

# ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

## ΜΗΧΑΤΡΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

ΖΑΜΠΑΚΛΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
Α.Μ. 3796

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
Επικουρος Καθηγητής ΦΟΥΣΚΙΤΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή.....	6
2. Μηχατρονική και Παραδείγματα.....	9
3. Τι Είναι η Μηχατρονική.....	11
3.1. Ορισμός της Μηχατρονικής.....	11
3.2. Η Μηχατρονική ως Σύνθεση Τεχνολογιών.....	14
3.3. Βασικά Ιστορικά Στοιχεία.....	14
3.4. Πλεονεκτήματα Χρήσης της Μηχατρονικής.....	17
3.5. Ασκήσεις.....	19
4. Διδακτική Προσέγγιση της Μηχατρονικής.....	21
5. Μετατροπείς Ενέργειας.....	23
5.1. Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος (DC).....	23
5.1.1. Εισαγωγή.....	23
5.1.2. PM-DC Κινητήρας.....	24
5.1.3. DC Κινητήρας Παράλληλης Διέγερσης.....	27
5.2. Βηματικοί Κινητήρες.....	30
5.3. Υδραυλικοί Κινητήρες.....	33
5.4. Πιεζοηλεκτρικοί Ενεργοποιητές.....	36
5.5. Ασκήσεις.....	37
6. Εφαρμογές.....	41
6.1. Βιομηχατρονική.....	41
6.2. Ο Θερμοστάτης.....	41
6.3. Animatronics.....	44

6.4. Χειριστής Αέρος Οικιακής Χρήσης.....	46
6.5. CD-ROM Players.....	47
6.6. Αυτοκινητοβιομηχανία.....	49
6.6.1. Τεχνολογία στο Σημερινό Όχημα.....	49
6.6.2. Βοήθεια Παρκαρίσματος.....	50
6.6.3. Νυχτερινή Όραση (Night Vision).....	51
6.6.4. Σύστημα Προστασίας Πεζών.....	51
6.6.5. Μηχατρονικό Σύστημα Θυρών.....	51
6.6.6. Μηχατρονική της Ανοιγόμενης Οροφής.....	52
6.6.7. Μηχατρονικό Σύστημα ESP® (Elektronisches Stabilitäts- Programm ESP).....	52
6.6.8. Μηχατρονικό Σύστημα ESP® με Έλεγχο Φορτίου.....	52
6.6.9. Σύστημα Αντιμπλοκαρίσματος Φρένων – Anti-lock Braking Systems (ABS).....	52
6.6.10. Μαγνητικές Βαλβίδες.....	55
6.6.11. Η Αντλία Υγρών.....	56
6.6.12. Υδραυλικά Συστήματος.....	56
6.6.13. Προβλήματα Που Εμφανίζονται Από τη Χρήση του ABS ...	57
6.7. Ασκήσεις.....	57
7. Μοντελοποίηση – Προσομοίωση – Έλεγχος Σχεδίασης.....	59
7.1. Μηχατρονικός Σχεδιασμός.....	60
7.2. Εργαλεία για Μοντελοποίηση, Προσομοίωση και Έλεγχο Σχεδίασης.....	61
7.3. Ασκήσεις.....	64

8. Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος.....	66
8.1. Επεξεργασία Σήματος.....	66
8.2. Ορισμός του DSP.....	66
8.3. Εφαρμογές των DSP.....	67
8.4. Επεξεργαστές Ψηφιακού Σήματος - <i>Digital Signal Processors (DSPs)</i> .....	67
8.5. Αναλογικά και Ψηφιακά Φίλτρα.....	67
8.6. Ασκήσεις.....	68
9. Αιθητήρια.....	70
9.1. Γενικά Στοιχεία.....	70
9.2. Αισθητήρες Διαδρομής -Γωνιακής Θέσης.....	72
9.3. Αισθητήρες Πίεσης.....	72
9.4. Αισθητήρες Στάθμης.....	73
9.5. Αισθητήρες Θερμοκρασίας.....	73
9.6. Αισθητήρες Υγρασίας.....	73
9.7. Αισθητήρες Ροής.....	73
9.8. Αισθητήρες Δύναμης, Πίεσης, Επιμήκυνσης.....	74
9.9. Τα Πιεζοηλεκτρικά Στοιχεία.....	74
9.10. Χωρητικοί Αισθητήρες Προσέγγισης.....	77
9.11. Μαγνητικοί Διακόπτες Προσέγγισης.....	77
9.12. Αισθητήρες Επιτάχυνσης.....	78
9.13. Οπτοδιακόπτες (Optointerrupter).....	79
9.14. Αισθητήρες Όρασης.....	81
9.15. Αισθητήρες Θερμότητας.....	82

9.16. Αισθητήρες Ήχου.....	83
9.17. Το Αισθητήριο Hall Effect.....	84
9.17.1. Ανιχνευτής Μετάλλου σε Κοντινή Απόσταση.....	86
9.18. Αισθητήρες Κίνησης.....	86
9.18.1. Αναζήτηση Ακτίνας Laser.....	86
9.18.2. Υπερηχητικοί Αισθητήρες (Ultrasonic Sensors).....	87
9.18.3. Ραντάρ.....	88
9.19. Ασκήσεις.....	90
10. Εκπαιδευτικό υλικό για την Μηχατρονική.....	92

## 1. Εισαγωγή

Η εξέλιξη και τα χαρακτηριστικά των σύγχρονων βιομηχανικών και τεχνολογικών συστημάτων, η σύνθεση των τεχνολογιών και η ενσωμάτωση της πληροφορικής, η συνεχής εξάρτηση της ανθρώπινης καθημερινότητας από την πληροφορική, καθώς και ο ρόλος και η συμβολή των τεχνολογιών στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη είναι ορισμένοι από τους λόγους εξεύρεσης και ανάπτυξης μιας νέας τεχνολογίας, αυτής της μηχανικής.

Τα σύγχρονα τεχνολογικά συστήματα αποκαλούνται - και καθόλου άδικα - 'εύελικτα' και 'έξυπνα'. Οι λόγοι που τους αποδίδονται αυτά τα χαρακτηριστικά είναι οι εξής:

- Πολλαπλές λειτουργίες {κύριες και βοηθητικές π.χ. αυτοδιάγνωση}
- Πολλαπλές εφαρμογές
- Δυνατότητα λειτουργίας σε διαφορετικές συνθήκες
- Επικοινωνία με το χειριστή, παροχή πληροφοριών για την κατάσταση και τη λειτουργία
- Διασύνδεση και συνεργασία μεταξύ συστημάτων καθώς και με ευρύτερες δομές διαχείρισης και συντονισμού {π.χ. σε τοπικά δίκτυα ή σε δίκτυα μέσω Internet}

Παραπάνω αναφερθήκαμε συνοπτικά σε ορισμένα από τα πλεονεκτήματα που διαθέτουν τα σύγχρονα τεχνολογικά συστήματα.

Λόγω των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζουν, είναι εύλογο να βρίσκουν αρκετές εφαρμογές {για αυτό χαρακτηρίζονται και εύελικτα}, με αποτέλεσμα να κυριαρχούν σε όλους σχεδόν τους τομείς της οικονομικής και κοινωνικής ζωής.

Λόγου χάρη:

- Στην καθημερινή χρήση, όπως οικιακές και καταναλωτικές συσκευές, μηχανές κ.τ.λ.
- Στην βιομηχανική παραγωγή, όπως εργαλειομηχανές, ρομπότ, μηχανές και διατάξεις συσκευασίας ή αποθήκευσης
- Στις μεταφορές και στα δίκτυα, όπως τα έξυπνα τραίνα, αεροπλάνα και οχήματα, οι αεροδιαστημικές και ναυτικές εφαρμογές
- Στις υπηρεσίες και στους διάφορους τομείς δημοσίου ενδιαφέροντος, όπως η εθνική άμυνα (συστήματα οπλισμού, πρόβλεψης κ.α.), η υγεία και η περίθαλψη, η ασφάλεια χώρων και εγκαταστάσεων

Στις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται όπως προαναφέρθηκε αλματώδης ανάπτυξης στον τομέα της τεχνολογίας. Αυτός ο τεχνολογικός οργανισμός που έχει κατακλύσει την καθημερινότητα μας οφείλεται κυρίως στις ευκολίες που μπορεί να παρέχει η τεχνολογία και είναι αποτέλεσμα, της ανάπτυξης και της εξάπλωσης διαφορετικών τομέων τεχνολογίας.

Κάπου εδώ μπαίνει και ο ρόλος της πληροφορικής. Ουσιαστικά η πληροφορική επιμελήθηκε {με πλήρη επιτυχία} το συνδυασμό των διαφορετικών τομέων τεχνολογίας. Με απλά λόγια ενσωματώνονται δύο ή και περισσότερες διαφορετικές τεχνολογίες π.χ. συνδυάζουν ηλεκτρονικά, ηλεκτρικά και υδραυλικά μέρη. Επίσης περιλαμβάνουν διατάξεις επεξεργασίας πληροφορίας, συνήθως με τη μορφή ολοκληρωμένου κυκλώματος (chip) μικροεπεξεργαστή { μικροελεγκτή}.

Το κοινό συστατικό πλέον δεν είναι άλλο από τη διάταξη επεξεργασίας της πληροφορίας {μικροεπεξεργαστής}, η οποία χαρακτηρίζεται για τα εξής:

- Ευελιξία {προγραμματιζόμενη λογική}
- Ευφυΐα {ταχεία επεξεργασία μεγάλης ποσότητας πληροφοριών}
- Δυνατότητες και τιμή {ταχύτατη εμπορική και τεχνολογική διάδοση}

Εφαρμογές μικροεπεξεργαστών ή καλλίτερα μικροελεγκτών συναντούμε παντού.

Επί παραδείγματι:

Στη βαριά βιομηχανία, όπως στην παραγωγή αυτοκινήτων. Ένα σύγχρονο αυτοκίνητο υπολογίζεται ότι περιέχει 15 με 20 διαφορετικούς μικροεπεξεργαστές. Μερικές από τις λειτουργίες που εκτελούν είναι η ενεργή ανάρτηση, η πέδηση αντι-εμπλοκής (ABS), ο κλιματισμός, η καύση, το ηχοσύστημα, η πορεία σταθερής ταχύτητας (cruise), η ρύθμιση ύψους, το οδόμετρο, το ταχύμετρο, η μετάδοση, τετρακίνησης, το drive by wire, η ενεργή απόσβεση θορύβου, η πλοήγηση και η αποφυγή συγκρούσεων. Το ποσοστό κόστους αυτών των συστημάτων σήμερα ως προς τη συνολική αξία υπολογίζεται στο (15-20)%

Στις σύγχρονες οικιακές συσκευές όπως, πιεσόμετρο, ζυγαριά, βιντεοκάμερα, πλυντήριο ρούχων, πλυντήριο πιάτων, κλιματιστικό, φούρνος μικροκυμάτων, ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, κουζίνα, ηχοστήματα, ραπτομηχανή, τηλεόραση, τηλέφωνο, ψυγείο, γραφομηχανή, βίντεο κ.α.

Όμως ο μεγαλύτερος όγκος παραγωγής μικροεπεξεργαστών και εν γένει ολοκληρωμένων κυκλωμάτων αφορά στοιχεία που ενσωματώνονται σε συσκευές, διατάξεις κ.τ.λ. προϊόντα που παράγονται σε μεγάλους όγκους. Αναφέρουμε μερικά ενδεικτικά, μικροελεγκτές, ηλεκτρικά εγγραφόμενες μνήμες (EPROM, EEPROM, FLASH κλπ.), προγραμματιζόμενη λογική, χρονοστάτες, κυκλώματα για εφαρμογές 'πραγματικού χρόνου'.

Η τεχνολογία καλείται λοιπόν να ανταποκριθεί σε πάγιες επιδιώξεις που απορρέουν από τις συνεχείς απαιτήσεις της οικονομίας και της κοινωνίας. Καλείται να αυξάνει συνεχώς τις προδιαγραφές των προϊόντων (βελτίωση της ποιότητας). Να παρέχει αυξημένη ασφάλεια στο χρήστη και στο περιβάλλον. Να αποκτήσει περισσότερη ευελιξία και προσαρμοστικότητα. Να γίνει ακόμη πιο αξιόπιστη και να χρήζει ευκολότερης και λιγότερης συντήρησης. Να ανταποκρίνεται σε θεσμικούς περιορισμούς και κανόνες. Να αποκτήσει αυξημένη οικονομική και παραγωγική απόδοση. Αύξηση της ποσότητας των παραγομένων προϊόντων. Μείωση λειτουργικού κόστους και δαπάνης επενδύσεων. Ο τεχνολογικός κόσμος με σκοπό να επιτύχει τις παραπάνω επιδιώξεις, πορεύτηκε στη βελτίωση κάθε (υφιστάμενης ή νέας) τεχνολογίας ξεχωριστά, συνυπολογίζοντας και τη συνεργασία με τις άλλες τεχνολογίες. Επίσης προχώρησε στην ανάπτυξη νέων 'διασταυρώσεων' τεχνολογιών, π.χ. υδραυλικών και πιεζοηλεκτρικών στοιχείων. Τέλος επιχείρησε την αποτελεσματική εκμετάλλευση των υφιστάμενων συστημάτων με νέες λύσεις αυτοματισμού και πληροφορικής. Από τα παραπάνω προέκυψε μια σειρά από νέες δραστηριότητες και τεχνολογικές υπηρεσίες οι οποίες προσδόθηκαν στους τεχνικούς (engineering). Τις αναφέρουμε επιγραμματικά:

- Σχεδιασμός, η δοκιμή, η βελτίωση και οι άλλες δραστηριότητες ανάπτυξης νέων συστημάτων, συσκευών και διατάξεων, με βάση και την εμπειρία της πρακτικής εφαρμογής τους.
- Πλήρης αξιοποίηση των δυνατοτήτων και των επιδόσεων των συστημάτων σε πραγματικές συνθήκες, δηλαδή οι δραστηριότητες παραγωγικής εκμετάλλευσης.
- Διάγνωση, συντήρηση, αναβάθμιση κ.τ.λ. δραστηριότητες επισκευής των συστημάτων.

Η μηχανική είναι μια διεπιστημονική περιοχή γνώσης μεταξύ της ηλεκτροτεχνίας/ηλεκτρονικής μηχανικής/μηχανολογίας και πληροφορικής. Ένα από τα ουσιαστικά σημεία τομής μεταξύ του μηχανικού κόσμου και της επεξεργασίας της πληροφορίας είναι οι ηλεκτρομηχανικοί μετατροπείς. Αυτοί αισθάνονται ως αισθητήρια μηχανικά μεγέθη όπως π.χ. δρόμο, πίεση, επιτάχυνση κ.τ.λ. και τα μετατρέπουν σε ηλεκτρικά σήματα. Η διαδικασία αυτή μετατροπής είναι αντίθετη στην περίπτωση των ενεργοποιητών, οι οποίοι μετατρέπουν ηλεκτρικά μεγέθη σε μηχανική κίνηση ή σε δυνάμεις.



## 2. Μηχατρονική και Παραδείγματα

Η λέξη μηχανική απαρτίζεται από τα γράμματα των λέξεων Μηχανικά - Μηχανολογικά Ηλεκτρονικά Πληροφορική. Στην πραγματικότητα πρόκειται για μια τεχνολογική περιοχή στην οποία παρεμβαίνουν τόσο η μηχανολογία όσο και η ηλεκτρονική και η πληροφορική.

Αυτό εξηγείται καλύτερα με ένα παράδειγμα μηχανικών προϊόντων.

Παράδειγμα φωτογραφικής μηχανής. Πριν από 30 χρόνια ήταν η φωτογραφική μηχανή μία αποκλειστικά οπτική λεπτεπίλεπτη συσκευή. Σήμερα από ολόκληρο το μηχανισμό το μόνο που έχει παραμείνει είναι το περίβλημα, οι φακοί και ελάσματα που ανοιγοκλείνουν.

Μια σύγχρονη φωτογραφική μηχανή περιέχει αισθητήρια που προσδιορίζουν την φωτεινότητα την ευαισθησία του φιλμ και το ευδιάκριτο της εικόνας. Περιέχονται ένα σύνολο από ενεργοποιητές, ηλεκτρομαγνήτες και κινητήρες, οι οποίοι μεταφέρουν το φιλμ, ανοιγοκλείνουν τα ελάσματα, ρυθμίζουν την καθαρότητα της εικόνας και την απόσταση της πυρηνικής εστίας. Όλα αυτά ελέγχονται από ένα πρόγραμμα αποθηκευμένο σε μικροελεγκτή. Σήμερα, το φιλμ έχει αντικατασταθεί από μνήμη.

Παράδειγμα κινητήρα Diesel. Οι σύγχρονοι κινητήρες είναι προϊόντα αιχμής της μηχανολογίας όπου έχει παρέμβει αποτελεσματικά η μηχανική. Η μεταφορά καυσίμου και το φορτίο οδηγούνται και ελέγχονται από ηλεκτρονική διαχείριση αποτελούμενη από αισθητήρια, ενεργοποιητές, μικροελεγκτές και πλήθος προγραμμάτων. Η νέα αυτή γενιά κινητήρων είναι αποτελεσματική, οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον. Για την προσαρμογή της συμπεριφοράς της λειτουργίας σε ειδικές συνθήκες, αρκεί σε πολλές περιπτώσεις η κατάλληλη προσαρμογή του προγράμματος.

Παράδειγμα πλυντηρίου. Μέχρι πρόσφατα ο έλεγχος και λειτουργίας των πλυντηρίων γίνετο από έναν ηλεκτρομηχανικό διακόπτη. Σήμερα, όλα ελέγχονται από το κατάλληλο πρόγραμμα, που σε πολλές περιπτώσεις δύναται να αναβαθμισθεί.

Άλλα παραδείγματα. Είναι τα επιβατικά οχήματα, που διαθέτουν ένα μεγάλο πλήθος μηχανικών συστημάτων για πρόσθετη άνεση και ασφάλεια όπως ABS, ESP, ASR κ.τ.λ. τα αεροπλάνα που πετούν καλωδιακά "fly by wire" δηλαδή χωρίς καμία μηχανική σύνδεση μεταξύ των χειριστηρίων και των πτερυγίων.

Όλα τα προαναφερόμενα παραδείγματα έχουν ένα κοινό σημείο. Πρόκειται για μηχανές και συσκευές, στις οποίες ουσιώδεις λειτουργίες δεν επιτελούνται πλέον κλασικά με το μηχανικό τρόπο, αλλά με την υποβοήθεια της μηχανικής. Εξ' αιτίας της ταχείας ανάπτυξης της μικροηλεκτρονικής είναι οι σύγχρονες αυτές λύσεις κυρίως φθηνότερες αποδοτικότερες και ευκολότερες στην προσαρμογή.

Ένα σημείο όπου ο μηχανικός κόσμος και ο κόσμος της πληροφορικής (των διακοπών) τέμνονται είναι οι ηλεκτρομηχανικοί μετατροπείς. Αυτοί, αντιλαμβάνονται ως αισθητήρια μηχανικά μεγέθη όπως π.χ. διαδρομή, πίεση, επιτάχυνση και τα μετατρέπουν σε ηλεκτρικά μεγέθη. Στην περίπτωση των ενεργοποιητών η μετατροπή αυτή είναι αντίθετη. Ηλεκτρικά σήματα μετατρέπονται σε μηχανικά, όπως π.χ. κίνηση, δύναμη κ.τ.λ.

