται από την ταχύτητα (που εξαρτάται από τη διάμετρο) και τον συντελεστή τριβής (που επίσης εξαρτάται από την ταχύτητα και τη διάμετρο μέσω του αριθμού Reynolds).

1. Δοκιμή με $d = 20\text{mm}$ (0.02m):

- $Q = 80 \text{ l/min} = 0.00133 \text{ m}^3/\text{s}$
- $A = \pi * (0.01)^2 = 0.000314 \text{ m}^2$
- $v = Q / A = 4.24 \text{ m/s}$ (Αποδεκτή ταχύτητα)
- $\Delta P = (\lambda * L * \rho * v^2) / (2 * d)$. Με $\lambda=0.035$ (εκτίμηση), υπολογίζεται $\Delta P = 2.08 \text{ bar}$.
- **Αποτέλεσμα: 2.08 bar > 0.5 bar. Ο σωλήνας Ø20mm είναι πολύ μικρός.**

2. Δοκιμή με $d = 25\text{mm}$ (0.025m):

- $A = \pi * (0.0125)^2 = 0.000491 \text{ m}^2$
- $v = Q / A = 2.71 \text{ m/s}$
- Με $\lambda=0.038$ (εκτίμηση), υπολογίζεται $\Delta P = 0.82 \text{ bar}$.
- **Αποτέλεσμα: 0.82 bar > 0.5 bar. Ακόμα δεν είναι αποδεκτό.**

3. Δοκιμή με $d = 32\text{mm}$ (0.032m):

- $A = \pi * (0.016)^2 = 0.000804 \text{ m}^2$
- $v = Q / A = 1.65 \text{ m/s}$
- Η χαμηλότερη ταχύτητα οδηγεί σε μικρότερο αριθμό Reynolds και πιθανώς μεγαλύτερο συντελεστή τριβής, αλλά η επίδραση του τετραγώνου της ταχύτητας είναι κυρίαρχη.
- Με μια νέα εκτίμηση για το λ , το ΔP υπολογίζεται περίπου 0.35 bar.
- **Αποτέλεσμα: 0.35 bar < 0.5 bar. Αποδεκτό!**

Συμπέρασμα: Ο ελάχιστος απαιτούμενος σωλήνας για να ικανοποιηθεί το κριτήριο της πτώσης πίεσης έχει εσωτερική διάμετρο **Ø32mm**.

ΑΣΚΗΣΗ 5.5: Οικονομική Σύγκριση Αντλιών

Εκφώνηση: Σύγκριση δύο αντλιών για το ίδιο σύστημα (100 l/min, 180 bar).

- **Αντλία Α (Οδοντωτή):** Κόστος 2,000€, απόδοση $\eta=0.82$
- **Αντλία Β (Εμβολοφόρος):** Κόστος 5,500€, απόδοση $\eta=0.93$

Το σύστημα λειτουργεί 4,000 h/έτος με κόστος ενέργειας 0.12 €/kWh. Ποια είναι οικονομικότερη σε βάθος 10ετίας; Ποιος ο χρόνος απόσβεσης (ROI);

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Υπολογισμός Υδραυλικής Ισχύος (κοινή για τις δύο):

$$P_h = (100 \text{ l/min} * 180 \text{ bar}) / 600 = 30 \text{ kW}$$

2. Ανάλυση για Αντλία Α:

- **Ισχύς Εισόδου:** $P_{in_A} = P_h / \eta_A = 30 \text{ kW} / 0.82 \approx 36.6 \text{ kW}$
- **Ετήσια Κατανάλωση:** $36.6 \text{ kW} * 4,000 \text{ h} = 146,400 \text{ kWh}$
- **Ετήσιο Κόστος Ενέργειας:** $146,400 \text{ kWh} * 0.12 \text{ €/kWh} = 17,568 \text{ €}$
- **Συνολικό Κόστος 10ετίας:** Κόστος Αγοράς + $(10 * \text{Ετήσιο Κόστος}) = 2,000\text{€} + (10 * 17,568\text{€}) = 177,680 \text{ €}$

3. Ανάλυση για Αντλία Β:

- **Ισχύς Εισόδου:** $P_{in_B} = P_h / \eta_B = 30 \text{ kW} / 0.93 \approx 32.3 \text{ kW}$
- **Ετήσια Κατανάλωση:** $32.3 \text{ kW} * 4,000 \text{ h} = 129,200 \text{ kWh}$
- **Ετήσιο Κόστος Ενέργειας:** $129,200 \text{ kWh} * 0.12 \text{ €/kWh} = 15,504 \text{ €}$
- **Συνολικό Κόστος 10ετίας:** $5,500\text{€} + (10 * 15,504\text{€}) = 160,540 \text{ €}$

4. Σύγκριση και Χρόνος Απόσβεσης (ROI):

- **Σύγκριση:** $160,540\text{€} (B) < 177,680\text{€} (A)$. Η Αντλία Β είναι οικονομικότερη μακροπρόθεσμα.
- **Εξοικονόμηση:** Ετήσια εξοικονόμηση με την Β: $17,568\text{€} - 15,504\text{€} = 2,064 \text{ €/έτος}$.
- **Διαφορά Κόστους Αγοράς:** $5,500\text{€} - 2,000\text{€} = 3,500 \text{ €}$.
- **Χρόνος Απόσβεσης:** Διαφορά Κόστους Αγοράς / Ετήσια Εξοικονόμηση = $3,500\text{€} / 2,064\text{€/έτος} \approx 1.7 \text{ έτη}$.

Συμπέρασμα: Παρόλο που η Αντλία Β έχει υψηλότερο αρχικό κόστος, η ανώτερη απόδοσή της οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Η επιπλέον επένδυση των 3,500€ **αποσβένεται σε μόλις 1.7 χρόνια**, καθιστώντας την Αντλία Β την σαφώς καλύτερη οικονομική επιλογή για τον κύκλο ζωής του συστήματος.

ΜΑΘΗΜΑ 6ο: ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6.1: Επιλογή Μεσαίας Θέσης Βαλβίδας 4/3

Εκφώνηση: Επιλέξτε τον κατάλληλο τύπο μεσαίας θέσης για μια βαλβίδα ελέγχου κατεύθυνσης για τις παρακάτω εφαρμογές:

- Γερανό που σηκώνει κοντέινερ.
- Πόρτα αμπαριού που ίσως χρειαστεί να κινηθεί χειροκίνητα.
- Πηδάλιο πλοίου που δέχεται εξωτερικές δυνάμεις από τα κύματα.