### 3. Τι Είναι η Μηχατρονική

Η μηχατρονική είναι η συγχώνευση των ειδικοτήτων ηλεκτρονικής και της εφαρμοσμένης μηχανικής. Τα βασικά στοιχεία των μηχατρονικών συστημάτων περιλαμβάνουν αισθητήρες (sensors), μικροελεγκτές, ενεργοποιητές (actuators) και λογισμικό ελέγχου πραγματικού χρόνου (real time control software). Οι ενεργοποιητές είναι μηχανισμοί παραγωγής κίνησης υψηλής ακρίβειας, όπως οι ηλεκτρικοί κινητήρες και οι πιεζοηλεκτρικοί ενεργοποιητές. Ένα μεγάλο πλήθος αισθητήρων του φωτός, της επιτάχυνσης, του βάρους, της θερμοκρασίας κ.α. χρησιμοποιείται σε εφαρμογές μηχατρονικής.

Ένα από τα χαρακτηριστικά για τα οποία διακρίνονται τα μηχατρονικά συστήματα από τα αντίστοιχα ηλεκτρομηχανικά είναι η αντικατάσταση κάποιων μηχανικών τμημάτων από αντίστοιχα ηλεκτρονικά. Αυτό μας δίνει μεγαλύτερα περιθώρια ευελιξίας τόσο στον σχεδιασμό όσο και στην λειτουργικότητα του συστήματος. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι η αύξηση της ταχύτητας και της ακρίβειας της απόδοσης του συστήματος. Επίσης η ικανότητα αυτόματης συλλογής δεδομένων και επεξεργασίας τους. Επιπλέον τα προχωρημένα μηχατρονικά συστήματα έχουν την ικανότητα ελέγχου πολύπλοκων συστημάτων.

Το κοινό ζητούμενο δεν είναι άλλο από την αξιοποίηση των τεχνολογιών. Αυτό θα επιτευχθεί με τη συνεργασία των διαφορετικών τμημάτων επιστήμης και τη συνδυασμένη επιλογή των καταλληλότερων τεχνικών λύσεων .

Με την ενσωμάτωση της νέας αυτής τεχνολογίας στο επιχειρησιακό και στο ευρύτερο περιβάλλον θα έχουμε ως αποτέλεσμα, την μείωση του κόστους και των χρονικών περιθωρίων, την αύξηση της ποιότητας και της εμπορικότητας κινούμενοι πάντοτε στα πλαίσια της νομιμότητας, συμβατοί με πρότυπα και προδιαγραφές.

Τα μηχατρονικά συστήματα χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, όπως στα ρομπότ, σε μηχανές βιομηχανικής παραγωγής κ.α.

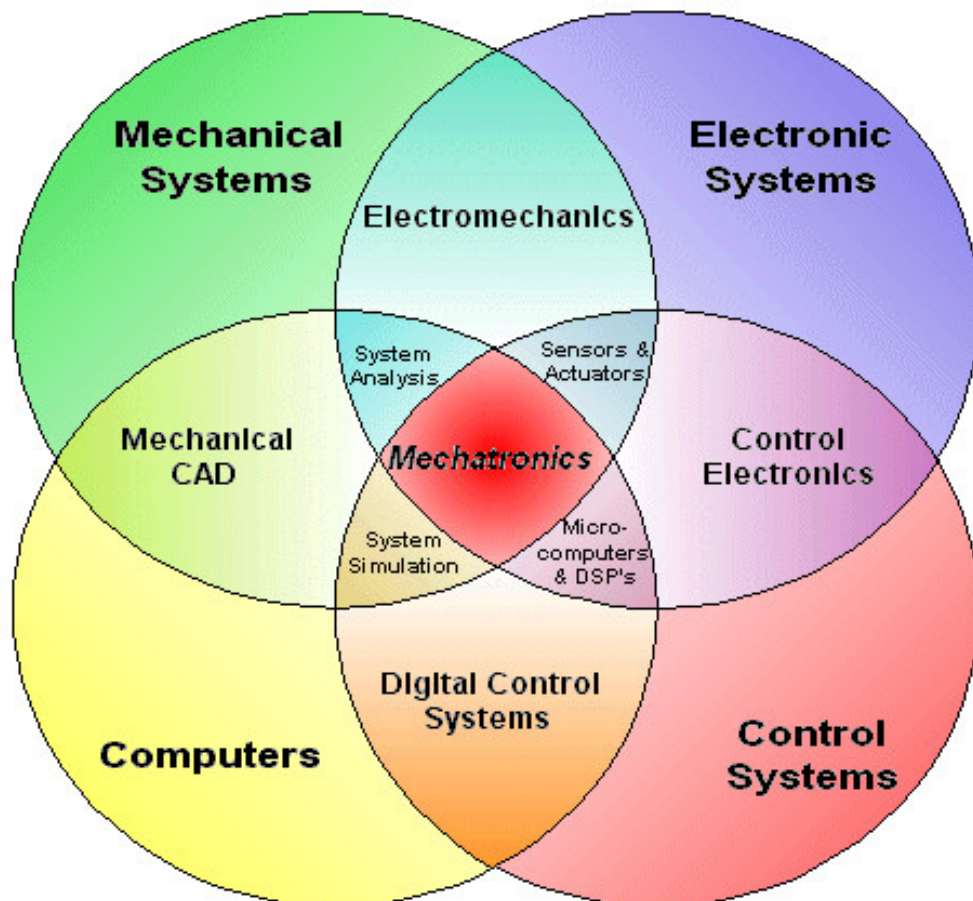
#### 3.1. Ορισμός της Μηχατρονικής

Τα μηχανικά συστήματα εξαρτώνται όλο και πιο πολύ από τους υπολογιστές και τα ηλεκτρονικά προκειμένου να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις λειτουργίας, ευελιξίας και αξιοπιστίας που προβάλλονται από τους χρήστες. Ένα μηχατρονικό σύστημα μπορεί να χαρακτηριστεί ως

Μηχατρονικό Σύστημα = Μηχανικά μέρη + Ηλεκτρονικά + Λογισμικό.

Ο στόχος αυτού του διεπιστημονικού μηχανικού πεδίου είναι η μελέτη των ο ελέγχος προηγμένων υβριδικών συστημάτων.

Βλέποντας ένα τυπικό διάγραμμα της μηχανικής, καταλαβαίνουμε πως η μηχανική αποτελεί σύμπραξη αρκετών επιστημονικών κλάδων (σχήμα1).



Σχήμα 1

Στα μηχανικά μέρη συγκαταλέγονται μηχανισμοί, ηλεκτρομαγνητικά και θερμικά εξαρτήματα, στοιχεία ροής κ.ο.κ. Η πιο αξιοσημείωτη λειτουργία του συστήματος συνήθως υλοποιείται μέσω των μηχανικών μερών. Τα μετρητικά όργανα και οι ενεργοποιητές θεωρούνται μέρος της μηχανικής του συστήματος.

Ο συνολικός έλεγχος του μηχανικού συστήματος εκφράζεται μέσα από το λογισμικό. Ο μοναδικός αυτός ρόλος του λογισμικού διαφοροποιεί τα σύγχρονα μηχανικά συστήματα από τους προγόνους τους. Ο έλεγχος ενός μηχανικού συστήματος μέσω λογισμικού είναι ευέλικτος σε βαθμό πρωτόγνωρο για έναν κλασικό σχεδιαστή συστημάτων. Επίσης, η μηχανή ελέγχου που κατευθύνεται από λογισμικό θα έχει λιγότερα κινούμενα μέρη, συνεπώς μεγαλύτερη αξιοπιστία και πιθανώς μικρότερο κόστος.

Κάτω από αυτή τη θεώρηση, μπορεί να δοθεί ένας νέος ορισμός της μηχανικής:

**Η μηχανική είναι η εφαρμογή πολύπλοκης διαδικασίας λήψης αποφάσεων κατά τη λειτουργία φυσικών συστημάτων.**

Ο ορισμός αυτός αναγνωρίζει τον σημαντικό ρόλο του λογισμικού και των υπολογιστών, τα οποία είναι τα όργανα λήψης αποφάσεων στο σχεδιασμό και στην υλοποίηση των μηχανικών συστημάτων. Προβλέπει επίσης τη δυνατότητα χρήσης άλλων τεχνολογιών για λήψη αποφάσεων στο μέλλον.

Η ηλεκτρονική αποτελεί το συνδετικό στοιχείο μεταξύ των μηχανικών μερών και του λογισμικού. Την εποχή που γεννιόταν ο όρος μηχανική, τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα από μόνα τους ήταν πολύ πιο ευέλικτα και εύκολα στον προγραμματισμό σε σχέση με τα μηχανικά εξαρτήματα, που ο συνδυασμός τους δημιούργησε μια καινούργια κατηγορία μηχανών. Όμως, η ακόμα μεγαλύτερη ευελιξία και ικανότητα λήψης αποφάσεων του λογισμικού επισκιάζει και αυτή των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και δημιουργεί ένα νέο επίπεδο νοημόνων μηχανών. Η ηλεκτρονική εξακολουθεί να παίζει πρωτεύοντα ρόλο. Πρόκειται για το ρόλο του ενδιάμεσου μεταξύ των μηχανικών εξαρτημάτων και των υπολογιστών που τρέχουν το λογισμικό του συστήματος.

Το μηχανικό σύστημα αποτελείται από ένα πλήθος ηλεκτρονικών, ηλεκτρικών και μηχανικών διατάξεων. Πρόκειται για αναλογικά και ψηφιακά ηλεκτρονικά, μηχανικά και ηλεκτρικά μέρη. Στη συνέχεια πρέπει να αναφέρουμε και το ρόλο του software, στην επεξεργασία της πληροφορίας για την λήψη αποφάσεων καθώς επίσης και την επικοινωνία με το εξωτερικό περιβάλλον. Τέλος θα πρέπει να προσθέσουμε και τα όργανα δράσης όπως τα αισθητήρια. Τα αισθητήρια θεωρούνται τα ζωτικά στοιχεία της τεχνολογίας της Μηχανικής.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της Μηχανικής είναι απόρροια του τεραστίου εύρους θεμάτων που έχουν προκύψει με τη συνεχή ανάπτυξη των διάφορων κλάδων της τεχνολογίας. Με τη Μηχανική όπως προαναφέρθηκε πραγματοποιούμε το συνδυασμό τους. Το σύνολο λοιπόν των εφαρμογών ανήκουν στον τομέα αυτής της νέας τεχνολογίας.

Τέλος, η μηχανική είναι μια νέα τεχνολογία που επιδιώκει να βελτιώσει την ανθρώπινη διαβίωση και να ενισχύσει το παρόν τεχνολογικό σκηνικό. Ο συνδυασμός πολλαπλών τομέων υπόσχεται την παραγωγή απλών, οικονομικότερων, ευέλικτων και μεγαλύτερης ασφάλειας συστημάτων.

### **3.2. Η Μηχατρονική ως Σύνθεση Τεχνολογιών**

Στη συγκεκριμένη ενότητα θα ασχοληθούμε με το περιεχόμενο, αντικείμενο της μηχανικής, τη μηχανική ως τέχνη των Interfaces και τέλος θα αναφερθούμε και θα προσεγγίσουμε όσο το δυνατόν το πρότυπο 'μηχατρονικό σύστημα'.

Η προσωινία της Μηχατρονικής προέρχεται από τη σύνθεση των καθαρά ελληνικών λέξεων, MECHANICS & ELECTRONICS δηλαδή Μηχανική και Ηλεκτρονική. Πρόκειται για ένα φάσμα από διαφορετικές τεχνολογίες που οι εφαρμογές τους μπορούν να συνδυασθούν σε διάφορες συσκευές, σε παραγωγικές διατάξεις, σε μηχανές και σε πολλά άλλα συστήματα. Μέσω της μηχανικής πραγματοποιείται η προσέγγιση της συνδυασμένης αξιοποίησης αυτών των τεχνολογιών.

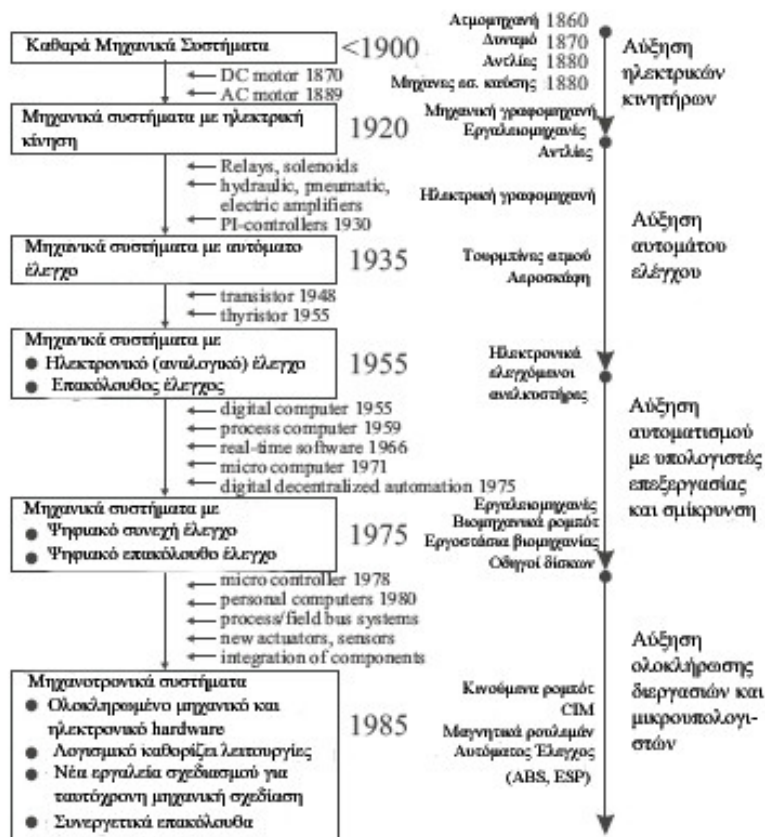
Η συνταγή της τεχνολογικής εξέλιξης, ουσιαστικά είναι η σύνθεση των τεχνολογιών και η ευφυής συμπεριφορά. Ως προς τη σύνθεση, η τεχνολογία της Μηχατρονικής περιλαμβάνει Μηχατρονικές διατάξεις που περιέχουν:

- Ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά μέρη
- Μηχανικά, υδραυλικά, θερμικά, οπτικά στοιχεία
- Πληροφορική (ψηφιακή επεξεργασία με Η/Υ)
- Αυτοματισμοί (συστήματα ελέγχου)

Σύμφωνα με την πλέον διαδεδομένη θεώρηση, η Μηχατρονική τοποθετείται στην τομή των τεχνολογικών και επιστημονικών πεδίων που συνήθως χρησιμοποιούνται στα σημερινά πολυσύνθετα συστήματα.

### **3.3. Βασικά Ιστορικά Στοιχεία**

Η Ιαπωνία έχει παίξει βασικό ρόλο στην δημιουργία και ανάπτυξη της μηχανικής. Ο όρος «μηχατρονική» επινοήθηκε στην Ιαπωνία. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε στα τέλη του 1960 στην Yaskawa Electric Company Ltd και αναφερόταν σε μια εφαρμογή ηλεκτρονικού-υπολογιστικού ελέγχου κάποιων μονάδων της βιομηχανίας. Η λέξη παρέμεινε διάσημη στην Ιαπωνία ενώ στην Ευρώπη ήταν σε γενική χρήση για πολλά χρόνια.



Ο όρος μηχανοτρονική είναι γνωστός και στην Ευρώπη εδώ και αρκετά χρόνια. Ωστόσο άργησε μέχρι να κερδίσει την αποδοχή σαν ένα ξεχωριστό κομμάτι εκπαίδευσης και έρευνας στην Αμερική και στην Αγγλία. Όμως η αλματώδης ανάπτυξη και αποδοχή τα τελευταία χρόνια παγκοσμίως είναι εμφανής από τα συνεχώς αυξανόμενα προπτυχιακά και μεταπτυχιακά μαθήματα που προσφέρονται από τα Πανεπιστήμια.

Πολλοί μηχανικοί θα ισχυρίζονταν ότι η μηχανοτρονική εκπήγασε από τη ρομποτική. Πάντα υπήρχε μια κοντινή σχέση μεταξύ μηχανοτρονικής και ρομποτικής. Ένα μεγάλο πλήθος από καινοτομίες πρώτα εφαρμόστηκε σε ρομποτικά συστήματα και εν συνεχεία σε άλλους τύπους μηχανών υψηλής ποιότητας. Οι πρόωροι ρομποτικοί βραχίονες, που κατόπιν ήταν ανίκανοι να συντονίσουν τις κινήσεις τους δίχως αισθητηριακή ανάδραση, επωφελήθηκαν σε μεγάλο βαθμό από τις προόδους στην κινηματική, στη δυναμική, στον έλεγχο, στην τεχνολογία αισθητηρίων και στον υψηλού επιπέδου προγραμματισμό. Το ίδιο «οπλοστάσιο» της σύγχρονης τεχνολογίας που έκανε τα ρομπότ πιο ευέλικτα και πιο χρήσιμα, αυτό ανέδειξε έπειτα τη σχεδίαση νέων κατασκευών υψηλής απόδοσης καθώς και ευπροσάρμοστου μηχανικού εξοπλισμού όλων των ειδών.

Στη δεκαετία του 1970, η μηχανική συσχετιζόταν κυρίως με τη σερβοτεχνολογία που χρησιμοποιείτο σε προϊόντα όπως οι θύρες αυτόματου ελέγχου, οι μηχανές αυτόματης πώλησης και οι κάμερες αυτόματης εστίασης. Η μηχανική τεχνολογία αναπτύσσεται ταχύτατα μέχρι και σήμερα. Αυτή η πρόοδος έχει σχέση με την ακρίβεια, την ταχύτητα, την αντοχή, την ευελιξία, την ασφάλεια και το χαμηλό κόστος που αυτή προσφέρει. Αυτό είναι αποτέλεσμα της ταυτόχρονης ανάπτυξης όλων των επιστημών και τεχνολογιών που έχουν σχέση με την μηχανική όπως η επιστήμη των υλικών, η ασαφής λογική (fuzzy logic), οι επικοινωνίες, η κινηματική και η εικονική πραγματικότητα. Ένας απλός τρόπος να παρατηρήσουμε την ανάπτυξη της μηχανικής είναι να δούμε μερικές από τις βασικές εφαρμογές που αναπτύχθηκαν ανά δεκαετία.

Στη δεκαετία του 1980, και αφού είχε μνηθεί η πληροφορική, οι μηχανικοί άρχισαν να τοποθετούν μικροεπεξεργαστές στα μηχανικά συστήματα για να βελτιώσουν την απόδοσή τους να μειώσουν το μέγεθός καθώς και το κόστος τους. Οι μηχανές αριθμητικού ελέγχου και τα ρομπότ έγιναν πιο εύχρηστα, ενώ οι αυτοκινητικές εφαρμογές, όπως οι ηλεκτρονικοί έλεγχοι μηχανής, διαδόθηκαν ευρύτατα. Η μεγάλη ανάπτυξη εφαρμογών κατά την διάρκεια της δεκαετίας αυτής συμπεριλαμβάνει και τα βιομηχανικά ρομπότ, το ABS (Antilock Braking System) κ.α.

Από την δεκαετία του '90 έως και σήμερα των επικοινωνιών ασύρματων και ενσύρματων που κάνουν δυνατή την ανάπτυξη εφαρμογών μηχανικής σε μεγάλα δίκτυα. Επίσης αλματώδης είναι η πρόοδος στην ανάπτυξη των συσκευών αισθητήρων και επενεργητών μικρού μεγέθους, καθώς και των οπτοηλεκτρικών εφαρμογών, όπως είναι οι ανιχνευτές απόστασης και τα συστήματα επικοινωνίας με οπτικές ίνες για τη σύνδεση υποσυστημάτων.

Με την εξέλιξη της μηχανικής παρατηρήθηκε ελάττωση του μεγέθους των στοιχείων που την αποτελούν. Είναι γεγονός ότι τα στοιχεία της μηχανικής έχουν γίνει τόσο μικροσκοπικά που πλέον κατασκευάζονται ακόμα και μέσα σ' ένα απλό chip χρησιμοποιώντας προηγμένες ημιαγωγικές συνθήκες παραγωγής.



### 3.4. Πλεονεκτήματα Χρήσης της Μηχατρονικής

Τα πλεονεκτήματα που προσφέρονται χρησιμοποιώντας συστήματα μηχανικής είναι τα εξής:

- **Περισσότερα χαρακτηριστικά**

Ένα μηχανικό κύκλωμα συνήθως έχει μόνο μία λειτουργία. Η ενσωμάτωση ενός μικροελεγκτή σε ένα κύκλωμα προσφέρει εκτεταμένα χαρακτηριστικά και λειτουργικότητα. Η σχεδίαση με τη βοήθεια μικροελεγκτών δίνει τη δυνατότητα προσθήκης χαρακτηριστικών όπως οθόνες LCD, φωτεινά LED, ένα προσαρμοστικό σύστημα για τον χρήστη (user interface), προγραμματισμού, ασφαλή χαρακτηριστικά, γρήγορο έλεγχο κλπ.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα μοντέρνα πλυντήρια, τα οποία έχουν περισσότερες δυνατότητες από τα παλιά που αποτελούντο από μηχανικά κυκλώματα, όπως κάποια οθόνη που δίνει πληροφορίες για τις λειτουργίες που εκτελεί μια συγκεκριμένη στιγμή.

- **Μεγαλύτερη ακρίβεια**

Το ποσοστό ροής, η ταχύτητα, η θέση καθώς και άλλες μεταβλητές μπορούν να ελέγχονται με ακρίβεια με τη βοήθεια ενός μικροελεγκτή. Σε πολλές εφαρμογές οι μηχανικές λύσεις δεν είναι τόσο αποδοτικές με αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται μηχανικές λύσεις που είναι αποδοτικότερες.

Για παράδειγμα ο έλεγχος της πορείας σε μία μηχανή αυτοκινήτου η οποία είναι βασισμένη στη χρήση μικροελεγκτή χρησιμοποιεί πολλές μεταβλητές (όπως ταχύτητα, επιτάχυνση, συσσωρευτικές αλλαγές στην ταχύτητα κλπ.) προκειμένου να δοθεί στο αυτοκίνητο μια ομαλή επιτάχυνση στην επιθυμητή ταχύτητα καθώς και να διατηρήσει μια σταθερή ταχύτητα.

- **Καλύτερη απόδοση**

Η απόδοση ενός συστήματος μπορεί να αυξηθεί αν προσθέσουμε νοημοσύνη. Πολλά μέρη του συστήματος μπορούν να παραμένουν κλειστά όταν δεν χρησιμοποιούνται ή ο μικροελεγκτής μπορεί να κάνει καλύτερη χρήση της διαθέσιμης ενέργειας. Τεχνικές όπως η διαμόρφωση πλάτους παλμού (Pulse Width Modulation) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καλύτερη απόδοση του συστήματος.

- **Μεγαλύτερη αξιοπιστία**

Τα μηχανικά κυκλώματα είναι επιρρεπή σε φθορά λόγω της συνεχούς χρήσης τους σε αντίθεση με τα μηχανικά που είναι πιο αξιόπιστα.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το οδόμετρο του αυτοκινήτου. Τα μηχανικά οδόμετρα χρησιμοποιούν ένα άμεσο σύστημα κίνησης το οποίο αποτελείται από ένα εύκαμπτο καλώδιο που περνά από τη μετάδοση στο διαμέτρημα οδομέτρων. Το σύστημα αυτό δεν είναι αξιόπιστο γιατί είναι επιρρεπές σε φθορά, ενώ τα μηχανικά συστήματα αποτελούνται από ένα οπτικό κωδικοποιητή και μία ψηφιακή οθόνη και συνεπώς είναι πιο αξιόπιστα.

- **Προσαρμοστικός σχεδιασμός (επαναπρογραμματισμός)**

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των μηχανικών συστημάτων είναι ο προσαρμοστικός σχεδιασμός. Αυτό συμβαίνει γιατί οι προδιαγραφές ενός προϊόντος μπορεί να αλλάξουν πριν ολοκληρωθεί η διαδικασία σχεδίασης του. Αν χρησιμοποιείται ένα PIC MCU, ο συγχρονισμός ενός σήματος, η ακολουθία γεγονότων και γενικά οποιαδήποτε παράμετρος ελέγχεται από το λογισμικό μπορεί να αλλάξει γρήγορα και εύκολα χωρίς να χρειάζεται να ξανασχεδιαστεί το προϊόν. Το μόνο που χρειάζεται είναι μια αλλαγή στο λογισμικό.

- **Χαμηλότερο κόστος**

Σε κάποιες εφαρμογές ένα μηχανικό σύστημα μπορεί να κοστίζει λιγότερο από ένα αντίστοιχο μηχανικό. Ένα περίπλοκο μηχανικό σύστημα μπορεί να απλουστευθεί αν χρησιμοποιηθεί ένα σύστημα μικροελεγκτή. Ο χρόνος σχεδίου, το μέγεθος προϊόντων, και η αξιοπιστία μπορούν όλες να βελτιωθούν με μία μηχανική λύση. Όλοι αυτοί οι προαναφερθέντες παράγοντες έχουν αντίκτυπο στο κόστος πέρα από τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος.

- **Πιο φιλικό περιβάλλον**

Οι μηχανικές λύσεις απευθύνονται και στους καταναλωτές γιατί είναι πιο φιλικές στο χρήστη. Η βελτίωση στην αυτοκίνητη τεχνολογία κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών είναι στοιχεία αυτού του γεγονότος. Τα παράθυρα δύναμης, οι κλειδαριές πορτών δύναμης και πολυάριθμες άλλες ευκολίες πιστοποιούν στο γεγονός ότι οι καταναλωτές προτιμούν τις μηχανικές λύσεις.

- **Μεγαλύτερη ασφάλεια**

Προσθέτοντας νοημοσύνη σε ένα σύστημα συγχρόνως το κάνουμε πιο ασφαλές. Αν υπάρχει ένας μικροελεγκτής να ελέγχει το σύστημα είναι εύκολο να προσθέσουμε ένα αυτόματο κλείσιμο ή έναν αισθητήρα να ελέγχει τότε θα υπερθερμανθεί ένα σύστημα.

- **Μικρότερος όγκος**

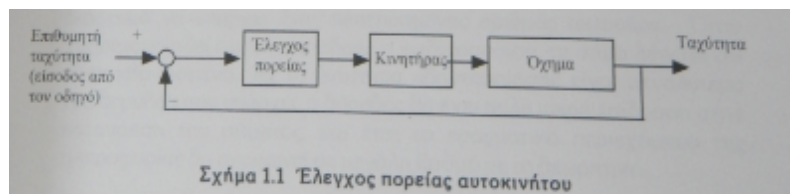
Η προσθήκη ενός μικροελεγκτή σε ένα σύστημα μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του όγκου του. Τα κυκλώματα κίνησης μηχανών έπρεπε να έχουν μεγάλο μεγέθους στάδια κίνησης για να χειριστούν το ρεύμα εισροής. Με την εφαρμογή ενός μικροελεγκτή το ρεύμα εισροής μπορεί να περιοριστεί και το μέγεθος του σταδίου κίνησης μπορεί να μειωθεί.

### 3.5. Ασκήσεις

Οι ασκήσεις αυτές προέρχονται από το βιβλίο 'Μηχανοτρονική' του David Auslander

1. Οι συσκευές αυτόματης οδήγησης υπο σταθερή ταχύτητα των αυτοκινήτων απαλλάσσουν τον οδηγό από την ανάγκη να παρακολουθεί και να ελέγχει την ταχύτητα. Εξετάστε, σε σχέση με το Σχήμα 1.1 τα παρακάτω θέματα:

- (α) Από ποιο σημείο του αυτοκινήτου στην πραγματικότητα προέρχονται τα σήματα που εικονίζονται στο δομικό διάγραμμα;
- (β) Αναγνωρίστε τα μετρητικά όργανα, τα υπολογιστικά εξαρτήματα, την επενέργεια και το ελεγχόμενο σύστημα.
- (γ) Υποδείξτε την ροή ισχύος στο σύστημα και πώς ρυθμίζεται.
- (δ) Ποιά μέρη του συστήματος είναι πιθανοί υποψήφιοι για έλεγχο μέσω ηλεκτρονικών ή λογισμικού;



2. Για τα συστήματα που δίνονται παρακάτω, να αναγνωριστούν:

- Οι κλίμακες χρόνου
- Ο βαθμός ευελιξίας
- Το υπολογιστικό μέσο (λογισμικό/hardware και ο τύπος του)
- Τα μετρητικά όργανα που χρησιμοποιούνται
- Οι επενεργητές
- Το μέγεθος της αγοράς (ύψος παραγωγής του προϊόντος)
- Το προσαρμοστικό χειριστή

Ενδεικτικά συστήματα:

- (α) Ρυθμιστής θερμοκρασίας σε ένα πετροχημικό εργοστάσιο
- (β) Ρυθμιστής θερμοκρασίας σε ένα σπίτι
- (γ) Ρυθμιστής θερμοκρασίας σε ένα εμπορικό κτήριο
- (δ) Κίνηση των αξόνων του κοπτικού εργαλείου σε μία εργαλειομηχανή
- (ε) Αυτόματη μηχανή του καφέ οικιακής χρήσης
- (στ) Φούρνος μικροκυμάτων οικιακής χρήσης
- (ζ) Έλεγχος της ακτίνας σάρωσης σε μία τηλεόραση
- (η) Έλεγχος προσανατολισμού σε έναν τηλεπικοινωνιακό δορυφόρο

**3.** Θεωρήστε τις ακόλουθες δύο εφαρμογές για δισδιάστατους {XY} πίνακες

(i) Οι άξονες XY μιάς φρέζας: 1 μέτρο κίνησης σε κάθε κατεύθυνση, ικανότητα κατεργασίας χάλυβα, ακρίβεια 0,02mm

(ii) Ένας πίνακας XY που χρησιμοποιείται για τον ποιοτικό έλεγχο των πλακετών των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων μετά την κατασκευή τους: 20 cm κίνησης σε κάθε κατεύθυνση, έλεγχος μέσω μικροσκοπίου/οθόνης, ακρίβεια 0,3 μm

Διερευνείτε τις διάφορες επιλογές επενεργητών οι οποίες δίνονται παρακάτω σε σχέση με το κόστος, τον επιπλέον εξοπλισμό (αντλίες, συμπιεστές, κλπ.), τις ανάγκες συντήρησης, την ομαλότητα της κίνησης, την διαθέσιμη δύναμη, το εύρος των διαθέσιμων ταχυτήτων και την ευκολία εφαρμογής ελέγχου κλειστού βρόχου.

(α) Πνευματικός κύλινδρος

(β) Υδραυλικός κύλινδρος

(γ) Σύστημα ατέρμονα-περικοχλίου και περιστροφικούς κινητήρες

(δ) Αλυσίδες ή ιμάντες και περιστροφικούς κινητήρες

(ε) Πηνίο-οδοντωτού κανόνα με περιστροφικούς κινητήρες

(στ) Κινητήρα με ενσωματωμένο μειωτήρα και ευθύγραμμη κίνηση

**4.** Χρησιμοποιώντας έναν υπολογιστή εξοπλισμένο με ένα εργαστηριακό προσαρμοστικό εισόδων/εξόδων που μπορεί να αναγνώσει ή να καταγράψει λογικά σήματα, καθορίστε τη μέγιστη ταχύτητα με την οποία

(α) Ένα σήμα εξόδου μπορεί να ανάψει και να σβήσει διαδοχικά.

(β) Ένα σήμα εισόδου μπορεί να αγνωστεί και να καταγραφεί σε μία έξοδο

(γ) Δύο σήματα εισόδου μπορούν να αναγνωστούν, να αντιστραφούν ( το 0 γίνεται 1- το 1 γίνεται 0), και να σταλούν σε δύο κανάλια εξόδου

(δ) Μία ακολουθία παλμών στην είσοδο μπορεί να καταμετρηθεί χωρίς να χαθεί το μέτρημα.

#### 4. Διδακτική Προσέγγιση της Μηχατρονικής

Η μηχατρονική αποτελεί μια νέα σχετικά τεχνολογία. Ιδρύθηκε σαν αυτούσιος τεχνολογικός κλάδος την τελευταία δεκαετία. Θεωρείται απαραίτητο να διευκρινιστεί όμως ότι, η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν γεννήθηκε από το μηδέν. Όπως προαναφέρθηκε η Μηχατρονική αποτελεί ένα 'κράμα' τεχνολογιών.

Για να την προσεγγίσουμε θεωρείται απαραίτητο να κατέχουμε γνώσεις, από διάφορους κλάδους τεχνολογίας. Η σπουδή της συγκεκριμένης τεχνολογίας ξεκινά από τη γνώση των βασικών ηλεκτρονικών διατάξεων.

Συνοπτικά οι βασικές γνώσεις που απαιτούνται ανήκουν στους τομείς της ηλεκτροτεχνίας και των ηλεκτρονικών συστημάτων. Επίσης θεωρούνται απαραίτητες οι γνώσεις στα παρακάτω τεχνολογικά θέματα:

- Ηλεκτρικές μηχανές
- Ηλεκτρονικές και ηλεκτρικές μετρήσεις
- Ηλεκτρονικά ισχύος
- Ψηφιακά συστήματα
- Αισθητήρια

Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα να είναι πιο εύκολη η διείσδυση στα ηλεκτρονικά συστήματα καθώς και τα ψηφιακά. Με αυτές τις γνώσεις θα είναι βαθιά η προσέγγιση των διαφορετικών τεχνολογιών που χρησιμοποιεί ο κλάδος της Μηχατρονικής καθώς επίσης και των διάφορων οργάνων δράσης και αισθητηρίων. Στη συνέχεια πρέπει να αντιληφθούμε τον τρόπο διασύνδεσης των παραπάνω οργάνων με το διάστρωμα, δηλαδή με το Interface. Τα όργανα σε σύνδεση με το διάστρωμα έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός υποσυστήματος. Τέλος με τη λήψη κάποιων σημάτων πρέπει να τα μετατρέψουμε ως προς το πρότυπο για να έχουμε ανάλυση των αποτελεσμάτων(ψηφιακή επεξεργασία).

Έχοντας γνώσεις στα παραπάνω τεχνολογικά θέματα, θα είμαστε σε θέση να 'εκμεταλλευτούμε' καλλίτερα το προϊόν μας και να του αποδώσουμε σύνθετες και πολλαπλές λειτουργίες. Επίσης μας είναι πιο προσιτή η διαδικασία της κοστολόγησης του, της πώλησης του και του σχεδιασμού του. Τέλος είναι εφικτή η ύπαρξη-και η παράλληλη τήρηση- χρονικών περιορισμών.

Οι μεσοπρόθεσμοι στόχοι, ο διδακτικός και ευρύτερος σκοπός του μαθήματος επιγραμματικά είναι:

- Να συνθέσει τις γνώσεις του προκειμένου να υλοποιήσει πλήρως λειτουργικά συστήματα που θα συνδυάζουν ηλεκτρονικά μέρη, μηχανολογικά μέρη και λογισμικό
- Να προσδώσει ολοκληρωμένη αντίληψη
- Η πραγματική εξοικείωση με τις τεχνολογίες
- Η απόκτηση πειθαρχίας και διαγνωστικής λογικής ενός μηχανικού
- Η βελτίωση της ικανότητας συνεργασίας-λειτουργίας ομάδας
- Η ανάπτυξη προβληματισμού και κριτικής σκέψης

Όλα αυτά με την ευχή ότι θα αποτελέσουν μια ευχάριστη ενασχόληση.

Στους διδακτικούς σκοπούς του μαθήματος περιλαμβάνεται και η βασική αντίληψη των τεχνολογιών οργάνων, δηλαδή γνώσεις στα φυσικά μεγέθη και μέτρα, στα φυσικά φαινόμενα, στις αρχές μετατροπής ενέργειας καθώς και τις αρχές μετατροπής πληροφορίας.

Η επιλογή οργάνων και οι παράμετροι κατάταξης αποτελούν μια ξεχωριστή θεματική ενότητα. Αναφέρουμε συνοπτικά μερικά από τα κριτήρια επιλογής τους.

- Ασφάλεια
- Λειτουργικά χαρακτηριστικά
- Ενέργεια
- Σήματα

Τέλος μέσω της εκπαιδευτικής προσέγγισης επιχειρείται, η απόκτηση εξοικείωσης και ευελιξίας. Θα αποκτήσουμε νέες πηγές πληροφοριών (π.χ. τεχνική βιβλιογραφία), εναλλακτικές προσεγγίσεις και τεχνολογική παιδεία.

## 5. Μετατροπείς Ενέργειας



Γενικά, υπάρχουν 2 τρόποι μετατροπής της ενέργειας:

**Μετατροπέας ενέργειας (Actuator).** Στην περίπτωση αυτή η μορφή της ενέργειας αλλάζει. Τέτοια παραδείγματα είναι ο ηλεκτροκινητήρας, ο μαγνήτης, τα πιεζοηλεκτρικά στοιχεία που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική, η πηγή του φωτός κ.τ.λ.

**Μετατροπέας μορφής ενέργειας.** Στην περίπτωση αυτή η μορφή της ενέργειας παραμένει η ίδια, όπως αυτό συμβαίνει με μετασχηματιστή, μοχλό, μειωτήρα (σαζμάν) κ.τ.λ.