Απαραίτητη Θεωρία: Οι Μεσαίες Θέσεις των Υδραυλικών Βαλβίδων

Σε αντίθεση με τα απλά πνευματικά, στα υδραυλικά συστήματα η "ουδέτερη" ή μεσαία θέση μιας βαλβίδας είναι κρίσιμης σημασίας γιατί καθορίζει τη συμπεριφορά του συστήματος όταν δεν εκτελείται καμία εντολή. Οι κύριοι τύποι είναι:

- **Κλειστό Κέντρο (Closed Center):** Όλες οι θύρες (P, T, A, B) είναι κλειστές.
 - **Αποτέλεσμα:** Ο κύλινδρος "κλειδώνει" υδραυλικά. Η αντλία δουλεύει σε πλήρη πίεση (ανακουφιστική βαλβίδα), καταναλώνοντας ενέργεια.
 - **Χρήση:** Για κράτηση φορτίων με ακρίβεια.
- **Ανοικτό Κέντρο (Open Center):** Η παροχή (P) συνδέεται με τη δεξαμενή (T). Οι έξοδοι (A, B) είναι κλειστές.
 - **Αποτέλεσμα:** Ο κύλινδρος κλειδώνει. Η αντλία λειτουργεί χωρίς πίεση, εξοικονομώντας ενέργεια.
 - **Χρήση:** Σε απλά συστήματα όπου λειτουργεί μόνο ένας ενεργοποιητής κάθε φορά.
- **Ελεύθερο/Πλωτό Κέντρο (Floating Center):** Η παροχή (P) είναι κλειστή. Οι έξοδοι (A, B) συνδέονται με τη δεξαμενή (T).
 - **Αποτέλεσμα:** Ο κύλινδρος μπορεί να κινηθεί ελεύθερα (π.χ. με το χέρι), καθώς το λάδι κινείται από τη μία πλευρά στην άλλη μέσω της δεξαμενής. Η αντλία δουλεύει σε πίεση.
 - **Χρήση:** Όταν απαιτείται χειροκίνητη μετακίνηση.
- **Επανατροφοδότηση (Regenerative Center):** Η παροχή (P) συνδέεται και με τις δύο εξόδους (A, B).
 - **Αποτέλεσμα:** Ο κύλινδρος είναι υπό πίεση και στις δύο πλευρές, αντιστέκεται σθεναρά σε εξωτερικές δυνάμεις.
 - **Χρήση:** Για εφαρμογές που απαιτούν ακαμψία, όπως το πηδάλιο.

Λύση με Επεξήγηση:

- **α) Γερανός:** Η απόλυτη προτεραιότητα είναι η ασφάλεια, δηλαδή το φορτίο (κοντέινερ) να παραμένει ακίνητο όταν ο χειριστής αφήνει το χειριστήριο. Επομένως, επιλέγουμε **Κλειστό Κέντρο**. Αυτό κλειδώνει υδραυλικά τον κύλινδρο ανύψωσης, αποτρέποντας οποιαδήποτε πτώση του φορτίου.
- **β) Πόρτα Αμπαριού:** Η ανάγκη για χειροκίνητη κίνηση (π.χ. σε περίπτωση βλάβης) μας οδηγεί στην επιλογή του **Ελεύθερου (Floating) Κέντρου**. Σε αυτή τη θέση, το λάδι μπορεί να κινηθεί ελεύθερα από και προς τη δεξαμενή, επιτρέποντας στην πόρτα να μετακινηθεί χωρίς υδραυλική αντίσταση.
- **γ) Πηδάλιο Πλοίου:** Το πηδάλιο πρέπει να διατηρεί τη γωνία του ενάντια στη συνεχή πίεση των κυμάτων. Η καλύτερη επιλογή είναι η **Επανατροφοδότηση (Regenerative Center)**. Με το να είναι και οι δύο πλευρές του κυλίνδρου υπό πίεση, το σύστημα γίνεται πολύ "άκαμπτο" και αντιστέκεται αποτελεσματικά στις εξωτερικές δυνάμεις που προσπαθούν να το μετακινήσουν.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6.2: Πίεση Ανοίγματος Ανακουφιστικής Βαλβίδας

Εκφώνηση: Βαλβίδα ασφαλείας (ανακουφιστική) έχει έμβολο $\varnothing 10\text{mm}$. Το ελατήριο της έχει σταθερά $k=50\text{ N/mm}$ και είναι προσυμπιεσμένο κατά 25mm . Υπολογίστε την πίεση στην οποία θα ανοίξει η βαλβίδα.

Απαραίτητη Θεωρία:

Μια απλή ανακουφιστική βαλβίδα λειτουργεί με την ισορροπία δύο δυνάμεων:

1. **Δύναμη Ελατηρίου (F_{spring}):** Η δύναμη με την οποία το ελατήριο κρατά τη βαλβίδα κλειστή. Υπολογίζεται από τον Νόμο του Hooke: $F = k * x$.
2. **Υδραυλική Δύναμη (F_{hydro}):** Η δύναμη που ασκεί το υγρό πάνω στο έμβολο προσπαθώντας να ανοίξει τη βαλβίδα. Υπολογίζεται από τον τύπο: $F = P * A$. Η βαλβίδα θα ανοίξει ακριβώς τη στιγμή που η υδραυλική δύναμη θα γίνει ίση (και ελάχιστα μεγαλύτερη) από τη δύναμη του ελατηρίου.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. **Υπολογισμός Δύναμης Ελατηρίου (F_{spring}):**
 - $k = 50\text{ N/mm}$
 - $x = 25\text{ mm}$
 - $F_{\text{spring}} = k * x = 50\text{ N/mm} * 25\text{ mm} = 1,250\text{ N}$
2. **Υπολογισμός Εμβαδού Εμβόλου (A_{seat}):**
 - $d = 10\text{ mm} = 0.01\text{ m}$. $r = 0.005\text{ m}$.
 - $A = \pi * r^2 = 3.14 * (0.005\text{ m})^2 = 7.854 * 10^{-5}\text{ m}^2$
3. **Υπολογισμός Πίεσης Ανοίγματος (P_{set}):**
 - Στο σημείο ανοίγματος, $P_{\text{set}} * A = F_{\text{spring}}$.
 - $P_{\text{set}} = F_{\text{spring}} / A = 1,250\text{ N} / (7.854 * 10^{-5}\text{ m}^2) \approx 15,915,000\text{ Pa}$
 - Μετατροπή σε bar: $15,915,000 / 100,000 = 159.15\text{ bar}$.
 - **Η βαλβίδα θα ανοίξει περίπου στα 159 bar.**

ΑΣΚΗΣΗ 6.1: Θερμότητα από Ανακουφιστική Βαλβίδα

Εκφώνηση: Σύστημα με αντλία 120 l/min και πίεση λειτουργίας 250 bar . Η βαλβίδα ασφαλείας είναι ρυθμισμένη στα 280 bar . Υπολογίστε:

- α) Την ισχύ που καταναλώνεται (και μετατρέπεται σε θερμότητα) όταν η βαλβίδα είναι ανοικτή.
- β) Την άνοδο της θερμοκρασίας σε μια δεξαμενή 600 λίτρων , αν η βαλβίδα μείνει ανοιχτή για 2 λεπτά . ($c_{\text{λάδι}} \approx 2.0\text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$, $\rho_{\text{λάδι}} \approx 0.88\text{ kg/l}$).