### 5.1. Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος (DC)

#### 5.1.1. Εισαγωγή

Ο Faraday το 1841 απέδειξε ότι ένα διαρρέομενο από ρεύμα πηνίο περιστρέφεται όταν τοποθετηθεί σε μαγνητικό πεδίο που παράγεται από έναν μόνιμο μαγνήτη. Αυτή η ανακάλυψη επέτρεψε τον σχεδιασμό απλών ενεργοποιητών ισχύος, τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος (DC). Οι DC κινητήρες απαιτούν την παροχή DC ηλεκτρικού ρεύματος, συχνά διαθέσιμοι για άλλους σκοπούς όπως αναλογικές ηλεκτρονικές και ψηφιακές συσκευές. Οι DC κινητήρες χρησιμοποιούνται συχνά για σερβοκινητήρες θέσης ακρίβειας και για οδήγηση φορτίων με μεταβλητή ταχύτητα. Όταν οι εφαρμογές περιλαμβάνουν οδήγηση φορτίων σε δεδομένη ταχύτητα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί έλεγχος ανοικτού βρόχου. Ο έλεγχος θέσης επιτυγχάνεται με σερβοκινητήρες που χρησιμοποιούν έλεγχο θέσης κλειστού βρόχου.

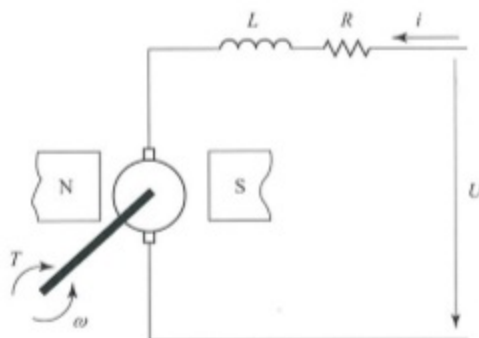
Σε αυτό το κεφάλαιο, θα εστιάσουμε σε θέματα διασύνδεσης ενεργοποιητών με ένα μηχανικό σύστημα και τον ψηφιακό ελεγκτή. Θα παρουσιαστούν DC κινητήρες μόνιμου μαγνήτη (PM) και παράλληλης διέγερσης.

### 5.1.2. PM-DC Κινητήρας

#### Μοντέλο PM-DC Κινητήρα

Η ανάπτυξη νέων μαγνητικών υλικών οδήγησε σε μια νέα γενεά DC κινητήρων μόνιμου μαγνήτη με βελτιωμένη απόδοση, οι οποίοι είναι φτηνότεροι και ευκολότεροι στον έλεγχο. Το απλουστευμένο διάγραμμα ενός DC κινητήρα μόνιμου μαγνήτη παρουσιάζεται στο Σχ. 3.1. Ο στάτης αποτελείται από ένα ζευγάρι μαγνητικών πόλων, N-S. Ο δρομέας αποτελείται από σπείρες αγωγισμού σύρματος που συνδέονται μέσω των τομέων ενός συλλέκτη σε μια DC παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.

Το Σχ. 3.1 παρουσιάζει το σχηματικό διάγραμμα ενός μηχανικού φορτίου (με τις μεταβλητές ροπή  $T$  και γωνιακή ταχύτητα  $\omega$ ) καθώς επίσης και της παροχής DC ηλεκτρικού ρεύματος (με τις μεταβλητές τάση  $U$  και ένταση  $i$ ). Ο δρομέας μοντελοποιείται μηχανικά σαν ένα άκαμπτο σώμα με μια ροπή αδράνειας  $J$  και ένα συντελεστή ιξώδους τριβής  $b$ , που λαμβάνει υπόψη την αντίσταση του αέρα διακένου και των τριβέων. Το ηλεκτρικό μοντέλο του δρομέα δίνεται από τις συγκεντρωμένες παραμέτρους  $R$  και  $L$ , την αντίσταση και την αυτεπαγωγή του κυκλώματος του τυλίγματος, αντίστοιχα. Για ένα κινητήρα, η ισχύς θα ρέει από τις ηλεκτρικές μεταβλητές ( $U, i$ ) προς τις μηχανικές μεταβλητές ( $T, \omega$ ).



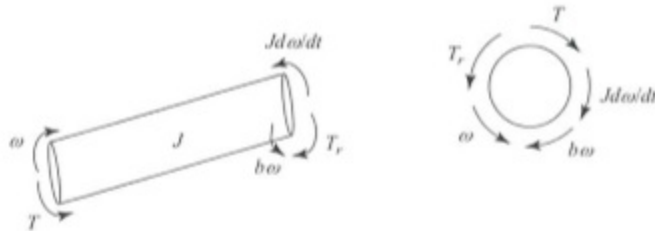
Σχήμα 3.1 Διάγραμμα ενός PM-DC κινητήρα

Η μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας, από την DC παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, σε μηχανική ενέργεια, που παρέχεται στο φορτίο, πραγματοποιείται στο DC κινητήρα, και ιδιαίτερα στο διάκενο αέρα μεταξύ του στάτη και του δρομέα. Οι δυνάμεις οι οποίες εφαρμόζονται στις σπείρες του δρομέα αναπτύσσονται ως αποτέλεσμα της έντασης  $i$  που διαρρέει το τυλίγμα του δρομέα, το οποίο περιβάλλεται από μαγνητικό πεδίο παραγόμενο από τον PM του στάτη. Συγχρόνως, αναπτύσσονται τάσεις στο περιστρεφόμενο τυλίγμα

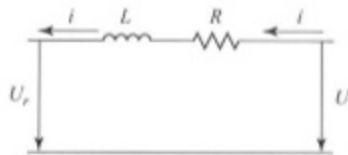


του δρομέα λόγω του μαγνητικού πεδίου, το οποίο παράγει την αποκαλούμενη αντιηλεκτρεγερτική δύναμη (ΑΗΕΔ). Αυτά τα δύο φαινόμενα σε ένα PM-DC κινητήρα μπορούν να μοντελοποιηθούν με το χωρισμό του μηχανικού υποσυστήματος και του ηλεκτρικού υποσυστήματος, κάθε ένα μοντελοποιούμενο από τα στοιχεία των δύο θυρών I/O, όπως φαίνεται στα Σχ. 3.2 και 3.3, αντίστοιχα.

Στην αριστερή πλευρά του Σχ. 3.2, παριστάνονται οι συνιστώσες της ροπής γύρω από μια διατομή του άξονα. Το  $T_r$  παριστάνει την επενέργουσα (μαγνητική) ροπή στο δρομέα, ενώ η  $\nu$ , παριστάνει την αντιηλεκτρεγερτική δύναμη (ΑΗΕΔ) που αναπτύσσεται από το μαγνητικό πεδίο στο τύλιγμα του δρομέα, αντίθετη της τάσης παροχής  $U$ . Η ροπή  $T$  και η γωνιακή ταχύτητα  $\omega$  είναι οι μεταβλητές του μηχανικού φορτίου, ενώ η τάση  $U$  και η ένταση  $i$  είναι οι μεταβλητές της DC παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Δύο αλγεβρικές εξισώσεις μοντελοποιούν τα φαινόμενα της ηλεκτρομηχανικής μετατροπής, δηλαδή,



Σχήμα 3.2 Διάγραμμα δυνάμεων ελεύθερου σώματος (free-body) για το μηχανικό τμήμα του DC κινητήρα



Σχήμα 3.3 Δύο θυρών I/O [(U<sub>r</sub>,i) και (U,i)] κύκλωμα για το ηλεκτρικό τμήμα του DC κινητήρα

$$T_r = K i$$

και

$$U_r = K_e \omega$$

όπου το  $K$  [Nm/A] είναι η σταθερά ροπής και  $K_e$  [Vs/rad] είναι η ηλεκτρική σταθερά. Αυτές οι δύο αλγεβρικές εξισώσεις περιγράφουν την ηλεκτρομηχανική ενεργειακή μετατροπή. Υποθέτοντας τον βαθμό απόδοσης της μετατροπής  $\eta < 1$ , η μετατροπή ισχύος από ηλεκτρική ισχύ  $U_r \cdot i$  σε μηχανική ισχύ  $T_r \cdot \omega$  δίνεται από

$$T_r \cdot \omega = \eta \cdot U_r \cdot i$$

Χρησιμοποιώντας τις δυο προηγούμενες αλγεβρικές εξισώσεις, παίρνουμε την σχέση

$$K = \eta K_e$$

Οι απώλειες ισχύος εμφανίζονται λόγω της αντίστασης του τυλίγματος, των μαγνητικών απωλειών, της τριβής, κ.λπ. Στην περίπτωση των αμελητέων απωλειών, μπορεί να υποθεθεί ιδανική μετατροπή ισχύος ( $\eta=1$ ), έτσι ώστε για

$$K \text{ in [ Nm / A ] και } K_e \text{ in [ Vs / rad ]}$$

$$K = K_e$$

Για το μηχανικό τμήμα, που δείχνεται στο διάγραμμα δυνάμεων ελεύθερου σώματος του Σχ. 3.2, ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα δίνει

$$J d\omega / dt = T_r - b\omega - T$$

Για το ηλεκτρικό τμήμα, που δείχνεται στο Σχ. 3.3, ο κανόνας πτώσεων τάσεων του Kirchoff δίνει

$$U = L di/dt + Ri + U_r$$

Οι τελευταίες δύο διαφορικές εξισώσεις και οι δύο αλγεβρικές εξισώσεις σχετικά με την ηλεκτρομηχανική μετατροπή διαμορφώνουν ένα σύστημα τεσσάρων διαφορικών-αλγεβρικών εξισώσεων που περιέχουν έξι μεταβλητές  $T$ ,  $\omega$ ,  $T_r$ ,  $U_r$ ,  $i$  και  $U$ . Αυτό το σύστημα τεσσάρων διαφορικών-αλγεβρικών εξισώσεων παριστά το αναλυτικό μοντέλο του PM-DC κινητήρα.

Η απαλοιφή των εσωτερικών μεταβλητών  $T_r$  και  $U_r$  οδηγεί σε ένα μοντέλο που μειώνεται σε δύο διαφορικές εξισώσεις με τέσσερις μεταβλητές των δύο ζευγαριών  $(T, \omega)$  και  $(U, i)$ :

$$\begin{aligned} Ki &= Jd\omega/dt + b\omega + T \\ U &= Ldi/dt + Ri + \omega K_e \end{aligned}$$

Επιλύοντας για το ζευγάρι μεταβλητών  $(U, i)$  στην ηλεκτρική πλευρά και  $(T, \omega)$  στη μηχανική πλευρά λαμβάνουμε

$$\omega = (1/K_e)U - (R/K_e)i$$

$$T = -(J/K_e) dU / dt - (b/K_e) U + (JR / K_e) di/dt + (K + bR / K_e)i$$

Η μορφή αυτή θα χρησιμοποιηθεί αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο για απεικόνιση με λειτουργικό διάγραμμα και στην ενότητα 5.4 για τη μοντελοποίηση ροής-σήματος.

Αυτή η μορφή θα επιτρέψει σε μας να δείξουμε πώς η γλώσσα διαγραμμάτων ροής μπορεί να ενσωματώσει χαρακτηριστικά γνωρίσματα διαμορφωσιμότητας χρησιμοποιώντας τα ζευγάρια (U, i) και (T, ω). Για μοντελοποίηση με Simulink, βασισμένη στην μορφή ροής δεδομένων, το μοντέλο τροποποιείται ως εξής:

$$i = (1 / R) U - (K_e / R) \omega$$

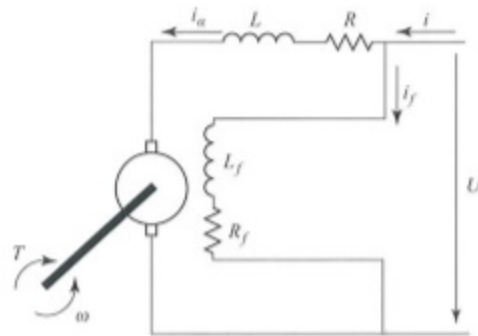
$$d\omega / dt = (K / J) I - (b / J) \omega - (1 / J) T$$

Το Simulink είναι ένας προσομοιωτής λειτουργικών διαγραμμάτων βασισμένος στην μορφή ροής δεδομένων. Στην μορφή ροής δεδομένων, κάθε δομικό στοιχείο εκτελείται αμέσως αφότου όλες οι τιμές εισόδου είναι διαθέσιμες.

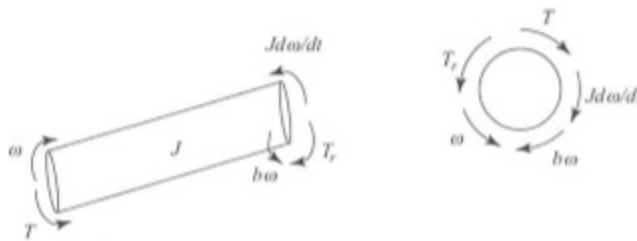
Οι εξισώσεις του μοντέλου αναδιατάχτηκαν εκ νέου προκειμένου να ικανοποιηθεί η απαίτηση ροής δεδομένων και για να δημιουργηθεί ένα μοντέλο που μπορεί να επιλυθεί αριθμητικά χρησιμοποιώντας μόνο την ολοκλήρωση και να αποφευχθεί αριθμητική παραγωγή. Η αριθμητική παραγωγή μπορεί να οδηγήσει σε αριθμητικές υπολογιστικές δυσκολίες σε περίπτωση ασυνεχειών ή σημάτων θορύβου.

### 5.1.3. DC Κινητήρας Παράλληλης Διέγερσης

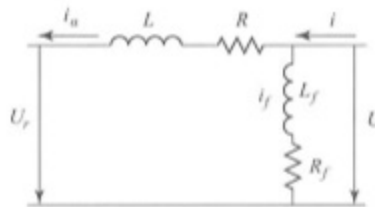
Ένα απλουστευμένο διάγραμμα ενός DC κινητήρα παράλληλης διέγερσης παρουσιάζεται στο Σχ. 3.9. Οι μόνιμοι μαγνήτες του PM-DC κινητήρα αντικαθίστανται σε αυτήν την περίπτωση, με ένα τύλιγμα πεδίου στο στάτη με αυτεπαγωγή  $L_f$ , αντίσταση  $R_f$  και ρεύμα  $i_f$ . Ο δρομέας αποτελείται από τις σπείρες του αγώγιμου τυλίγματος που συνδέονται μέσω των τομέων ενός συλλέκτη σε μια DC παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Η κινητήρας μοντελοποιείται με το χωρισμό του μηχανικού υποσυστήματος και του ηλεκτρικού υποσυστήματος, κάθε ένα διαμορφώνεται από τα στοιχεία που παρουσιάζονται στα σχήματα 3.10 και 3.11, αντίστοιχα.



Σχήμα 3.9 Διάγραμμα ενός DC κινητήρα παράλληλης διέγερσης



Σχήμα 3.10 Διάγραμμα δυνάμεων ελεύθερου σώματος για το μηχανικό τμήμα του DC κινητήρα



Σχήμα 3.11 Κύκλωμα δύο θυρών I/O [(U<sub>r</sub>,i<sub>a</sub>) και (U,i)] για το ηλεκτρικό τμήμα του DC κινητήρα

Δύο αλγεβρικές εξισώσεις μοντελοποιούν τα φαινόμενα ηλεκτρομηχανικής μετατροπής:

$$T_r = K_a i_a K_f i_f$$

και

$$U_r = K_e \omega$$

Για το μηχανικό μέρος, που παρουσιάζεται στο διάγραμμα δυνάμεων ελεύθερου σώματος του Σχ. 3.10, ο δεύτερος νόμος του Newton δίνει

$$J d\omega / dt = T_r - b\omega - T$$

Για το ηλεκτρικό μέρος που παρουσιάζεται στο Σχ. 3.11

$$U = L di_a / dt + R i_a + U_r$$

$$U = L_f di_f / dt + R_f i_f$$

και

$$i = i_a + i_f$$

Λαμβάνεται ένα σύστημα έξι αλγεβρικών-διαφορικών εξισώσεων που περιέχει οκτώ μεταβλητές  $T, \omega, T_r, U_r, i, i_f, i_a,$  και  $U$ . Οι περισσότεροι DC κινητήρες έχουν αμελητέες  $L$  και  $L_r$ , έτσι ώστε στο εξής θα θεωρούνται  $L=0$  και  $L_r=0$ .

Η εξάλειψη των εσωτερικών μεταβλητών  $T_r$  και  $U_r$  οδηγεί σε ένα μοντέλο που μειώνεται σε τέσσερις εξισώσεις:

$$K_a i_a K_f i_f = J d\omega / dt + b\omega + T$$

$$U = R i_a + K_e \omega$$

$$U = R_f i_f$$

και

$$i = i_a + i_f$$

εξαιείφοντας

$$i_f = U / R_f$$

και

$$i_a = i - i_f = i - U / R_f$$

το μοντέλο μειώνεται στις ακόλουθες δύο διαφορικές εξισώσεις με τέσσερις μεταβλητές των δύο ζευγαριών  $(T, \omega)$  και  $(U, i)$ :

$$K_a (i - U / R_f) K_f (U / R_f) = J d\omega / dt + b\omega + T$$

και

$$U = R (i - U / R_f) + K_e \omega$$

Επιλύοντας την τελευταία εξίσωση ως προς  $\omega$  παίρνουμε

$$\omega = (1 + R / R_f) (1 / K_e) i$$

Αντικαθιστώντας το  $\omega$  στην εξίσωση ροπής έχουμε

$$K_a (i - U / R_f) K_f (U / R_f) = (J / K_e) (1 + R / R_f) dU / dt + (b / K_e) (1 + R / R_f) U - (J R / K_e) di / dt + b(1 + R / R_f) (1 / K_e) U - (bR / K_e) i + T$$

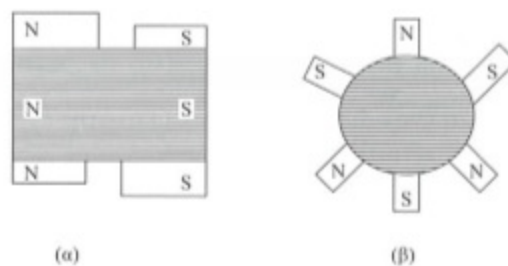
Επιλύοντας για  $T$  προκύπτει

$$T = - (J / K_e) (1 + R / R_f) dU / dt + (J R / K_e) di / dt - (b / K_e) (1 + R / R_f) U + (bR / K_e) i + (K_a K_f / R_f) U i - (K_a K_f / R_f^2) U^2$$

Αυτό το μοντέλο είναι μη γραμμικό και οφείλεται στους όρους  $U i$  και  $U^2$ . Ο μετασχηματισμός Laplace δεν μπορεί να εφαρμοστεί για να αποβάλλει τις μεταβλητές  $U$  και  $i$ , που εμφανίζονται επίσης με διαφορική μορφή.

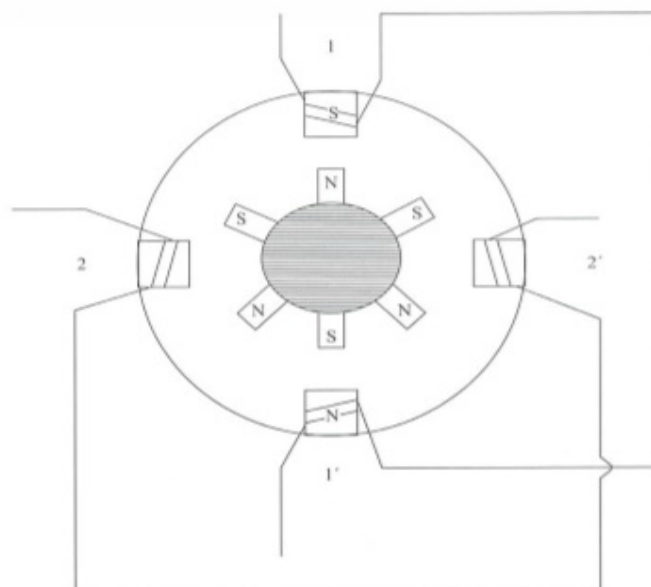
## 5.2. Βηματικοί Κινητήρες

Οι βηματικοί κινητήρες (stepper motors) χρησιμοποιούνται συχνά λόγω της υψηλής αναλογίας ροπής τους σε σχέση με το μέγεθος τους, του εύκολου ελέγχου τους μέσω υπολογιστών, της καλής απόδοσης σε έλεγχο ανοικτού βρόχου, κ.λπ. Οι βασικοί τύποι βηματικών κινητήρων είναι μόνιμου μαγνήτη και μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης. Ένας υβριδικός τύπος χρησιμοποιείται πολύ συχνά στη βιομηχανία και θα παρουσιαστεί εδώ.



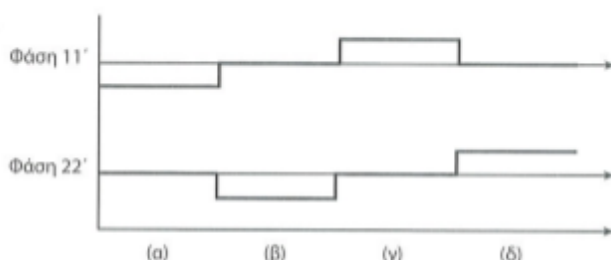
Σχήμα 3.15 Διάταξη δοντιών κατακόρυφη-διαμήκης (α) και κατακόρυφη-εγκάρσια (β) διατομές

Οι υβριδικοί βηματικοί κινητήρες έχουν ένα δρομέα μόνιμου μαγνήτη μαγνητισμένο κατά μήκος του άξονα του δρομέα. Όπως φαίνεται στο Σχ. 3.15, εγκαθίστανται ίδιος αριθμός δοντιών στο τέλος του χάλυβα κατά μήκος του δρομέα στο βόρειο (N) πόλο και στο νότιο (S) πόλο του μόνιμου μαγνήτη. Όπως φαίνεται στο Σχ. 3.15, τα παρακείμενα N και S δόντια διαφέρουν κατά  $60^\circ$ , και με τα άκρα αποτελούν ένα μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης μονοπάτι για τα τυλίγματα του στάτη.



Σχήμα 3.16 Υβριδικός βηματικός κινητήρας με έξι δόντια και διφασικό στάτη

Στο Σχ. 3.16, παρουσιάζεται ένας υβριδικός βηματικός κινητήρας με έναν έξι δοντιών δρομέα και έναν διφασικό στάτη. Ο στάτης έχει τέσσερα τυλίγματα 1, Γ, 2 και 2'. Τα τυλίγματα 1 και Γ συνδέονται σε σειρά για να σχηματίσουν την φάση 1Γ και τα τυλίγματα 2 και 2' συνδέονται σε σειρά για να σχηματίσουν την φάση 22'. Τα δόντια του δρομέα θα τείνουν να βρουν ένα ελάχιστης μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης μονοπάτι κατά μήκος του στάτη και θα ευθυγραμμισθούν κατά μήκος του ενός ή του άλλου πυρήνα των τυλιγμάτων του στάτη, αποκαλούμενη θέση ύφεσης. Ο δρομέας διατηρείται στη θέση ισορροπίας μέσω μιας μικρής ροπής λόγω των ελκτικών δυνάμεων που παράγονται από τους μόνιμους μαγνήτες. Με έξι δόντια δρομέα και διφασικό στάτη, υπάρχουν 12 θέσεις ισορροπίας. Στο Σχ. 3.16 παρουσιάζεται μια θέση ισορροπίας με δόντια N του δρομέα που ευθυγραμμίζεται με τον πυρήνα της φάσης 1.



Σχήμα 3.17 Χρονικό διάγραμμα φάσεων στάτη πλήρους βήματος μιας φάσης διέγερσης

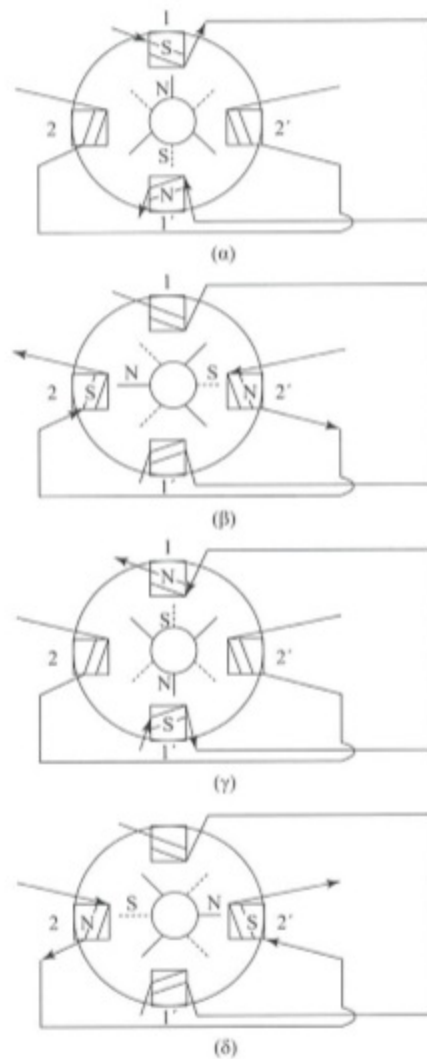
Ο δρομέας του βηματικού κινητήρα στρέφεται ως αποτέλεσμα της εφαρμογής του ρεύματος διέγερσης με μια ιδιαίτερη ακολουθία στις φάσεις του στάτη, η οποία αλλάζει τις ελκτικές δυνάμεις που παράγονται από την αλληλεπίδραση του μόνιμου μαγνήτη του δρομέα με τα τυλίγματα του στάτη. Στο Σχ. 3.17 παρουσιάζεται μια απλή διαδοχική διέγερση των φάσεων του στάτη, αποκαλούμενη πλήρους βήματος. Σε αυτήν την περίπτωση τροφοδοτείται οποιαδήποτε στιγμή μόνο μια φάση του στάτη. Στο Σχ. 3.18 παρουσιάζεται μια ακολουθία τεσσάρων βημάτων  $30^\circ$  έκαστο, ως αποτέλεσμα της διέγερσης των φάσεων του στάτη, όπως φαίνεται στο Σχ. 3.17.

Στην περίπτωση (α), μόνο η φάση 1 Γ ενεργοποιείται. Για τη δεδομένη κατεύθυνση του ρεύματος, το τύλιγμα 1 παράγει τον πόλο S και το τύλιγμα 1' παράγει τον πόλο N. Οι πόλοι N- S του δρομέα, που παρουσιάζονται στο Σχ. 3.16, έλκονται στη θέση ισορροπίας 1 Γ. Η θέση που παρουσιάζεται στο Σχ. 3.16 διατηρείται σε αυτήν την περίπτωση από μια συγκρατούσα ροπή λόγω της αλληλεπίδρασης της φάσης 11' και των δοντιών του δρομέα. Η συγκρατούσα ροπή είναι πολύ μεγαλύτερη από τη ροπή ύφεσης.

Στην περίπτωση (β), μόνο η φάση 22' ενεργοποιείται και παράγεται πόλος S από το τύλιγμα 2 και N από 2'. Ο δρομέας γυρίζει δεξιόστροφα κατά  $30^\circ$  για να φθάσει σε μια νέα θέση ισορροπίας κατά μήκος της 22'.

Στην περίπτωση (γ), μόνο η φάση 11' ενεργοποιείται και παράγεται πόλος N από το τύλιγμα 1 και S από Γ. Ο δρομέας γυρίζει περαιτέρω δεξιόστροφα κατά  $30^\circ$  για να φθάσει σε μια άλλη θέση ισορροπίας.

Στην περίπτωση (δ), μόνο η φάση 22' ενεργοποιείται και παράγεται πόλος N από το τύλιγμα 2 και S από 2'. Ο δρομέας γυρίζει περαιτέρω για άλλες  $30^\circ$  για να φθάσει στην επόμενη θέση.



Σχήμα 3.18 Φάσεις στάτη πλήρους θήματος μιας φάσης διέγερσης



Η ακολουθία τεσσάρων διεγέρσεων φάσης που παρουσιάστηκε στο Σχ. 3.17 οδήγησε με τέσσερα γωνιακά βήματα των  $30^\circ$  στη δεξιόστροφη περιστροφή του δρομέα (δηλ., ένα τέταρτο μιας περιστροφής). Μια επανάληψη των  $30^\circ$  διεγέρσεων φάσης κρατά το κινητήρα να στρέφεται δεξιόστροφα. Μια πλήρης περιστροφή απαιτεί  $360^\circ/30^\circ = 12$  βήματα.

Η αντίθετη προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού κίνηση μπορεί να ληφθεί με την εφαρμογή της αντίστροφης ακολουθίας διεγέρσεων που παρουσιάζονται στο Σχ. 3.17 (δηλ., (δ), (γ), (β) και (α)).

Για ένα υβριδικό βηματικό κινητήρα με η φάσεις στο στάτη και m δόντια στο δρομέα, ο συνολικός αριθμός των βημάτων ανά περιστροφή N είναι:

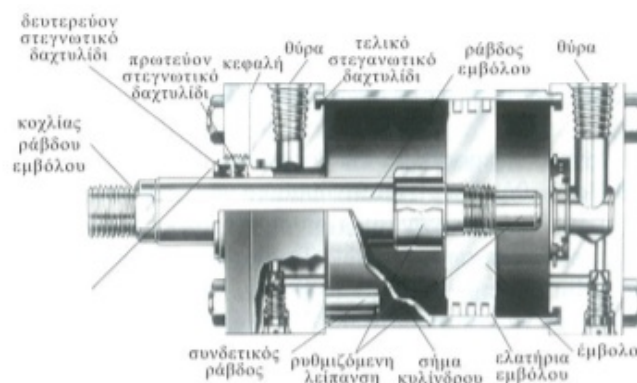
$$N = n m$$

Στην περίπτωση του βηματικού κινητήρα που παρουσιάζεται στο Σχ. 3.18,  $n=2$  φάσεις και  $m=6$  δόντια δρομέα έτσι ώστε  $N=12$  [βήματα/περιστροφές]. Η γωνία βήματος ή η γωνιακή ανάλυση  $\tau$  είναι  $[140] \tau [7\text{βήματα}] = 360 [^\circ/\text{περιστροφή}] / [N \text{ [βήματα/περιστροφή]}]$  και  $\tau = 360/12 = 30 [^\circ/\text{βήματα}]$  όπως φαίνεται στο Σχ. 3.18.

### 5.3. Υδραυλικοί Κινητήρες

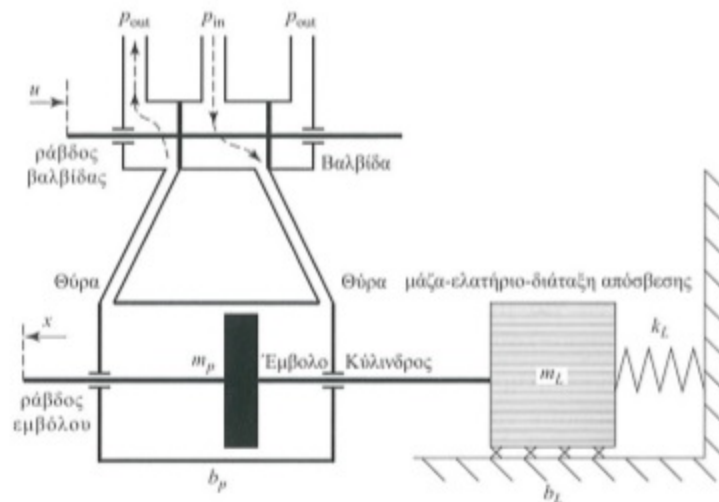
Οι υδραυλικοί κινητήρες (hydraulic motors) είναι ενεργοποιητές βαρέων καθηκόντων, που μπορούν να παραγάγουν υψηλές δυνάμεις ενεργοποίησης. Χρησιμοποιούνται συχνά για μηχανές κατασκευής, την κατεύθυνση και τον έλεγχο υψομέτρου αεροπλάνων, εργαλεία μηχανών, την οδήγηση οχημάτων κ.λπ.. Οι υδραυλικοί κινητήρες χρησιμοποιούν υψηλής πίεσης λάδι για μετάδοση ισχύος και μπορούν να παραγάγουν μεγάλες δυνάμεις σε ένα ταχέως μεταβαλλόμενο σχέδιο. Η χρήση του λαδιού υψηλής πίεσης απαιτεί αντλίες και υδραυλικούς σωλήνες, οι οποίοι αυξάνουν το μέγεθος και τις λειτουργικές δυσκολίες του συστήματος.

Το Σχ.3.21 παρουσιάζει μια διατομή ενός υδραυλικού κυλίνδρου μεσαίας ισχύος, Parker Hannifin. Οι δύο είσοδοι του υδραυλικού κυλίνδρου χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση με τη βαλβίδα ελέγχου του υπό πίεση λαδιού και η ράβδος-έμβολο χρησιμοποιείται για να μεταβιβάσει τη μηχανική ισχύ στο φορτίο που πρέπει να κινηθεί.



Σχήμα 3.21 Διατομή ενός υδραυλικού κυλίνδρου μεσαίας ισχύος (Πηγή: Parker Hannifin [139])

Το Σχ.3.22 παρουσιάζει το διάγραμμα ενός πλήρους υδραυλικού ενεργοποιητή με τη βαλβίδα και το φορτίο μάζα-ελατήριο-διάταξη απόσβεσης  $m_L$ - $k_L$ - $b_L$ . Η μεταβλητή εισόδου είναι η θέση  $u$  της ράβδου βαλβίδας, η οποία ελέγχει την κίνηση της ράβδου εμβόλου. Η μεταβλητή εξόδου είναι η θέση  $x$  της ράβδου εμβόλου και της μάζας  $m_L$  του φορτίου.



Σχήμα 3.22 Έλεγχος ανοικτού βρόχου υδραυλικού ενεργοποιητή με φορτίο μάζα-ελατήριο-διάταξη απόσβεσης

Το έμβολο μοντελοποιείται από τη μάζα  $m_p$  και το συντελεστή ιξώδους τριβής  $b_p$ . Το λάδι έρχεται υπό πίεση σε μια σταθερή υψηλή πίεση  $p_{in}$  και αφήνει τη βαλβίδα στη χαμηλή πίεση  $p_{out}$ . Τα έμβολα βαλβίδας παρουσιάζονται στο Σχ.3.22 μετατοπισμένα ελαφρώς προς τα δεξιά έτσι ώστε η δεξιά είσοδος της βαλβίδας να είναι ανοικτή και να επιτρέπει τη ροή του λαδιού στο δεξιά είσοδο του κυλίνδρου. Κατά συνέπεια, το έμβολο να ωθείται προς τα αριστερά και το λάδι στην αριστερή πλευρά του εμβόλου να εκδιώκεται σε πίεση  $p_{out}$ . Εάν η ράβδος βαλβίδας κινηθεί προς τα αριστερά ανοίγει η αριστερή είσοδος, η κίνηση των εμβόλου είναι προς τα δεξιά. Κατά συνέπεια, η μετατόπιση  $u$  της ράβδου βαλβίδας μετατρέπεται σε αντίθετης κατεύθυνσης μετατοπίσεις του  $x$  της ράβδου εμβόλου του κυλίνδρου. Η μετατόπιση  $u$  της ράβδου βαλβίδας μπορεί να ελεγχθεί από έναν σωληνοειδές-ενεργοποιητή και απαιτεί μειωμένη ισχύ, ενώ η μετατόπιση  $u$  της ράβδου βαλβίδας κάνει χρήση λαδιού υψηλής πίεσης και μπορεί να παραγάγει κίνηση υψηλής ισχύος. Ο ενεργοποιητής-σωληνοειδές ελέγχεται από την παροχή τάσης στο πηνίο του σωληνοειδούς και μπορεί εύκολα να διασυνδεθεί με ένα PC για παρακολούθηση και έλεγχο. Το γραμμικό μοντέλο του ελέγχου ανοικτού βρόχου ενός υδραυλικού ενεργοποιητή με φορτίο μάζα-ελατήριο-διάταξη απόσβεσης μπορεί να ληφθεί χρησιμοποιώντας τις γραμμικοποιημένες εξισώσεις της βαλβίδας, του κυλίνδρου και του φορτίου: μοντέλο βαλβίδας

$$q = k_u u - k_p p$$

μοντέλο υδραυλικού ενεργοποιητή εμβόλου-κυλίνδρου

$$q = A dx / dt + (V / 2\beta) dp / dt$$

φορτίο

$$m d^2 x / dt^2 + b dx / dt + kx = Ap$$

όπου

$$m = m_L + m_p$$

$$b = b_L + b_p$$

$$k = k_L$$

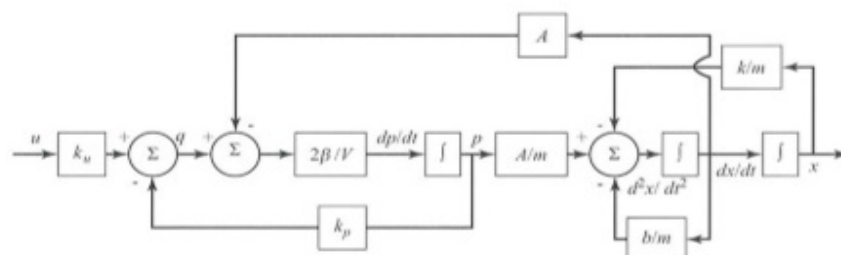
q είναι η μέση ροή του λαδιού στον ενεργοποιητή,  
 p είναι η διαφορική πίεση στις δύο πλευρές του εμβόλου του ενεργοποιητή,  
 V είναι η απειροστή αλλαγή του όγκου του λαδιού στον κύλινδρο στο σημείο λειτουργίας,  
 A είναι το εμβαδόν της διατομής του κυλίνδρου,  
 β είναι ο μαζικός συντελεστής, και  
 k<sub>u</sub> και k<sub>p</sub> είναι συντελεστές του γραμμικοποιημένου μοντέλου της βαλβίδας.