Λύση Βήμα προς Βήμα:

α) **Ισχύς που γίνεται Θερμότητα (P_{relief}):**

1. **Θεωρία:** Όταν η ανακουφιστική βαλβίδα ανοίγει, όλη η υδραυλική ισχύς της αντλίας μετατρέπεται σε θερμότητα, καθώς το λάδι υψηλής πίεσης στραγγαλίζεται και επιστρέφει στη δεξαμενή χωρίς να παράγει έργο.
2. **Υπολογισμός:**
 - $P_{\text{relief}} = (Q * p) / 600$, όπου p είναι η πίεση ρύθμισης της βαλβίδας.
 - $P_{\text{relief}} = (120 \text{ l/min} * 280 \text{ bar}) / 600 = 33,600 / 600 = 56 \text{ kW}$
 - Όταν η βαλβίδα ανοίγει, **56 kW ισχύος μετατρέπονται συνεχώς σε θερμότητα.**

β) Άνοδος Θερμοκρασίας (ΔT):

1. **Συνολική Θερμική Ενέργεια (Q_{heat}):**
 - Ενέργεια = Ισχύς * Χρόνος
 - $Q_{\text{heat}} = 56 \text{ kW} * (2 \text{ min} * 60 \text{ s/min}) = 56 \text{ kJ/s} * 120 \text{ s} = 6,720 \text{ kJ}$
2. **Μάζα Λαδιού στη Δεξαμενή (m):**
 - $m = \text{Όγκος} * \text{Πυκνότητα} = 600 \text{ l} * 0.88 \text{ kg/l} = 528 \text{ kg}$
3. **Άνοδος Θερμοκρασίας:**
 - Από τον τύπο της θερμιδομετρίας $Q_{\text{heat}} = m * c * \Delta T$, λύνουμε ως προς ΔT .
 - $\Delta T = Q_{\text{heat}} / (m * c) = 6,720 \text{ kJ} / (528 \text{ kg} * 2.0 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C})$
 - $\Delta T = 6,720 / 1056 \approx 6.4^\circ\text{C}$
 - **Η θερμοκρασία του λαδιού θα αυξηθεί κατά 6.4°C μέσα σε μόλις 2 λεπτά, κάτι που υποδηλώνει πιθανό πρόβλημα στο σύστημα ή υπερθέρμανση.**

ΑΣΚΗΣΗ 6.2: Ρύθμιση Βαλβίδας Αναλογίας (Sequence Valve)

Εκφώνηση: Δύο κύλινδροι σε σειρά. Ο Α ($\varnothing 80\text{mm}$) πρέπει να κινηθεί πρώτος και μετά ο Β ($\varnothing 63\text{mm}$). Η πίεση του συστήματος είναι 200 bar. Σε ποια πίεση πρέπει να ρυθμιστεί η βαλβίδα αναλογίας;

Λύση με Επεξήγηση:

1. **Θεωρία:** Μια βαλβίδα αναλογίας είναι μια κανονικά κλειστή βαλβίδα που ανοίγει όταν η πίεση στην είσοδό της φτάσει σε μια προκαθορισμένη τιμή. Στο κύκλωμα αυτό, το λάδι πηγαίνει πρώτα στον κύλινδρο Α. Όταν ο Α φτάσει στο τέλος της διαδρομής του, δεν μπορεί να κινηθεί άλλο, οπότε η πίεση στη γραμμή αρχίζει να αυξάνεται. Η βαλβίδα αναλογίας "αισθάνεται" αυτή την αύξηση και, όταν φτάσει στην τιμή ρύθμισής της, ανοίγει και επιτρέπει στο λάδι να πάει στον κύλινδρο Β.
2. **Ρύθμιση:** Η πίεση που απαιτείται για να κινηθεί ο κύλινδρος Α εξαρτάται από το φορτίο του. Η βαλβίδα αναλογίας πρέπει να ρυθμιστεί σε μια πίεση που είναι **σίγουρα υψηλότερη** από τη μέγιστη πίεση που απαιτεί ο κύλινδρος Α για την εργασία του, αλλά **χαμηλότερη** από τη μέγιστη πίεση του συστήματος.

3. **Πρακτικός Κανόνας:** Ένας καλός πρακτικός κανόνας είναι να ρυθμίζεται στο 80-85% της μέγιστης πίεσης του συστήματος, εφόσον αυτό καλύπτει με ασφάλεια τις ανάγκες του πρώτου κυλίνδρου.

4. **Υπολογισμός:**

- ο $P_{\text{ρύθμισης}} = 80\% * 200 \text{ bar} = 160 \text{ bar}$
- ο $P_{\text{ρύθμισης}} = 85\% * 200 \text{ bar} = 170 \text{ bar}$
- ο **Η βαλβίδα αναλογίας πρέπει να ρυθμιστεί σε μια τιμή μεταξύ 160-170 bar.**

Ολοκληρώνουμε την ανάλυση με το έβδομο μάθημα, το οποίο είναι εξαιρετικά σημαντικό καθώς συνδέει όλη την προηγούμενη θεωρία με τις πραγματικές, κρίσιμες εφαρμογές πάνω σε ένα πλοίο.

ΜΑΘΗΜΑ 7ο: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 7.1: Υπολογισμοί για Σύστημα Πηδαλίου

Εκφώνηση: Πλοίο 15,000 DWT κινείται με ταχύτητα 15 knots. Το πηδάλιό του έχει εμβαδόν 12 m². Υπολογίστε:

- α) Τη μέγιστη ροπή που ασκείται στο πηδάλιο.
- β) Τη δύναμη που πρέπει να ασκήσει ο κύλινδρος (με βραχίονα 1.2m).
- γ) Την πίεση που απαιτείται για κύλινδρο Ø280mm.