Για να πάρουμε το λειτουργικό διάγραμμα του συστήματος, οι τελευταίες δύο εξισώσεις ξαναγράφονται έτσι ώστε η υψηλότερη παράγωγος με μοναδιαίο συντελεστή να εμφανίζεται στην αριστερή πλευρά:

$$dp / dt = (2\beta / V) (q - A dx / dt)$$

$$d^2x / dt^2 = (A / m) p - (b / m) dx / dt - (k / m) x$$

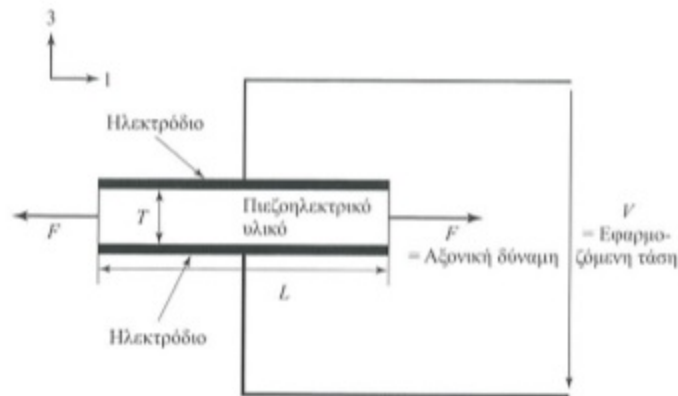
Η εξίσωση του μοντέλου της βαλβίδας και οι νέες εξισώσεις του υδραυλικού ενεργοποιητή εμβόλου-κυλίνδρου και του φορτίου χρησιμοποιούνται για τους τρεις αθροιστές Σ, που παρουσιάζονται στο λειτουργικό διάγραμμα του υδραυλικού ενεργοποιητή με το φορτίο μάζα-ελατήριο-διάταξη απόσβεσης, του Σχ.3.23. Για δοσμένες τιμές υδραυλικού ενεργοποιητή και φορτίου μάζα-ελατήριο-διάταξη απόσβεσης, το λειτουργικό διάγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να πάρουμε το μοντέλο του συστήματος στο Simulink



Σχήμα 3.23 Λειτουργικό διάγραμμα υδραυλικού ενεργοποιητή με φορτίο μάζα-ελατήριο-διάταξη απόσβεσης

## 5.4. Πιεζοηλεκτρικοί Ενεργοποιητές

Για την εξήγηση της χρήσης του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου στους πιεζοηλεκτρικούς ενεργοποιητές, θα χρησιμοποιηθεί ο συντελεστής  $g_{31}$  [ $\text{m}^2/\text{C}$ ]. Ο πρώτος δείκτης (3) δείχνει την κατεύθυνση κάθετα στα ηλεκτρόδια και ο δεύτερος δείκτης (1) δείχνει την κατεύθυνση παράλληλα στα ηλεκτρόδια, όπως φαίνεται στο Σχ.3.24 για ένα πιεζοηλεκτρικό στοιχείο μήκους  $L$ , πλάτους  $W$  και πάχους  $T$  [ $\text{m}$ ].



Σχήμα 3.24 Πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο που χρησιμοποιείται για ενεργοποιητές

Για έναν ενεργοποιητή, ο πιεζοηλεκτρικός συντελεστής ορίζεται ως εξής:

$g_{31} = (\text{ανηγμένη επιμήκυνση που παράγεται στην κατεύθυνση 1 } [m/m]) / (\text{πυκνότητα ηλεκτρικού φορτίου που εφαρμόζεται στην κατεύθυνση 3 } [C/m^2])$

Οι μονάδες αυτών των συντελεστών,  $[m/m]/[C/m^2]$  και  $[V/m]/[N/m^2]$ , είναι οι ίδιες δεδομένου ότι και ο δύο  $[CV]$  και  $[Nm]$  είναι μονάδες ενέργειας. Η ανηγμένη επιμήκυνση που παράγεται είναι  $\Delta L/L$  και εξαρτάται από την αξονική μηχανική τάση ( $\sigma_1$ ) σύμφωνα με τον τύπο

$$\Delta L/L = \sigma_1 / E$$

όπου  $E$  είναι το μέτρο ελαστικότητας  $[N/m^2]$ . Για μια ομοιόμορφη κατανομή μηχανικής τάσης στη εγκάρσια διατομή  $WT$  του πιεζοηλεκτρικού στοιχείου, η αξονική δύναμη  $F$ , που παράγεται στην κατεύθυνση 1, εξαρτάται από το  $\sigma_1$  ως εξής:

$$\sigma_1 = F/(WT),$$

έτσι ώστε η ανηγμένη επιμήκυνση  $\Delta L/L$ , παραγόμενη στην κατεύθυνση 1, εξαρτάται από το  $F$  ως εξής:

$$\Delta L/L = F/(EWT).$$

Στην περίπτωση ενός πιεζοηλεκτρικού στοιχείου χωρητικότητας  $C$  υποκειμένου σε μια εφαρμοζόμενη τάση  $V$ , το ηλεκτρικό φορτίο  $Q$  [C] είναι:

$$Q = CV$$

Για μια αξονική διατομή  $WL$ , η πυκνότητα ηλεκτρικού φορτίου [ $C/m^2$ ], που εφαρμόζεται στην κατεύθυνση 3, είναι  $CV/(WL)$ . Ο ορισμός του πιεζοηλεκτρικού συντελεστή  $g_{31}$  δίνει:

$$g_{31} = \frac{F}{\frac{EWT}{WL}} = \frac{(L)F}{(CET)V}$$

Η χωρητικότητα  $C$  [F] του πιεζοηλεκτρικού στοιχείου που παρουσιάζεται στο Σχ.3.24, στη περίπτωση ομοιόμορφης κατανομής ηλεκτρικού φορτίου, μπορεί να υπολογιστεί ως

$$C = cWL/T$$

όπου το  $c$  [F/m] είναι η διηλεκτρική σταθερά.

Οι δύο τελευταίες εξισώσεις δίνουν ένα απλουστευμένο μοντέλο για ένα πιεζοηλεκτρικό ενεργοποιητή:

$$F = (g_{31}cEW)V$$

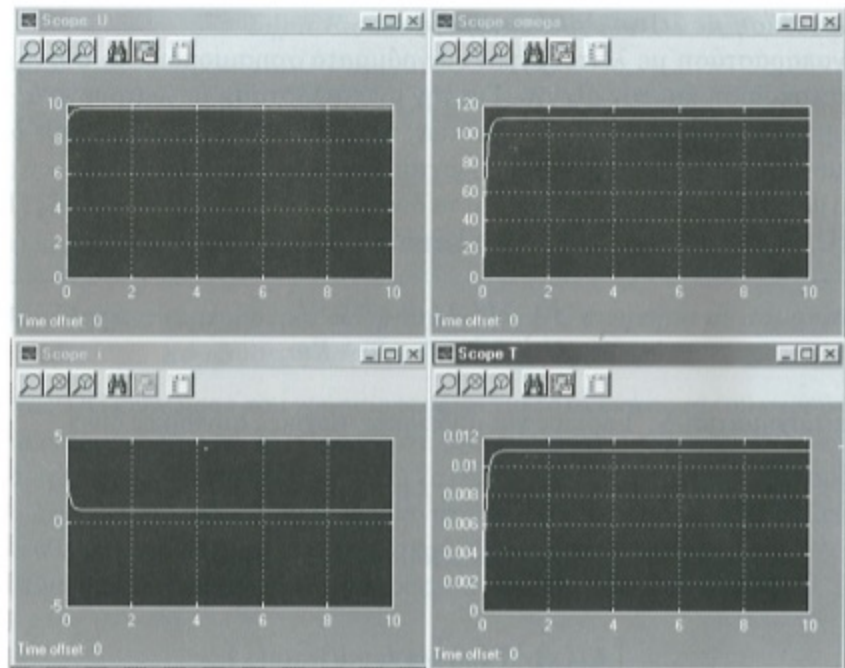
Οι μονάδες της δεξιάς πλευράς είναι [ $m^2/C$ ] [F/m] [ $N/m^2$ ] [m] [V] = [FNV/C]. Λαμβάνοντας υπόψη την εξίσωση  $Q=CV$ , με τις μονάδες [C] = [F] [V], η μονάδα [FNV/C] είναι ισοδύναμη με τις μονάδες του  $F$  [N]. Χρησιμοποιώντας  $\Delta L/L = F/(EWT)$ , η αξονική ανηγμένη επιμήκυνση δίνεται σαν

$$\Delta L/L = V(g_{31}cEW)/(EWT) = (g_{31}c/T)V$$

## 5.5. Ασκήσεις

Οι ασκήσεις αυτές προέρχονται από το βιβλίο 'Μηχατρονική' του Dan Nesculescu

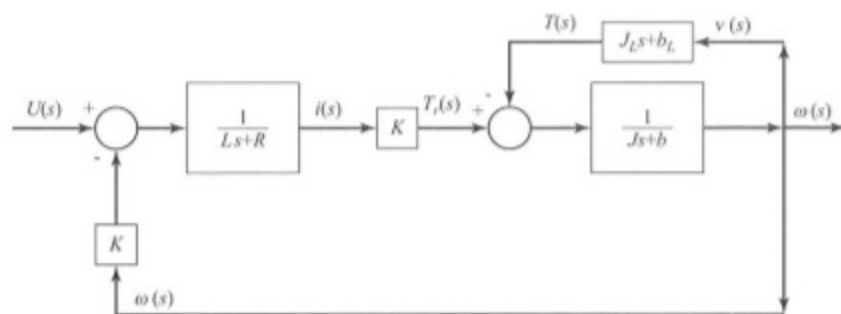
1. Θεωρείστε ένα ακριβέστερο μοντέλο ενός κινητήρα συνεχούς ρεύματος μόνιμου μαγνήτη (PM-DC), στο οποίο η επίδραση της αυτεπαγωγής  $L=0.002$  [H] του δρομέα δεν αμελείται. Λάβετε το αντίστοιχο μοντέλο Simulink με μια παροχή DC τάσης και ένα καθαρό ιξώδες φορτίο. Για τα ίδια στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τα αποτελέσματα προσομοίωσης που παρουσιάζονται στο Σχ.3.6, συγκρίνετε τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται για τη μη αμελητέα αυτεπαγωγή δρομέα.



**Σχήμα 3.6** Αποτελέσματα προσομοίωσης για το PM-DC κινητήρα που παρουσιάζεται στο Σχ. 3.5

2. Θεωρείστε το μοντέλο κινητήρα PM-DC, στο οποίο το φορτίο δεν είναι ένα καθαρό ιξώδες φορτίο, αλλά ένα αδρανειακό- ιξώδες φορτίο με μια ροπή αδράνειας  $90 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$ . Λάβετε το αντίστοιχο μοντέλο Simulink και για τα ίδια στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τα αποτελέσματα προσομοίωσης που παρουσιάζονται στο Σχ.3.6, συγκρίνετε τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται για ένα αδρανειακό -ιξώδες φορτίο.

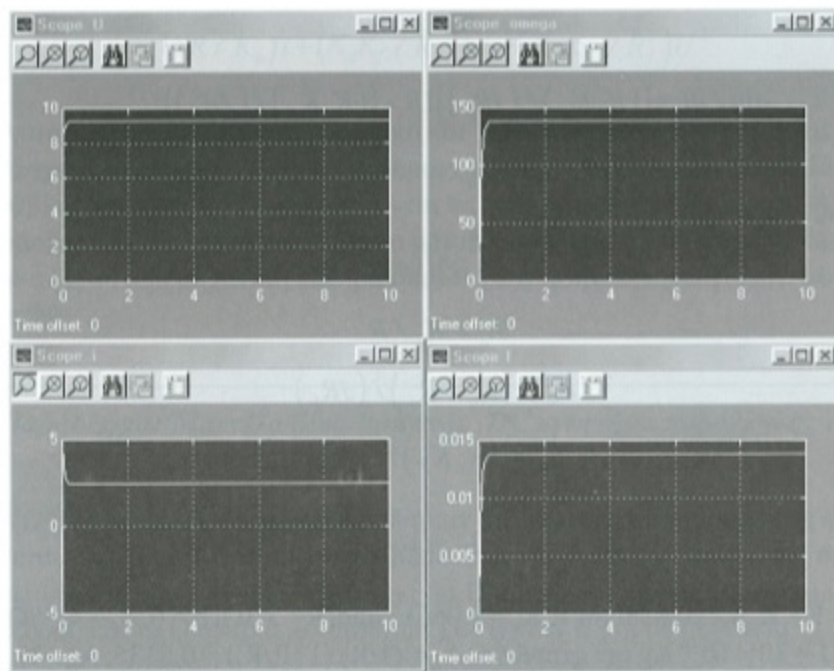
3. Λάβετε το λειτουργικό διάγραμμα ενός κινητήρα PM-DC, το οποίο έχει μη αμελητέα ιξώδη τριβή  $b_R$  στα ρουλεμάν δρομέα. Συγκρίνετε το με το λειτουργικό διάγραμμα που παρουσιάζεται στο Σχ.3.8.



**Σχήμα 3.8** Λειτουργικό διάγραμμα ενός DC κινητήρα με αδρανειακό-ιξώδες φορτίο

4. Τροποποιήστε το μοντέλο Simulink ενός κινητήρα PM-DC από το Σχ.3.5 για να λάβετε υπόψη τη μη αμελητέα ιξώδη τριβή  $b_R=0,00003 \text{ N ms/rad}$  στα ρουλεμάν δρομέα. Για τα ίδια στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τα αποτελέσματα προσομοίωσης που παρουσιάζονται στο Σχ.3.6, συγκρίνετε τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται για τη μη αμελητέα ιξώδη τριβή στα ρουλεμάν δρομέα.

5. Τροποποιήστε το μοντέλο Simulink ενός κινητήρα DC παράλληλης διέγερσης από το Σχ.3.13 για να λάβετε υπόψη τη μη αμελητέα ιξώδη τριβή  $b_R=0.00005 \text{ Nms/rad}$  στα ρουλεμάν δρομέα. Για τα ίδια στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τα αποτελέσματα προσομοίωσης που παρουσιάζονται στο Σχ.3.14, συγκρίνετε τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται για τη μη αμελητέα ιξώδη τριβή στα ρουλεμάν δρομέα.



Σχήμα 3.14 Αποτελέσματα προσομοίωσης για τον DC κινητήρα παράλληλης διέγερσης που παρουσιάζεται στο Σχ. 3.13

6. Επιλέξτε ένα DC μειωτήρα της σειράς GM 8000 LO-COG από τον κατάλογο Pittman στο διαδίκτυο. Χρησιμοποιήστε τα στοιχεία καταλόγου για το μοντέλο που αναφέρεται στο πρόβλημα 3.2 και συγκρίνετε τα αποτελέσματα προσομοίωσης με εκείνα που παρουσιάζονται στο Σχ.3.6.

7. Ένας διαφασικός υβριδικός βηματικός κινητήρας εξετάζεται για την οδήγηση ενός φορτίου. Η εφαρμογή απαιτεί ένα γωνιακό βήμα  $0.9 [^\circ / \text{βήμα}]$ . Καθορίστε τον αριθμό δοντιών του κινητήρα που απαιτούνται σε αυτήν την περίπτωση.

**8.** Επιλέξτε ένα υβριδικό κινητήρα από τη σειρά PDS ή PDX στον κατάλογο Parker Hannifin στο διαδίκτυο. Για μια χαρακτηριστική γωνία βήματος, καθορίστε τον αριθμό δοντιών δρομέα που απαιτείται για αυτό τον κινητήρα.

**9.** Η σειρά PDS ή PDX, στον κατάλογο Parker Hannifin στο διαδίκτυο, προσφέρει διάφορες προαιρετικές αναλύσεις σε βήματα /περιστροφή (steps/ rev). Ένας τυπικός διφασικός υβριδικός βηματικός κινητήρας, που αναγράφεται στον κατάλογο, έχει 50 δόντια για το τμήμα N και 50 δόντια για το τμήμα S του δρομέα. Υπολογίστε την ανάλυση πλήρους βήματος. Πόσες φορές ο οδηγός βελτιώνει την ανάλυση του κινητήρα χρησιμοποιώντας πλήρες βήμα;

**10.** Υποθέστε ότι ένας διφασικός υβριδικός βηματικός κινητήρας που χρησιμοποιεί πλήρες βήμα, έχει  $N=400$  [βήματα/περιστροφή]. Η μέθοδος DDA εφαρμόζεται σε ένα PC με  $M=64$  [bit] για να παραγάγει μια παλμοσειρά, έτσι ώστε να επιτύχει μια σταθερή ταχύτητα  $0.5$  [περιστροφές/sec] για  $2$  [sec] και έπειτα,  $0.55$  [περιστροφές/sec] για  $1$  [sec]. Αγνοώντας τη διάρκεια της επιτάχυνσης και της επιβράδυνσης, υπολογίστε τον αριθμό και τη συχνότητα των βημάτων που θα παραχθούν.

**11.** Για την περίπτωση που δίνεται στο προηγούμενο πρόβλημα, υπολογίστε το σφάλμα λόγω της δυαδικής αντιπροσώπευσης σε περίπτωση που η ψηφιακή αντιπροσώπευση μειώνεται σε  $M=8$  [bit].

**12.** Για το λειτουργικό διάγραμμα ενός υδραυλικού ενεργοποιητή με φορτίο μάζα-ελατήριο-διάταξη απόσβεσης που παρουσιάζεται στο Σχ.3.23, δίνονται οι ακόλουθες τιμές:  $m_L=2$  [Kg],  $m_p=1$  [Kg],  $b_L=0.1$  [Ns/m],  $b_p=0$ ,  $k_L=10$  [N/m],  $v/2\beta=0.01$  [ $m^4/s/Kg$ ],  $A=0.005$  [ $m^2$ ],  $K_u=0.2$  [kg/ms], και  $k_p=0.01$  [ $m^4/Kg$ ]. Λάβετε το μοντέλο Simulink και προσομοιώστε τη δυναμική του συστήματος για μια βηματική είσοδο με μέγεθος  $0.01$  [m]. Είναι η απόκριση  $x(t)$  υπεραποσβενομένη ή υποαποσβενομένη; Αλλάξτε την τιμή του συντελεστή απόσβεσης  $b_L$  από  $0$  έως  $3$  και παρατηρήστε την αλλαγή στην απόκριση  $x(t)$ .



## 6. Εφαρμογές

Οι εφαρμογές της μηχανικής είναι ατελείωτες. Παρακάτω, αναφέρονται κάποιες από τις πιο γνωστές.

### 6.1. Βιομηχανική

Η Βιομηχανική συμπεριλαμβάνει και ολοκληρώνει θεωρίες των επιστημών της βιολογίας, της μηχανικής και της ηλεκτρονικής. Η Βιομηχανική είναι επίσης μια επιστήμη που έχει ως στόχο την ολοκλήρωση μηχανικών στοιχείων στο ανθρώπινο σώμα για δύο σκοπούς:

- Για θεραπευτικούς λόγους όπως π.χ. τεχνητή καρδιά
- Για αύξηση των υπάρχουσών ικανοτήτων. Οι αρχικές εφαρμογές περιλαμβάνουν τεχνολογίες στρατιωτικού χαρακτήρα

### 6.2. Ο Θερμοστάτης

Ένα κλασικό και απλό αλλά θαυμάσιο παράδειγμα εφαρμογής μηχανικού συστήματος, που μπορεί να μετατραπεί σε μηχανικό, είναι αυτό του οικιακού θερμοστάτη. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται τα δύο είδη θερμοστατών (ο μηχανικός και ο μηχανικός).



Μηχανικός θερμοστάτης



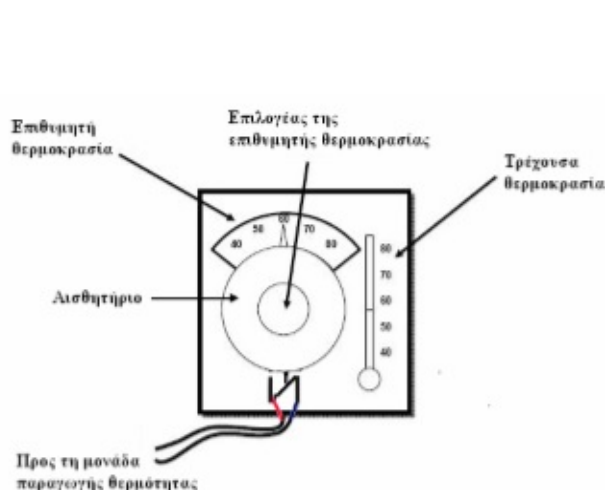
Ηλεκτρονικός ή Μηχανικός θερμοστάτης

Ο κλασικός μηχανικός θερμοστάτης αποτελείται από ένα περιστροφικό κουμπί το οποίο περιστρέφει ο χρήστης για να μεταβάλλει την επιθυμητή τιμή της θερμοκρασίας.

Τα αισθητήρια των θερμοστατών αυτών λειτουργούν εντελώς μηχανικά. Συνήθως, υπάρχουν δύο τύποι αισθητηρίων:

Με μεταλλικό έλασμα που θερμαινόμενο διαστέλλεται και ψυχόμενο συστέλλεται διακόπτοντας την ηλεκτρική επαφή

Με σωλήνα που περιέχει υγρό με μεγάλο συντελεστή θερμικής διαστολής, το οποίο επίσης θερμαινόμενο διαστέλλεται και διακόπτει την ηλεκτρική επαφή.



Ο μηχανικός θερμοστατής



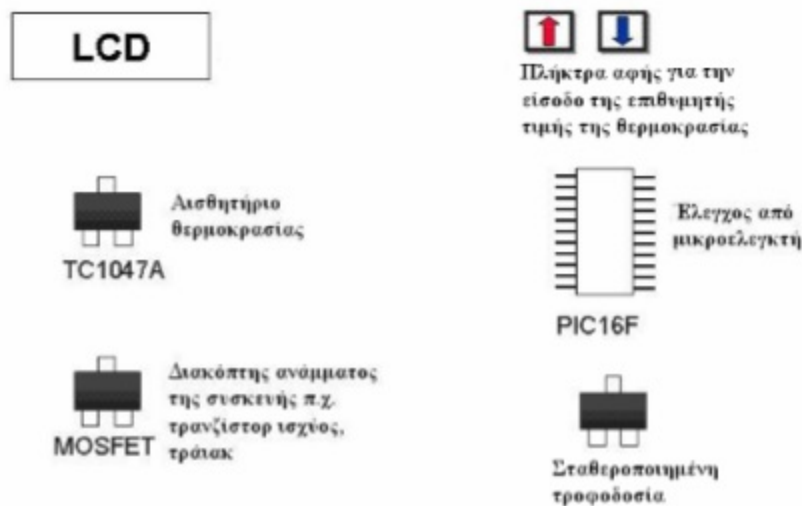
Εσωτερική δομή των αισθητηρίων θερμοκρασίας του μηχανικού θερμοστατη

Κατά την αριστερά περιστροφή έρχονται οι δυο επαφές πιο κοντά και σε ένα σημείο κλείνει το κύκλωμα, επιτρέποντας στο ρεύμα να περάσει από το στοιχείο θέρμανσης. Πίσω από το περιστροφικό κουμπί βρίσκεται ένα μεταλλικό σπειροειδές έλασμα το οποίο θερμαινόμενο/ψυχόμενο διαστέλλεται και συστέλλεται. Κατά τη διαστολή η σύνδεση των επαφών διακόπτεται. Κατά τη συστολή η επαφή αποκαθίσταται.

Η θέση του περιστροφικού κουμπιού καθορίζει σε ποια θερμοκρασία θα διακόπτεται το κύκλωμα. Η διαδικασία είναι πολύ απλή αλλά υπάρχουν αρκετά μειονεκτήματα στο μηχανικό αυτό θερμοστάτη όπως:

- Έχει φτωχή απόδοση
- Πρέπει να βαθμονομηθεί στο εργοστάσιο
- Η ακρίβεια της συσκευής υστερεί
- Τα μηχανικά μέρη υστερούν μετά από πολύωρη χρήση

Για το σχεδιασμό ενός προγραμματιζόμενο (μηχατρονικού) θερμοστάτη θα πρέπει να προσθέσουμε και τον κατάλληλο ηλεκτρονικό εξοπλισμό που θα αντιστοιχεί στο μηχανικό θερμοστάτη. Τα υλικά που χρειάζονται στην περίπτωση αυτή φαίνονται στο παρακάτω σχήμα



Τα απαιτούμενα εξαρτήματα για τη μετατροπή του μηχανικού θερμοστάτη σε μηχανικό

**USER FEEDBACK (LCD).** Ο χρήστης μπορεί να βλέπει στην οθόνη την επιθυμητή τιμή της θερμοκρασίας, καθώς και την τρέχουσα θερμοκρασία. **(SENSOR) Αισθητήριο θερμοκρασίας.** Οι πληροφορίες για τη θερμοκρασία συλλέγονται από το αισθητήριο.

**MOSFET.** Ελέγχεται από ένα μικροελεγκτή, ο οποίος το ρυθμίζει σε κατάσταση on-off.

**USER INPUTS.** Αποτελούνται από διάφορους διακόπτες αφής.

**CONTROLLER.** Η δουλειά του ελεγκτή είναι να συλλέγει πληροφορίες και δεδομένα από τους διακόπτες, και τον αισθητήρα θερμοκρασίας. Αυτές οι πληροφορίες εμφανίζονται στην LCD οθόνη σαν επιθυμητή και τρέχουσα θερμοκρασία.

**REGULATOR.** Χρειάζεται για να παρέχει την κατάλληλη σταθεροποιημένη συνεχή τάση DC στο μικροελεγκτή, στην οθόνη και στον αισθητήρα θερμοκρασίας.

Το τελικό προϊόν της μηχαντρονικής σχεδίασης του θερμοστάτη παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Υψηλότερη ανάλυση και ακρίβεια ρύθμισης
- Μειωμένο κόστος
- Είναι φιλικό στο περιβάλλον
- Εύκαμπτη σχεδίαση

### 6.3. Animatronics

Ένας εξαιρετικά πετυχημένος και δημοφιλής τομέας είναι αυτός των «κινηματογραφικών ομοιωμάτων» (Animatronics). Ειδικά εργαστήρια κατασκευάζουν ρομποτικές κούκλες, ομοιώματα δεινοσαύρων, τεράτων, γιγάντων, εξωγήινων και ό,τι άλλο μπορεί να φανταστεί ο νους του ανθρώπου. Τα ομοιώματα αυτά διαθέτουν εκπληκτική φυσικότητα κίνησης.

Ο όρος animatronics πρωτοεμφανίστηκε το 1960 στα κινηματογραφικά εργαστήρια της Walt Disney Imagineering και χαρακτήριζε τις μηχανικές φιγούρες των ηρώων, που εμφανίζονταν στη Disney Land. Έκτοτε, ο τομέας αυτός εξελίχθηκε σε πραγματική επιστήμη, με τεράστιο κύκλο εργασιών, τεχνογνωσία που θα τη ζήλευε ακόμα και η NASA και απασχολεί μερικούς από τους πλέον ταλαντούχους μηχανικούς του κόσμου.

Τα πρώτα animatronics, Tiki birds, λειτουργούσαν χρησιμοποιώντας ψηφιακό έλεγχο, δηλαδή κάτι που έχει κατάσταση είτε 0 είτε 1. Κάποιοι ήχοι γράφτηκαν σε κασέτες, οι οποίοι κατά την αναπαραγωγή της μαγνητικής εγγραφής προκαλούσαν έναν μεταλλικό παλλόμενο τόνο. Αυτός ο παλλόμενος τόνος έκλεινε ένα κύκλωμα και κατά συνέπεια έθετε σε λειτουργία ένα ρελέ. Το ρελέ έστελνε ρεύμα στο μηχανισμό της φιγούρας, έκανε μια πνευματική βαλβίδα να δουλέψει η οποία προκαλούσε μια κίνηση, όπως το άνοιγμα του ράμφους. Κάθε κίνηση είχε μια ουδέτερη θέση γνωστή ως φυσική θέση ανάπαυσης. Όταν δεν ερχόταν ρεύμα, επέστρεφε στη φυσική θέση ανάπαυσης.



Tiki Bird

Αυτό το ψηφιακό τονικό σύστημα χρησιμοποιούσε αποκλειστικά πνευματικές βαλβίδες δηλ. όλα λειτουργούσαν υπό την πίεση του αέρα. Με αυτό το σύστημα όμως υπήρχαν δύο περιορισμοί: πρώτον, η κίνηση έπρεπε να είναι απλή, on-off και δεύτερον οι κινήσεις δε μπορούσαν να απαιτήσουν πολύ ενέργεια ή δύναμη.

Τα animatronics, παρέα με τα εξελιγμένα ψηφιακά εφέ, τα CGI (Computer Generated Images), κατέκλυσαν την κινηματογραφική οθόνη και τα τελευταία χρόνια, φάνηκε ότι την κατέκτησαν. Τα κινηματογραφικά στούντιο, αξιοποιώντας τις δυνατότητες της τεχνολογίας, παράγουν εντυπωσιακές περιπέτειες.

Στην ουσία ένα animatronic είναι μια μηχανοκίνητη κούκλα. Μπορεί να είναι προ-προγραμματισμένη ή τηλε-ελεγχόμενη. Το animatronic μπορεί να εκτελέσει ένα περιορισμένο αριθμό κινήσεων ή μπορεί να είναι απίστευτα ευέλικτο, ανάλογα με τον αν χρησιμοποιεί πνευματικό ή υδραυλικό σύστημα αντίστοιχα.

Ερχόμενοι λοιπόν στο σήμερα, ένα καλό παράδειγμα κινηματογραφικού ομοιώματος είναι ο Spinosaurus από το Τζουρασικ ΠαρκII.



Έχει μήκος 13300 μέτρα και ζυγίζει 12 τόνους. Κινείται εξ ολοκλήρου από υδραυλικά συστήματα. Όλοι οι άξονες περιστροφής χρησιμοποιούν μακαρονωτά ρουλεμάν και όλα τα μεγάλα ατσάλινα κομμάτια κόπηκαν χρησιμοποιώντας ένα εργαλείο «δέσμης νερού» (waterjet). Το πλάσμα είναι εντελώς τηλεκατευθυνόμενο.

Για να δημιουργηθεί ο Spinosaurus, ή κάποιο animatronic, απαιτούνται κάποια βασικά βήματα:

- Να ζωγραφισθεί
- Να κατασκευασθεί η μακέτα
- Να κατασκευασθεί ένα κανονικών διαστάσεων γλυπτό
- Να παραχθεί το καλούπι και να χυτευθεί το σώμα.
- Να κατασκευασθούν τα συνιστώσα μέρη του animatronic.
- Να συναρμολογηθούν όλα μαζί.

Κατόπιν, η εργασία χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες και η ανάπτυξη της γίνεται διαδοχικά ακολουθώντας τις κατηγορίες.

**Μηχανικό** : Οι μηχανικοί σχεδιάζουν και κατασκευάζουν τα μηχανικά συστήματα από τις απλές ταχύτητες μέχρι τα εξελιγμένα υδραυλικά. Το χαρακτηριστικό του Spinosaurus είναι ότι σχεδόν όλα τα μηχανικά συστήματα που χρησιμοποιεί είναι υδραυλικά.

**Ηλεκτρονικό :** Μια άλλη ομάδα αναπτύσσει τον ηλεκτρονικό έλεγχο των συστημάτων που χρειάζεται για να λειτουργήσει ένα animatronic. Τυπικά, ξεκινώντας απ' την αρχή, δημιουργώντας τους δικούς τους ειδικούς πίνακες κυκλωμάτων, φτιάχνουν γιγαντιαία τηλε-ελεγχόμενα παιχνίδια.

**Κατασκευαστικό :** Όλα τα ηλεκτρονικά και μηχανικά μέρη χρειάζονται κάτι για να συνδεθούν και να ελεγχθούν καθώς επίσης το δέρμα χρειάζεται ένα σκελετό για να διατηρήσει το σχήμα του. Αυτό επιτυγχάνεται κατασκευάζοντας ένα πλαστικό και ατσάλινο σκελετό.

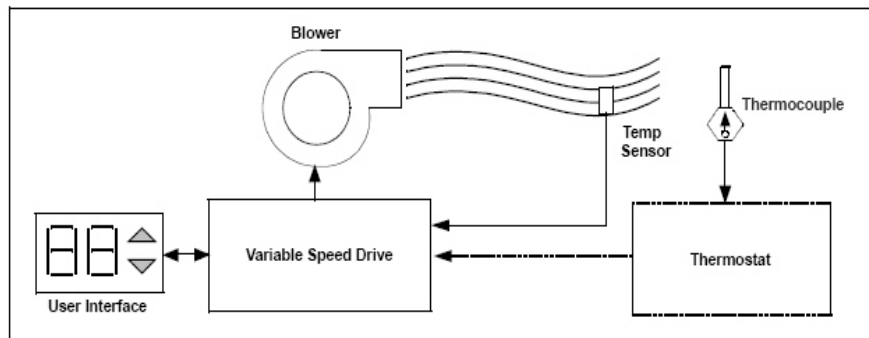
**Εξωτερική επιφάνεια :** Το δέρμα του Spinosaurus φτιάχτηκε από αφρώδες ελαστικό. Παρόλο που υπάρχουν κι άλλα συστατικά, όπως η σιλικόνη και το ουραιθάνιο, που είναι πιο ισχυρά και διαρκούν περισσότερο, το αφρώδες ελαστικό χρησιμοποιείται γιατί είναι πολύ πιο εύκολο να το δουλέψεις.

Οι ειδικοί στον τομέα των animatronics είναι από τους καλύτερους αμειβόμενους μηχανικούς στον κόσμο. Ο Σταν Γουίνστον, είναι ίσως ο πλέον επιτυχημένος δημιουργός ειδικών μηχανικών και ρομποτικών εφέ, αφού από τα χέρια του έχουν πλαστεί τα πιο αληθοφανή πλάσματα που έχουν παρουσιαστεί στον κινηματογράφο. Δική του δουλειά είναι τα ρομποτικά κατασκευάσματα στον «Εξολοθρευτή», στο «Τζουράσικ παρκ», στο «Αλιεν», στον «Ψαλιδοχέρη», στην «Τεχνητή νοημοσύνη» και στο «Περλ Χαρμπορ».

#### 6.4. Χειριστής Αέρος Οικιακής Χρήσης

Σε πολλές χρήσεις θέρμανσης, εξαερισμού και κλιματιστικών μηχανημάτων, οι μηχανές χειριστή αέρος είναι off ή on στη μέγιστη ταχύτητα. Στη θέρμανση ο αέρας στο σπίτι τυπικά μεταβάλλεται από 3-6 βαθμούς Κελσίου εξαρτώμενος από τη θέση που κάθεται κανείς στο δωμάτιο, όταν η μονάδα ανοίγει και κλείνει. Εάν είναι ακριβώς κάτω από τη σχισμή που επιτρέπει τη διέλευση του αέρα και το δωμάτιο ίσως είναι κρύο, όταν το κλιματιστικό ανοίξει έρχεται ένα εκρηκτικό κύμα ζεστού αέρα. Αυτή η μέθοδος δεν είναι τόσο αποτελεσματική. Η ίδια αρχή εφαρμόζεται και στους χειριστές αέρος του κλιματιστικού.

Η μηχανική εκδοχή είναι σίγουρα πιο αποτελεσματική λύση. Ένας έξυπνος χειριστής αέρος εποπτεύει τη θερμοκρασία του αέρα που διοχετεύεται στο δωμάτιο και ρυθμίζει την ταχύτητα του χειριστή να είναι ανάλογη της διαφοράς μεταξύ του αέρα που μπαίνει στο δωμάτιο και της θερμοκρασίας που θέτει ο θερμοστάτης. Υπάρχουν πολυάριθμα οφέλη απ' αυτό. Οι κάτοικοι του σπιτιού θα νιώθουν κατά πολύ πιο άνετα καθώς η θερμοκρασία θα είναι πιο σταθερή. Επιπρόσθετα, ο χειριστής αέρα είναι πιο ήσυχος και λιγότερο ενοχλητικός.



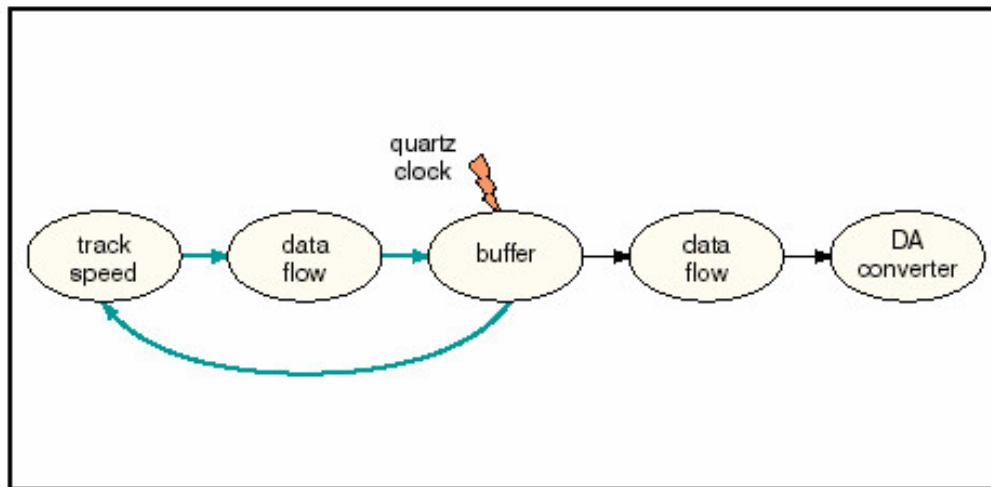
Σχήμα «Εξυπνος» χειριστής αέρος

Η αποτελεσματικότητα του σχεδίου είναι προφανής αφού μειώνεται η κατανάλωση ισχύος. Τέλος, η συντήρηση κοστίζει λιγότερο αφού το σύστημα αερισμού διαρκεί περισσότερο χάρη στο μειωμένο φόρτο της μηχανής του.

## 6.5. CD-ROM Players

Τα παλιά γραμμόφωνα ήταν εξοπλισμένα με βαριές περιστροφικές πλάκες προκειμένου να εγγυηθούν ένα σταθερό αριθμό περιστροφών. Στις τελευταίες ημέρες των δίσκων βινυλίου, τα πιο πολύπλοκα σχέδια χρησιμοποιούσαν ανατροφοδότηση σε συνδυασμό με μια ελαφριά περιστροφική πλάκα για να επιτύχουν το ίδιο πράγμα. Αλλά ένα πραγματικά νέο σχέδιο ήταν το compact disc player.