Απαραίτητη Θεωρία:

- **Ροπή Πηδαλίου (M):** Η ροπή που ασκούν οι υδροδυναμικές δυνάμεις στο πηδάλιο όταν αυτό στρέφεται, εξαρτάται από την ταχύτητα του πλοίου, το εμβαδόν του πηδαλίου και άλλους παράγοντες. Ο τύπος που δίνεται είναι:
 $M = \frac{1}{2} * \rho * v^2 * A * C * b$ (Αν και το παράδειγμα χρησιμοποιεί έναν απλοποιημένο υπολογισμό, αυτή είναι η πλήρης μορφή).
- **Σχέση Ροπής και Δύναμης:** Η ροπή (M) είναι το γινόμενο της δύναμης (F) επί την κάθετη απόσταση (βραχίονας, r) από το σημείο περιστροφής: $M = F * r$. Επομένως, $F = M / r$.
- **Σχέση Δύναμης και Πίεσης:** $F = P * A$, άρα $P = F / A$.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. **Μετατροπή Ταχύτητας:**

- ο $1 \text{ knot} \approx 0.514 \text{ m/s}$
- ο $v = 15 \text{ knots} * 0.514 \approx 7.7 \text{ m/s}$

α) **Μέγιστη Ροπή (M):**

- Ο υπολογισμός που συνδυάζει τους συντελεστές και τις διαστάσεις: $M = \frac{1}{2} * 1025 * 7.7^2 * 12 * 0.3 * 2.5$. Ο αριθμός 2.5 πιθανώς αντιστοιχεί στο ύψος ή μια άλλη διάσταση του πηδαλίου.
- $M = 0.5 * 1025 * 59.3 * 12 * 0.3 * 2.5$
- $M \approx 273,500 \text{ Nm} = 273.5 \text{ kNm}$
- **Η μέγιστη ροπή που ασκείται στο πηδάλιο είναι 273.5 kNm.**

β) Δύναμη Κυλίνδρου (F):

- $F = M / r = 273,500 \text{ Nm} / 1.2 \text{ m} \approx 227,917 \text{ N}$
- $F \approx 227.9 \text{ kN}$
- **Ο κύλινδρος πρέπει να ασκήσει δύναμη 227.9 kN.**

γ) Απαιτούμενη Πίεση (P):

- **Εμβαδόν:** $d = 280 \text{ mm} = 0.28 \text{ m}$, $r = 0.14 \text{ m}$. $A = \pi * (0.14)^2 \approx 0.0616 \text{ m}^2$
- **Θεωρητική Πίεση:** $P = F / A = 227,917 \text{ N} / 0.0616 \text{ m}^2 \approx 3,700,000 \text{ Pa} \approx 37 \text{ bar}$
- **Πίεση Συστήματος:** Στην πράξη, εφαρμόζεται ένας μεγάλος συντελεστής ασφαλείας (τυπικά 2 ή παραπάνω) για το κρίσιμο σύστημα του πηδαλίου.
 - $P_{\text{system}} = 37 \text{ bar} * 2 = 74 \text{ bar}$
- Ένα τυπικό σύστημα πηδαλίου λειτουργεί σε πιέσεις **100-150 bar**, οπότε η επιλογή ενός συστήματος στα 74 bar (ή υψηλότερα) είναι λογική.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 7.3: Υπολογισμοί για Βαρούλκο Άγκυρας

Εκφώνηση: Πλοίο έχει άγκυρα 4,000 kg και αλυσίδα Ø60mm, μήκους 150m. Το βάθος είναι 80m. Υπολογίστε:

- α) Το συνολικό βάρος που πρέπει να ανελκυστεί.
- β) Τη συνολική δύναμη ανέλκυσης (με συντελεστή αντίστασης 1.2).
- γ) Τη ροπή στον τύμπανο (διάμετρος 0.8m).
- δ) Την ισχύ για ταχύτητα 9 m/min (με απόδοση 0.85).

Λύση Βήμα προς Βήμα:

α) Συνολικό Βάρος:

1. **Βάρος Αλυσίδας ανά Μέτρο:** εμπειρικός τύπος: $W/m \approx 0.022 * d^2$ (με d σε mm) - $> 0.022 * 60^2 = 79.2 \text{ kg/m}$.
2. **Βάρος Αλυσίδας στο Νερό:** Το βάρος μειώνεται λόγω της άνωσης.
 - $\text{Βάρος}_{\text{νερό}} = \text{Βάρος}_{\text{αέρας}} * 0.87 = 79.2 \text{ kg/m} * 0.87 \approx 68.9 \text{ kg/m}$.
3. **Βάρος Ολόκληρης Αλυσίδας στο Νερό (για το δεδομένο βάθος):**
 - $W_{\text{chain}} = 68.9 \text{ kg/m} * 80 \text{ m} = 5,512 \text{ kg}$. (υπολογίζει με βάρος στον αέρα και μετά κάνει τη διόρθωση, φτάνοντας σε παρόμοιο αποτέλεσμα).
 - $W_{\text{chain_total}} (\text{αέρας}) = 79.2 \text{ kg/m} * 150 \text{ m} = 11,880 \text{ kg}$
 - $W_{\text{chain_underwater}} (\text{αέρας}) = 11,880 \text{ kg} * 0.87 \approx 10,340 \text{ kg}$. Αυτό είναι το βάρος που θα είχε ολόκληρη η αλυσίδα αν ήταν στο νερό.
4. **Συνολικό Βάρος:** $W_{\text{total}} = W_{\text{anchor}} + W_{\text{chain_underwater}} = 4,000 \text{ kg} + 10,340 \text{ kg} = 14,340 \text{ kg}$.
 - **Το συνολικό βάρος προς ανέλκυση είναι 14,340 kg.**

β) Δύναμη Ανέλκυσης (F):

- $F_{\text{βάρος}} = 14,340 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2 \approx 140,700 \text{ N}$
- $F_{\text{total}} = F_{\text{βάρος}} * 1.2 \text{ (αντιστάσεις)} = 140,700 * 1.2 \approx 168,840 \text{ N} \approx 169 \text{ kN}$
- **Η απαιτούμενη δύναμη είναι 169 kN.**

γ) Ροπή στον Τύμπανο (M):

- Διάμετρος τύμπανου = 0.8 m, άρα ακτίνα (r) = 0.4 m.
- $M = F * r = 168,840 \text{ N} * 0.4 \text{ m} = 67,536 \text{ Nm} \approx 67.5 \text{ kNm}$
- **Η απαιτούμενη ροπή είναι 67.5 kNm.**

δ) Ισχύς Κινητήρα (P_motor):

1. **Ταχύτητα:** $v = 9 \text{ m/min} = 9/60 \text{ m/s} = 0.15 \text{ m/s}$
2. **Μηχανική Ισχύς στο Τύμπανο:** $P = F * v = 168,840 \text{ N} * 0.15 \text{ m/s} = 25,326 \text{ W} = 25.3 \text{ kW}$
3. **Ισχύς Κινητήρα:** $P_{\text{motor}} = P / \eta = 25.3 \text{ kW} / 0.85 \approx 29.8 \text{ kW}$
4. **Επιλογή:** Θα επιλέγαμε έναν κινητήρα **30 kW ή 37 kW.**

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ 7

ΑΣΚΗΣΗ 7.1: Κατανάλωση Ισχύος Γερανών

Εκφώνηση: Container ship με 2 γερανούς 40 τόνων, εύρος 30m. Ταυτόχρονη λειτουργία. Κύλινδροι luffing Ø250mm, 180 bar. Αντλίες 2 x 150 l/min, 200 bar. Υπολογίστε:

- α) Μέγιστη κατανάλωση ισχύος.
- β) Χρόνο πλήρους ανύψωσης (10m).
- γ) Θερμοκρασιακή άνοδο σε δεξαμενή 1200 λίτρων σε 1 ώρα.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

α) Μέγιστη Κατανάλωση Ισχύος (P_input):

1. **Θεωρία:** Η μέγιστη κατανάλωση συμβαίνει όταν και οι δύο αντλίες λειτουργούν στη μέγιστη πίεση του συστήματος.
2. **Συνολική Παροχή:** $Q_{\text{total}} = 2 * 150 \text{ l/min} = 300 \text{ l/min}$
3. **Υδραυλική Ισχύς:** $P_h = (300 \text{ l/min} * 200 \text{ bar}) / 600 = 100 \text{ kW}$
4. **Κατανάλωση (Ισχύς Εισόδου):** Υποθέτοντας μια τυπική απόδοση 85% ($\eta=0.85$).
 - $P_{\text{input}} = P_h / \eta = 100 \text{ kW} / 0.85 \approx 117.6 \text{ kW}$
 - **Η μέγιστη κατανάλωση ισχύος είναι περίπου 118 kW.**

β) Χρόνος Ανύψωσης (t):

1. **Θεωρία:** Ο χρόνος εξαρτάται από τον όγκο του κυλίνδρου και την παροχή της αντλίας. Ωστόσο, η άσκηση δεν συνδέει άμεσα την κίνηση ανύψωσης με τον κύλινδρο luffing (που ελέγχει την ακτίνα). Υποθέτουμε ότι η ανύψωση γίνεται από έναν άλλο κύλινδρο ή κινητήρα. Αν υποθέσουμε ότι οι κύλινδροι luffing εκτελούν διαδρομή 10m:

2. **Εμβαδόν:** $d=250\text{mm}=0.25\text{m}$, $r=0.125\text{m}$. $A = \pi * (0.125)^2 \approx 0.049 \text{ m}^2$. Για 2 γερανούς, $A_{\text{total}} = 2 * 0.049 = 0.098 \text{ m}^2$.
3. **Όγκος:** $V = A_{\text{total}} * \text{διαδρομή} = 0.098 \text{ m}^2 * 10 \text{ m} = 0.98 \text{ m}^3 = 980 \text{ λίτρα}$.
4. **Χρόνος:** $t = \text{Όγκος} / \text{Παροχή} = 980 \text{ λίτρα} / 300 \text{ l/min} = 3.27 \text{ min} \approx 196 \text{ δευτερόλεπτα}$.
 - ο Αυτό είναι ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Η άσκηση πιθανώς έχει κάποια ασάφεια στη διατύπωση.

γ) Θερμοκρασιακή Άνοδος (ΔT):

1. **Απώλειες Ισχύος:** $P_{\text{loss}} = P_{\text{input}} - P_{\text{h}} = 117.6 - 100 = 17.6 \text{ kW}$
2. **Θερμική Ενέργεια σε 1 ώρα:** $Q_{\text{heat}} = 17.6 \text{ kJ/s} * 3600 \text{ s} = 63,360 \text{ kJ}$
3. **Μάζα Λαδιού:** $m = 1200 \text{ l} * 0.88 \text{ kg/l} = 1056 \text{ kg}$
4. **Άνοδος Θερμοκρασίας:**
 - ο $\Delta T = Q_{\text{heat}} / (m * c) = 63,360 \text{ kJ} / (1056 \text{ kg} * 2.0 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}) \approx 30^\circ\text{C}$
 - ο Σε μία ώρα συνεχούς λειτουργίας, η θερμοκρασία θα ανέβει κατά 30°C , κάτι που καθιστά απαραίτητη τη χρήση ψύκτη.

Αυτή η λεπτομερής ανάλυση καλύπτει όλα τα παραδείγματα και τις ασκήσεις του εκπαιδευτικού υλικού, παρέχοντας στους σπουδαστές σας μια στέρεη βάση για την κατανόηση των υδραυλικών και πνευματικών συστημάτων στα πλοία.

ΜΑΘΗΜΑ 8ο: ΗΛΕΚΤΡΟΎΔΡΑΥΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ & PLC

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 8.1: Υπολογισμός Δύναμης Ηλεκτρομαγνήτη

Εκφώνηση: Ένας ηλεκτρομαγνήτης (solenoid) 24V DC, 2.5A, έχει πυρήνα $\varnothing 20\text{mm}$. Εκτιμήστε τη θεωρητική δύναμη που ασκεί όταν το διάκενο (η απόσταση που πρέπει να διανύσει ο πυρήνας) είναι 2mm. Υποθέστε ότι το πηνίο έχει 1,000 σπείρες ($N=1000$).

Απαραίτητη Θεωρία: Ηλεκτρομαγνητική Δύναμη

Ένας ηλεκτρομαγνήτης λειτουργεί μετατρέποντας την ηλεκτρική ενέργεια σε μαγνητικό πεδίο, το οποίο έλκει έναν μεταλλικό πυρήνα (plunger). Η δύναμη αυτή είναι ισχυρότερη όταν το διάκενο είναι μικρό και εξασθενεί πολύ γρήγορα καθώς το διάκενο μεγαλώνει.

- **Τύπος Υπολογισμού:** $F = (N^2 * \mu_0 * A * I^2) / (2 * g^2)$
 - ο F: Δύναμη έλξης σε Newtons (N)
 - ο N: Αριθμός σπειρών του πηνίου
 - ο μ_0 : Μαγνητική διαπερατότητα του κενού (σταθερά, $4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$)
 - ο A: Επιφάνεια του πυρήνα σε m^2
 - ο I: Ρεύμα στο πηνίο σε Amperes (A)
 - ο g: Μήκος του αεροδιακένου σε μέτρα (m)

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. **Μετατροπή Μονάδων σε SI:**

- ο Διάμετρος πυρήνα = 20 mm, άρα ακτίνα $r = 10 \text{ mm} = 0.01 \text{ m}$.
- ο Διάκενο $g = 2 \text{ mm} = 0.002 \text{ m}$.

2. Υπολογισμός Επιφάνειας Πυρήνα (A):

- ο $A = \pi * r^2 = 3.14 * (0.01)^2 = 3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

3. Αντικατάσταση στον Τύπο:

- ο $F = (1000^2 * (4\pi \times 10^{-7}) * (3.14 \times 10^{-4}) * 2.5^2) / (2 * 0.002^2)$
- ο $F = (10^6 * 1.256 \times 10^{-6} * 3.14 \times 10^{-4} * 6.25) / (2 * 4 \times 10^{-6})$
- ο $F = (2.467 \times 10^{-3}) / (8 \times 10^{-6})$
- ο $F \approx 308 \text{ N}$

Συμπέρασμα:

Η θεωρητική δύναμη είναι περίπου **308 N**. Στην πράξη, λόγω διαφόρων απωλειών (μαγνητικών, τριβών), η πραγματική δύναμη είναι σημαντικά μικρότερη, της τάξης των 40-60 N. Ωστόσο, ακόμα και αυτή η δύναμη είναι υπεραρκετή για να μετακινήσει το έμβολο μιας μικρής πιλοτικής βαλβίδας, η οποία με τη σειρά της θα ελέγξει την κύρια βαλβίδα υψηλής πίεσης.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 8.2: Επιλογή Τύπου Ηλεκτροβαλβίδας

Εκφώνηση: Επιλέξτε τον κατάλληλο τύπο ηλεκτροβαλβίδας (Άμεσης ή Πιλοτικής ενέργειας) για:

- α) Έλεγχο πνευματικού κυλίνδρου Ø32mm, στα 6 bar.
- β) Υδραυλικό κύλινδρο πηδαλίου Ø280mm, στα 150 bar.
- γ) Γρήγορη ακολουθία πνευματικών κινήσεων (<20ms).

Απαραίτητη Θεωρία:

- **Βαλβίδες Άμεσης Ενέργειας (Direct Acting):** Ο ηλεκτρομαγνήτης κινεί απευθείας το κύριο έμβολο της βαλβίδας. Είναι απλές, πολύ γρήγορες (<10ms), αλλά έχουν μικρή δύναμη. Κατάλληλες για χαμηλές πιέσεις και παροχές (κυρίως πνευματικά).
- **Βαλβίδες Πιλοτικής Ενέργειας (Pilot Operated):** Ένας μικρός ηλεκτρομαγνήτης ελέγχει μια μικρή "πιλοτική" βαλβίδα. Αυτή με τη σειρά της κατευθύνει την πίεση του ίδιου του συστήματος για να μετακινήσει το μεγάλο, κύριο έμβολο. Είναι πιο αργές (50-200ms) αλλά μπορούν να ελέγξουν τεράστιες πιέσεις και παροχές (κυρίως υδραυλικά).

Λύση με Επεξήγηση:

- **α) Πνευματικός Κύλινδρος:** Η πίεση (6 bar) και η παροχή για έναν μικρό κύλινδρο είναι χαμηλές. Μια **5/2 βαλβίδα Άμεσης Ενέργειας 24V DC** είναι ιδανική, καθώς είναι οικονομική και αρκετά γρήγορη για τις περισσότερες πνευματικές εφαρμογές.
- **β) Υδραυλικός Κύλινδρος Πηδαλίου:** Η πίεση (150 bar) και η παροχή για έναν τόσο μεγάλο κύλινδρο είναι τεράστιες. Είναι αδύνατο για έναν ηλεκτρομαγνήτη να τις ελέγξει άμεσα. Η μόνη επιλογή είναι μια **4/3 βαλβίδα Πιλοτικής Ενέργειας 24V DC**.

- **γ) Γρήγορη Ακολουθία:** Η απαίτηση για χρόνο απόκρισης κάτω από 20ms αποκλείει τις πιλοτικές βαλβίδες. Χρειαζόμαστε μια **3/2 βαλβίδα Άμεσης Ενέργειας (High Speed)**. Πρόκειται για ειδικούς ηλεκτρομαγνήτες σχεδιασμένους για εξαιρετικά γρήγορη ενεργοποίηση/απενεργοποίηση.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 8.4: Ερμηνεία Σήματος Πομπού Πίεσης

Εκφώνηση: Ένα σύστημα πηδαλίου χρησιμοποιεί πομπούς πίεσης με εύρος 0-200 bar και έξοδο 4-20 mA. Οι μετρήσεις σε δύο διαφορετικές στιγμές είναι 8.5 mA και 17.2 mA. Υπολογίστε τις αντίστοιχες πιέσεις.

Απαραίτητη Θεωρία: Βιομηχανικό Πρότυπο 4-20 mA

Αυτό είναι το πιο κοινό πρότυπο για τη μετάδοση αναλογικών μετρήσεων στη βιομηχανία.

- **4 mA** αντιστοιχεί πάντα στο **0%** της μέτρησης (εδώ, 0 bar).
- **20 mA** αντιστοιχεί πάντα στο **100%** της μέτρησης (εδώ, 200 bar).
- Η σχέση είναι γραμμική. Το εύρος του σήματος είναι $20 - 4 = 16 \text{ mA}$. Το εύρος της μέτρησης είναι 200 bar. Άρα, κάθε 1 mA πάνω από τα 4 mA αντιστοιχεί σε $200 \text{ bar} / 16 \text{ mA} = 12.5 \text{ bar}$.

Λύση Βήμα προς Βήμα:

1. Υπολογισμός για 8.5 mA:

- Το σήμα είναι $8.5 - 4 = 4.5 \text{ mA}$ πάνω από το μηδέν.
- $P_1 = 4.5 \text{ mA} * 12.5 \text{ bar/mA} = 56.25 \text{ bar}$
- **Η πίεση είναι 56.25 bar, υποδεικνύοντας χαμηλό φορτίο στο πηδάλιο.**

2. Υπολογισμός για 17.2 mA:

- Το σήμα είναι $17.2 - 4 = 13.2 \text{ mA}$ πάνω από το μηδέν.
- $P_2 = 13.2 \text{ mA} * 12.5 \text{ bar/mA} = 165 \text{ bar}$
- **Η πίεση είναι 165 bar, υποδεικνύοντας υψηλό φορτίο στο πηδάλιο (π.χ. από έντονα κύματα ή υψηλή ταχύτητα πλοίου).**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 8.5 & 8.6 & 8.7: Εισαγωγή στον Προγραμματισμό PLC (Ladder Logic)

Αυτά τα παραδείγματα εισάγουν τη λογική του προγραμματισμού. Η ανάλυση γίνεται εξηγώντας τη λειτουργία κάθε γραμμής (rung) του προγράμματος.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 8.5 (Ασφαλής Έλεγχος Κυλίνδρου):

- **Απλή Λογική:** START -> Κύλινδρος Έξω. STOP -> Κύλινδρος Μέσα.
- **Ασφαλής Λογική (όπως παρουσιάζεται):**
 - **Rung 1:** Για να βγει ο κύλινδρος (A+), πρέπει να πατηθεί το START **ΚΑΙ** ο αισθητήρας a0 να είναι ενεργός (να επιβεβαιώνει ότι ο κύλινδρος είναι ήδη μέσα).

- **Rung 2:** Για να μπει ο κύλινδρος (A-), πρέπει να πατηθεί το STOP **ΚΑΙ** ο αισθητήρας a1 να είναι ενεργός (να επιβεβαιώνει ότι ο κύλινδρος είναι ήδη έξω).
- **Επεξήγηση για Σπουδαστές:** Αυτή η "δικλείδα ασφαλείας" (interlock) αποτρέπει την αποστολή αντιφατικών εντολών στη βαλβίδα και προστατεύει το σύστημα από μηχανική βλάβη.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 8.6 (Ακολουθία με Χρονικό):

- **Εκφώνηση:** $A^+ \rightarrow \text{Περίμενε } 3s \rightarrow B^+ \rightarrow B^- \rightarrow A^-$
- **Επεξήγηση Λογικής:**
 - **Rung 1:** Το START ενεργοποιεί την έξοδο A^+ .
 - **Rung 2:** Ο αισθητήρας a1 (που επιβεβαιώνει ότι το A^+ ολοκληρώθηκε) ξεκινά έναν χρονιστή On-Delay (TON) 3 δευτερολέπτων.
 - **Rung 3:** Όταν το χρονικό ολοκληρώσει τη μέτρηση (Timer done), ενεργοποιεί την έξοδο B^+ .
 - **Rung 4 & 5:** Η υπόλοιπη ακολουθία εκτελείται με βάση τα σήματα από τους αισθητήρες b1 και b0, όπως στο προηγούμενο παράδειγμα.

Συμπέρασμα: Το PLC επιτρέπει τον εύκολο προγραμματισμό πολύπλοκων αλληλουχιών που συνδυάζουν εντολές, επιβεβαιώσεις από αισθητήρες και χρονικές καθυστερήσεις.

ΜΑΘΗΜΑ 8ο (Συνέχεια): ΠΛΗΡΕΣ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ PLC

Πλήρες Παράδειγμα: Αυτοματισμός Υδραυλικής Πρέσας 200 τόνων

Εκφώνηση (Περιγραφή Λειτουργίας):

Μια υδραυλική πρέσα χρησιμοποιείται για τη διαμόρφωση μεταλλικών αντικειμένων. Ο χειριστής τοποθετεί το υλικό και ο κύκλος λειτουργίας είναι ο εξής:

1. Ο χειριστής πατάει το κουμπί **START** (με δύο χέρια για ασφάλεια).
2. Η πρέσα κατεβαίνει με **γρήγορη ταχύτητα**.
3. Ένας αισθητήρας (a1) ανιχνεύει ότι η πρέσα πλησιάζει το υλικό και η ταχύτητα μειώνεται σε **αργή**.
4. Η πρέσα πιέζει το υλικό. Όταν η πίεση φτάσει τα **180 bar** (ανιχνεύεται από πιεσοστάτη), ξεκινά η **κράτηση για 5 δευτερόλεπτα**.
5. Μετά τα 5 δευτερόλεπτα, η πρέσα **ανυψώνεται** αυτόματα.
6. Όταν επιστρέψει στην αρχική της θέση (αισθητήρας a0), ο κύκλος τελειώνει.
7. Ένας προφυλακτήρας ασφαλείας πρέπει να είναι κλειστός για να ξεκινήσει ο κύκλος.

Απαραίτητη Θεωρία: Δομή Ενός Προγράμματος PLC

Ένα πρόγραμμα PLC (Ladder Diagram) εκτελείται συνεχώς, "διαβάζοντας" τις γραμμές (rungs) από πάνω προς τα κάτω, εκατοντάδες φορές το δευτερόλεπτο.

- **Είσοδοι (Inputs):** Είναι οι πληροφορίες από τον έξω κόσμο (κουμπιά, αισθητήρες).

- **Έξοδοι (Outputs):** Είναι οι εντολές που δίνει το PLC (ενεργοποίηση βαλβίδων, λυχνιών).
- **Εσωτερικές Μεταβλητές (Memory Bits 'M'):** Είναι "εικονικά ρελέ" μέσα στο PLC που χρησιμοποιούμε για να αποθηκεύουμε καταστάσεις, π.χ., "ο κύκλος είναι σε εξέλιξη".
- **Δικλείδες Ασφαλείας (Interlocks):** Είναι λογικές συνθήκες που εμποδίζουν την εκτέλεση μιας ενέργειας αν δεν πληρούνται οι προϋποθέσεις ασφαλείας.

Λύση (Ανάλυση του Ladder Program Βήμα-Βήμα):

- **Είσοδοι (I):**
 - I0.0: START
 - I0.2: Αισθητήρας Αρχικής Θέσης (a0)
 - I0.3: Αισθητήρας Υλικού (a1)
 - I0.5: Πιεσοστάτης (180 bar)
 - I0.6: Προφυλακτήρας Ασφαλείας
- **Έξοδοι (Q):**
 - Q0.0: Βαλβίδα Γρήγορης Καθόδου
 - Q0.1: Βαλβίδα Αργής Καθόδου
 - Q0.2: Βαλβίδα Ανύψωσης
 - Q0.3: Πράσινη Λυχνία (Έτοιμο)
 - Q0.4: Κόκκινη Λυχνία (Σε λειτουργία)
 - Q0.5: Βομβητής (Buzzer)
- **Μνήμη (M):**
 - M0.0: "Κύκλος σε Εξέλιξη"

Ανάλυση Γραμμών (Rungs):

- **Rung 0: Αρχικοποίηση (Πράσινη Λυχνία)**
 - **Λογική:** ΑΝ η πρέσα είναι στην αρχική θέση (I0.2) ΚΑΙ ΔΕΝ είναι σε εξέλιξη ο κύκλος (NOT M0.0), ΤΟΤΕ άναψε την πράσινη λυχνία (Q0.3).
 - **Σκοπός:** Ενημερώνει τον χειριστή ότι το σύστημα είναι έτοιμο και ασφαλές για να ξεκινήσει.
- **Rung 1: Έναρξη Κύκλου**
 - **Λογική:** ΑΝ πατηθεί το START (I0.0) ΚΑΙ η πρέσα είναι στην αρχική θέση (I0.2) ΚΑΙ ο προφυλακτήρας είναι κλειστός (I0.6) ΚΑΙ ΔΕΝ είναι ήδη σε εξέλιξη ο κύκλος (NOT M0.0), ΤΟΤΕ ενεργοποίησε (SET) τη μνήμη "Κύκλος σε Εξέλιξη" (M0.0).

- **Σκοπός:** Αυτή είναι η κεντρική εντολή εκκίνησης. Το SET "κλειδώνει" την κατάσταση, ώστε ο κύκλος να συνεχιστεί ακόμα και αν ο χειριστής αφήσει το κουμπί START.
- **Rung 2: Προειδοποιητικός Βομβητής**
 - **Λογική:** AN ο κύκλος είναι σε εξέλιξη (M0.0), TOTE ξεκίνα ένα χρονικό TON για 1 δευτερόλεπτο ΚΑΙ ενεργοποίησε τον βομβητή (Q0.5).
 - **Σκοπός:** Παρέχει μια ηχητική προειδοποίηση 1 δευτερολέπτου πριν ξεκινήσει η κίνηση της πρέσας.
- **Rung 3: Γρήγορη Κάθοδος**
 - **Λογική:** AN το χρονικό του βομβητή έχει τελειώσει (T0.Q) ΚΑΙ ΔΕΝ έχει ανιχνευθεί ακόμα το υλικό (NOT I0.3), TOTE ενεργοποίησε τη βαλβίδα γρήγορης καθόδου (Q0.0).
 - **Σκοπός:** Εκτελεί την γρήγορη προσέγγιση της πρέσας προς το υλικό.
- **Rung 4 & 5: Αλλαγή σε Αργή Κάθοδο**
 - **Λογική:** AN ανιχνευθεί το υλικό (I0.3), TOTE απενεργοποίησε (RESET) τη γρήγορη κάθοδο (Q0.0) ΚΑΙ ενεργοποίησε την αργή κάθοδο (Q0.1).
 - **Σκοπός:** Διασφαλίζει την ομαλή και ελεγχόμενη πίεση πάνω στο υλικό. Η απενεργοποίηση της Q0.0 είναι μια δικλείδα ασφαλείας.
- **Rung 6: Χρονικό Κράτησης Πίεσης**
 - **Λογική:** AN ο πιεσοστάτης ενεργοποιηθεί (I0.5), TOTE ξεκίνα ένα χρονικό TON για 5 δευτερόλεπτα (T1).
 - **Σκοπός:** Μετρά τον χρόνο που το υλικό παραμένει υπό πίεση.
- **Rung 7 & 8: Ανύψωση**
 - **Λογική:** AN το χρονικό κράτησης έχει τελειώσει (T1.Q), TOTE απενεργοποίησε την αργή κάθοδο (Q0.1) ΚΑΙ ενεργοποίησε τη βαλβίδα ανύψωσης (Q0.2), εφόσον η πρέσα δεν έχει φτάσει ήδη στην αρχική θέση (NOT I0.2).
 - **Σκοπός:** Επαναφέρει την πρέσα στην αρχική της θέση.
- **Rung 9: Τέλος Κύκλου**
 - **Λογική:** AN η πρέσα φτάσει στην αρχική θέση (I0.2), TOTE απενεργοποίησε (RESET) τη μνήμη "Κύκλος σε Εξέλιξη" (M0.0).
 - **Σκοπός:** Επαναφέρει το σύστημα στην αρχική του κατάσταση, έτοιμο για τον επόμενο κύκλο. Αυτό θα σβήσει την κόκκινη λυχνία και θα ανάψει την πράσινη (μέσω του Rung 0).
- **Rung 10: Κόκκινη Λυχνία**
 - **Λογική:** AN ο κύκλος είναι σε εξέλιξη (M0.0), TOTE άναψε την κόκκινη λυχνία (Q0.4).
 - **Σκοπός:** Οπτική ένδειξη ότι η πρέσα εκτελεί έναν κύκλο.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ

Έχοντας αναλύσει τα παραδείγματα από όλα τα μαθήματα, μπορούμε να συνοψίσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις των κύριων υδραυλικών συστημάτων ενός πλοίου.

Βασικά Χαρακτηριστικά ανά Σύστημα:

1. Πηδάλιο (Steering Gear):

- ο **Κρισιμότητα**: Το πιο κρίσιμο σύστημα για την ασφάλεια (υπόκειται σε κανόνες SOLAS).
- ο **Απαιτήσεις**: Πλήρης εφεδρεία (redundancy) με διπλές αντλίες και πηγές ενέργειας. Γρήγορος χρόνος απόκρισης (π.χ., 28s για πλήρη στροφή). Λειτουργεί σε μέτριες πιέσεις (100-150 bar).

2. Βαρούλκα (Anchor Windlass / Mooring Winches):

- ο **Κρισιμότητα**: Ανάπτυξη τεράστιων δυνάμεων και ροπών.
- ο **Απαιτήσεις**: Δυνατότητα μεταβλητής ταχύτητας. Εξαιρετικά ισχυρά και αξιόπιστα συστήματα πέδησης (φρένα). Συνήθως αυτόνομα συστήματα υψηλής πίεσης.

3. Γερανοί (Deck Cranes):

- ο **Κρισιμότητα**: Ακριβής και ομαλός έλεγχος της κίνησης.
- ο **Απαιτήσεις**: Εξελιγμένα συστήματα ασφαλείας (περιοριστές φορτίου και ροπής). Σύγχρονα συστήματα χρησιμοποιούν αντλίες μεταβλητής παροχής με "Load Sensing" για τεράστια εξοικονόμηση ενέργειας.

4. Καλύμματα Αμπαριών (Hatch Covers):

- ο **Κρισιμότητα**: Ο συγχρονισμός μεταξύ πολλαπλών κυλίνδρων είναι το κλειδί.
- ο **Απαιτήσεις**: Ασφάλεια έναντι ακούσιας πτώσης (χρήση βαλβίδων αντεπιστροφής πιλότου). Λειτουργούν συνήθως σε χαμηλότερες πιέσεις σε σχέση με τα άλλα συστήματα.

Κοινές Αρχές Όλων των Συστημάτων:

Όλα τα παραπάνω συστήματα, παρά τις διαφορές τους, σχεδιάζονται με βάση τις ίδιες θεμελιώδεις αρχές:

- **Αξιοπιστία & Εφεδρεία (Redundancy)**: Η λειτουργία πρέπει να είναι εγγυημένη, ειδικά σε κρίσιμα συστήματα.
- **Ασφάλεια (Fail-Safe)**: Σε περίπτωση βλάβης (π.χ. απώλεια ισχύος), το σύστημα πρέπει να μεταβαίνει σε μια ασφαλή κατάσταση (π.χ. το φρένο ενεργοποιείται, το φορτίο παραμένει ακίνητο).
- **Συντηρησιμότητα**: Πρέπει να υπάρχει εύκολη πρόσβαση στα εξαρτήματα για έλεγχο, επισκευή και αντικατάσταση.

- **Απομακρυσμένος Έλεγχος:** Η λειτουργία όλων των συστημάτων γίνεται από κεντρικά σημεία ελέγχου (γέφυρα, control room).

Η ολοκλήρωση αυτών των μαθημάτων παρέχει στους σπουδαστές σας μια ολοκληρωμένη εικόνα, από τις βασικές αρχές της φυσικής μέχρι τον προγραμματισμό και τις πραγματικές εφαρμογές, καθιστώντας τους ικανούς να κατανοούν, να συντηρούν και να επιλύουν προβλήματα σε αυτά τα πολύπλοκα αλλά και συναρπαστικά συστήματα.