Το Cd Player αντί να κρατά σταθερό τον αριθμό περιστροφών των δίσκων, στοχεύει σε μια σταθερή ταχύτητα της κεφαλής κατά μήκος των διαύλων του δίσκου. Αυτό σημαίνει ότι ο δίσκος περιστρέφεται πιο αργά όταν οι διάυλοι διαβάζονται σε μια μεγαλύτερη διάμετρο. Τα bits που διαβάζονται από το CD αποθηκεύονται ηλεκτρονικά σε έναν buffer (προσωρινή μνήμη) που στέλνει τις πληροφορίες του στο DA-converter όπου εκεί ελέγχονται από ένα κρύσταλλο quartz. Αυτό επιτρέπει την πραγματοποίηση ενός πολύ σταθερού bit rate και εξαλείφει όλες τις ευδιάκριτες διακυμάνσεις ταχύτητας. Τέτοια απόδοση δεν θα μπορούσε ποτέ να ληφθεί από μια καθαρά μηχανική συσκευή, ακόμα κι αν ήταν εξοπλισμένη με ένα καλό σύστημα ελέγχου ταχύτητας. Στην πραγματικότητα ο βρόχος ελέγχου για την ταχύτητα δίσκων δεν χρειάζεται πολύ αυστηρές προδιαγραφές. Πρέπει μόνο να αποτρέπεται η υπερχειλίση ή η υποχειλίση του buffer. Η υψηλή ακρίβεια λαμβάνεται σε έναν ανοικτό βρόχο, που οδηγείται από ένα κρύσταλλο quartz.



Συνδυασμός κλειστού βρόχου και ελέγχου ανοικτού βρόχου σε ένα cd player

Η ευελιξία που επιτυγχάνεται από το συνδυασμό μηχανικού και ηλεκτρονικού ελέγχου έχει επιτρέψει την ανάπτυξη των CDRom player, που τρέχουν με περισσότερες από 50 φορές την ταχύτητα του αρχικού ακουστικού CDs.

Καμία ηλεκτρονική συσκευή μνήμης δεν μπορεί προς το παρόν να ανταγωνιστεί οικονομικά τις οπτομηχανικές ικανότητες αποθήκευσης του CD και του διαδόχου της, του DVD. Αλλά αυτό μπορεί να αλλάξει γρήγορα. Σήμερα, οι buffers με χωρητικότητα μέχρι 10 δευτερόλεπτα επιτρέπουν σε αυτές τις συσκευές να χρησιμοποιηθούν ακόμα και κατά το jogging. Ήδη οι πρώτες συσκευές που έχουν ήχο αντίστοιχο με το CD χρησιμοποιώντας μόνο ηλεκτρονική της στερεάς κατάστασης με ισχυρές τεχνικές συμπίεσης στοιχείων είναι πλέον διαθέσιμες. Στη βιομηχανία συσκευασίας πολλές συσκευές στηρίζονται ακόμα στη βαρύτητα για να αλλάξουν τη συμπεριφορά του προϊόντος και του υλικού συσκευασίας. Με εφαρμογή ενός ενεργού ελέγχου κινήσεων μια πιο αξιόπιστη και πιο γρήγορη συσκευή μπορεί να κατασκευαστεί.

Εάν ένα αεροπλάνο πρέπει να έχει σταθερές ιδιότητες πτήσης υπό καθαρά χειρονακτικό έλεγχο, οι δυνατότητες σχεδιασμού είναι περιορισμένες. Όταν η παρουσία ενός αυτόματου ελεγκτή σαν σύστημα υποστήριξης για τον πιλότο γίνεται αποδεκτή κάτω από όλες τις περιστάσεις (που υπονοούν ότι πρέπει να είναι τόσο αξιόπιστη όσο το υπόλοιπο της κατασκευής) περισσότερα και αποδοτικότερα κατασκευαστικά μοντέλα γίνονται εφικτά.

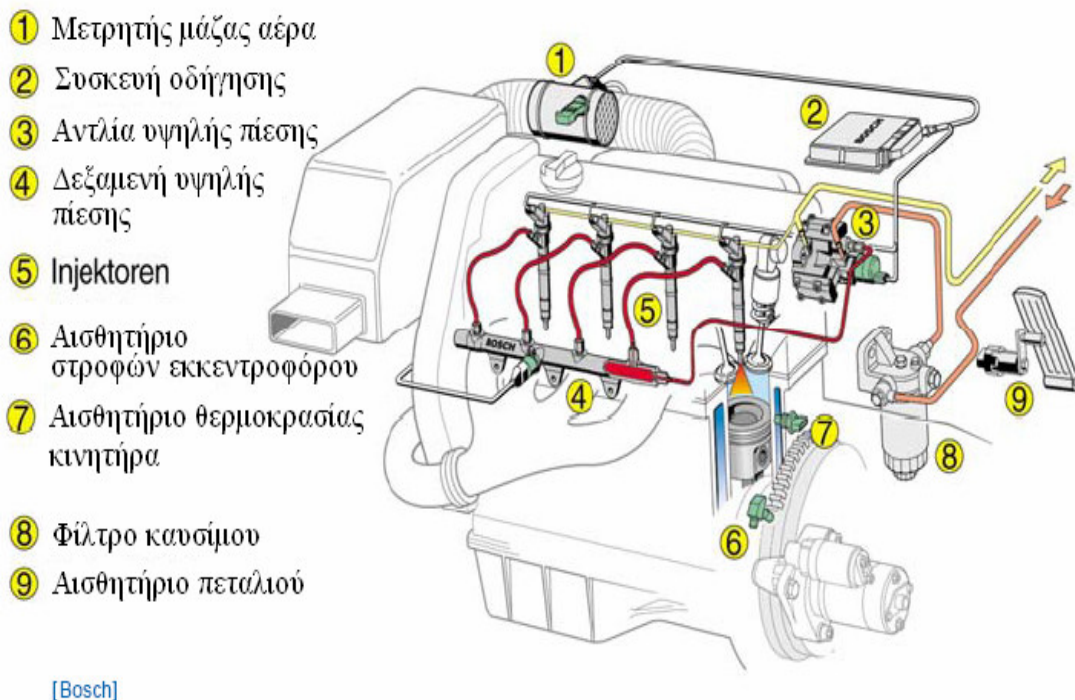
Άλλα παραδείγματα μηχανικών συστημάτων μπορούν να αναζητηθούν στην αυτοκινητοβιομηχανία, όπως τα ABS, τα ηλεκτρονικά συστήματα σταθεροποίησης, οι αυτοματοποιημένοι κόμβοι των Εθνικών οδών κ.τ.λ.

Γενικά θα λέγαμε ότι η σύμπραξη των διαφορετικών επιστημών επιτρέπει τον σχεδιασμό και την υλοποίηση πραγματικά προηγμένων προϊόντων και μηχανών παραγωγής.



## 6.6. Αυτοκινητοβιομηχανία

Οι περισσότερες εφαρμογές της μηχανικής βρίσκονται σήμερα αναμφίβολα στην αυτοκινητοβιομηχανία. Η χρήση μηχανικών συστημάτων είναι μια νέα τάση στην αυτοκινητοβιομηχανία που έχει ήδη υιοθετηθεί από πολλές κατασκευάστριες εταιρείες οχημάτων, με γνωστά παραδείγματα το σύστημα ABS (σύστημα αντιμπλοκαρίσματος φρένων), το EBDS (ηλεκτρική κατανομή ισχύος πέδησης) και το τιμόνι ηλεκτρικής υποβοήθησης EPAS (electrical power assisted steering), το οποίο αντικαθιστά το υδραυλικό. Αναμένεται λοιπόν, ότι τα επόμενα 5 με 10 χρόνια τα αυτοκίνητα θα υποστηρίζουν ηλεκτρονικά και όχι υδραυλικά φρένα, στη λειτουργία των οποίων θα μεσολαβεί εκτός από τον οδηγό και ειδικά σχεδιασμένο software.



### 6.6.1. Τεχνολογία στο Σημερινό Όχημα

- Προσαρμοστικός έλεγχος πορείας (Adaptive Cruise Control)
- Κίνηση από το καλώδιο (drive by wire)
- δορυφορικό ραδιόφωνο XM (XM Satellite Radio)

- Τηλεματική (OnStar)( Telematics)
- Λογισμικό drivetrain (Software drivetrain)
- Έλεγχος σώματος λογισμικού (Software body control)
- ψήκτρες (Rain-sensing Wipers)
- Ψυχαγωγία οχημάτων (In-vehicle entertainment)
- ABS 2ης γενιάς (Generation II ABS)
- Heads-up display
- Νυχτερινή όραση (Night Vision)
- Συνοδευτικός αισθητήρας σύγκρουσης (Back-up collision sensor)
- Πλοήγηση (Navigation)
- Οθόνη πίεσης ροδών (Tire Pressure Monitor)

### 6.6.2. Βοήθεια Παρκαρίσματος

Σαν βοήθεια παρκαρίσματος ορίζονται οι εγκαταστάσεις ή τα συστήματα, τα οποία έχουν ως αποστολή να διευκολύνουν το παρκάρισμα οχημάτων και ιδιαίτερα σε στενούς χώρους.

Υπάρχουν 2 ειδών βοήθειες:

- **Παθητική βοήθεια**

Στα παθητικά συστήματα υπάρχουν σημεία προσανατολισμού πάνω στο όχημα ή στη θέση παρκαρίσματος, τα οποία διευκολύνουν στην αναγνώριση της θέσης του οχήματος. Τέτοια βοήθεια προσφέρετο παλαιότερα στα φορτηγά από εύκαμπτες προεξέχοντες ράβδους που ήταν προσαρμοσμένες συνήθως πάνω στον προφυλακτήρα σε σημεία που δεν έβλεπε ο οδηγός και τον ειδοποιούσαν ακουστικά.

Η Mercedes-Benz τοποθέτησε πάνω από το πορτμπαγκάζ στην S-Klasse μικρές βέργες που μπεινοβγαίνουν για τη διευκόλυνση προσανατολισμού του οδηγού

- **Ενεργητική βοήθεια**

Σε αυτήν ανήκει το σύστημα Acoustic Parking System (APS). Βασίζεται στην αποστολή και ανάκλαση υπερήχων. Από μια συγκεκριμένη απόσταση εκπέμπεται συγκεκριμένος προειδοποιητικός τόνος. Όσο μειώνεται η απόσταση αυξάνεται η συχνότητα επανάληψης του τόνου αυτού.

Υπάρχουν και συστήματα τα οποία λειτουργούν οπτικά ή και οπτικοακουστικά. Κατά κανόνα τοποθετούνται οι εγκαταστάσεις APS στους προφυλακτήρες και αναγνωρίζονται επειδή μοιάζουν με 4 ή 5 νομίσματα των 2 ευρώ. Το πρώτο σύστημα APS κατασκευάστηκε από τη VW, και σήμερα έχει εξελιχθεί σε σύστημα μέτρησης απόστασης από τα προπορευόμενα οχήματα για την προστασία τρακαρίσματος.

### 6.6.3. Νυχτερινή Όραση (Night Vision)

Κατά τη νύχτα υπάρχει αυξημένος κίνδυνος ατυχήματος, επειδή με τα κανονικά μεσαία φώτα το ορατό πεδίο ανέρχεται σε 40 μέτρα. Για το λόγο αυτό εμπόδια και άλλα επικίνδυνα σημεία γίνονται αντιληπτά υπερβολικά αργά ιδιαίτερα όταν είναι ανεπαρκώς φωτισμένα. Τα μεγάλα φώτα φωτίζουν μεν το δρόμο καλύτερα, αλλά ενοχλούν το αντίθετο ρεύμα και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται μόνο στο 15% περίπου όλων των διαδρομών.

Ο κίνδυνος ατυχήματος είναι λοιπόν πολύ υψηλότερος όταν είναι σκοτεινά. Περίπου το 50% όλων των σοβαρών ατυχημάτων συμβαίνουν όταν είναι σκοτεινά, αν και μόνο το 20% των συνολικών χιλιομέτρων γίνεται τις ώρες νύχτας.

Η μερική λύση στο πρόβλημα της όρασης έρχεται από ένα σύστημα όρασης υπέρυθρων. Δύο προβολείς υπέρυθρων φωτίζουν το δρόμο σε ίδια απόσταση περίπου με τα μεγάλα φώτα, χωρίς να τυφλώνουν το αντίθετο ρεύμα αφού το υπέρυθρο φως δεν είναι ορατό από το ανθρώπινο μάτι. Ο φωτισμένος δρόμος βιντεοσκοπείται από μια ειδική κάμερα και η εικόνα εμφανίζεται ασπρόμαυρη σε υψηλή ανάλυση μέσα στο αυτοκίνητο πάνω από παμπρίζ.

Έτσι, μπορεί ο οδηγός να βλέπει την εικόνα των συμμετεχόντων στη συγκοινωνία από απόσταση έως 150 μέτρα μακριά.

### 6.6.4. Σύστημα Προστασίας Πεζών

Στο μέλλον θα προστατεύονται οι πεζοί από τα αυτοκίνητα καλύτερα. Ήδη η Bosch διαθέτει ένα τέτοιο σύστημα στο στάδιο μαζικής ανάπτυξης. Το σύστημα αυτό θα μπορεί να ενεργοποιεί κάποιον ενεργοποιητή, ο οποίος για παράδειγμα θα σηκώνει το καπό της μηχανής σε περίπτωση πρόσκρουσης με πεζό. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα αισθητήριο επιτάχυνσης κάπου στον προφυλακτήρα, το οποίο αντιλαμβάνεται τη σύγκρουση με ένα αντικείμενο. Ο ενεργοποιητής δίνει σήμα μόνον όταν πρόκειται για σύγκρουση με έναν πεζό. Χάρη σε έναν έξυπνο αλγόριθμο είναι εγγυημένη μια αξιόπιστη διαφοροποίηση του αντικειμένου, έτσι ώστε ο ενεργοποιητής να αντιλαμβάνεται τη σύγκρουση μόνο με πεζό.

Το σύστημα αυτό ολοκληρώνεται στο σύστημα οδήγησης του σάκου Airbag. Ακόμη προγραμματίζεται η χρησιμοποίηση αισθητηρίων υπερήχων ή ακόμη και Video-αισθητηρίων για την περαιτέρω βελτίωση του συστήματος.

### 6.6.5. Μηχανικό Σύστημα Θυρών

Ηλεκτρονικοί μηχανισμοί κίνησης φροντίζουν για ένα άνετο άνοιγμα και κλείσιμο των παραθύρων. Χρησιμοποιώντας καινούργιους ηλεκτρονικούς μηχανισμούς κίνησης απλοποιούνται οι ρυθμίσεις και προσφέρονται νέες λειτουργίες.

### **6.6.6. Μηχανική της Ανοιγόμενης Οροφής**

Χρησιμοποιώντας 2 κινητήρες για το άνοιγμα-κλείσιμο της οροφής γίνονται διάφορες ρυθμίσεις, όπως προστασία φρακαρίσματος, ομαλό ξεκίνημα και σταμάτημα κ.τ.λ.

### **6.6.7. Μηχανικό Σύστημα ESP® (Elektronisches Stabilitäts-Programm ESP)**

Το μηχανικό σύστημα ESP® έρχεται να επιλύσει τα προβλήματα, όπως κατά την εμφάνιση ενός ξαφνικού εμποδίου, εσφαλμένη υπόθεση μορφής του δρόμου, όπου ο οδηγός πρέπει να κάνει απότομη μανούβρα, ή σε μερικώς παγωμένη ασφαλτο κ.ά., δηλαδή περιπτώσεις που όλοι κάποια φορά έχουμε αντιμετωπίσει. Έτσι, παρά την σωστά προσαρμοσμένη ταχύτητα του οχήματος μπορεί εύκολα να χαθεί ο έλεγχος του οχήματος.

Το ESP παρεμποδίζει το 'κολύμπι' του αυτοκινήτου παρεμβαίνοντας ακαριαία στα φρένα, στον κινητήρα και στην οδήγηση του σαζμάν μόλις πάει να χαθεί ο έλεγχος του οχήματος. Το ESP υπολογίζει από τη γωνία του τιμονιού και από τους αριθμούς περιστροφών των τροχών σε ποια διεύθυνση θέλει ο οδηγός να κατευθύνει το όχημα. Δια μέσου ενός κατάλληλα τοποθετημένου επιταχυνσιόμετρου και με το συνυπολογισμό του αριθμού των περιστροφών των τροχών αναγνωρίζει το ESP, αν το όχημα κινείται σε άλλη κατεύθυνση. Στην περίπτωση αυτή αντιδρά ακαριαία το ESP® και 'οδηγεί' το όχημα φρενάροντας κατάλληλα κάθε τροχό.

### **6.6.8. Μηχανικό Σύστημα ESP® με Έλεγχο Φορτίου**

Αυτό φροντίζει για την σταθεροποίηση του οχήματος όπως προηγουμένως αλλά και σε συνάρτηση με το φορτίο του.

Μεγάλα φορτία επηρεάζουν πάρα πολύ τη συμπεριφορά στο δρόμο, του τιμονιού, και του φρεναρίσματος όλων των φορτηγών (και όχι μόνον) αυτοκινήτων. Με το σύστημα ESP® with Load Adaptive Control ελέγχεται πλήρως το όχημα δια της αναγνώρισης του φορτίου. Προσδιορίζοντας συνεχώς το φορτίο προσαρμόζονται ορισμένες λειτουργίες ESP, καθώς και οι λειτουργίες ABS και ASR. Εκτός της βελτίωσης της αποτελεσματικότητας των φρένων περιορίζεται σημαντικά η πιθανότητα ντεραρίσματος.

### **6.6.9. Σύστημα Αντιμπλοκαρίσματος Φρένων – Anti-lock Braking Systems (ABS)**

Ακόμη και ένα μικρό πάτημα του πεταλιού του φρένου αρκεί για να μπλοκάρει τους τροχούς. Απ' το σημείο αυτό του μπλοκαρίσματος των τροχών δεν υπακούει πλέον το τιμόνι στις μανούβρες του οδηγού. Το σύστημα ABS δεν αφήνει τους τροχούς να μπλοκάρουν και έτσι διατηρείται το όχημα οδηγήσιμο ώστε να είναι δυνατόν να μπορεί να αποφεύγει εμπόδια ακόμη και κατά τη διάρκεια του πλήρους φρεναρίσματος.

Μετρητές στροφών των τροχών επιβλέπουν συνεχώς όλους τους τροχούς. Τείνει ένας τροχός να μπλοκαρισθεί, το αναλαμβάνεται αστραπιαία το ABS και μειώνει την πίεση των φρένων σ' αυτόν τον τροχό, έτσι ώστε αυτός να μην ακινητοποιηθεί. Το ABS εκτελεί αυτή τη ρύθμιση για κάθε ένα τροχό ξεχωριστά. Αυτή η ηλεκτρονική ρύθμιση κρατήματος των τροχών κατά το φρενάρισμα φροντίζει για την ελάχιστη διαδρομή φρεναρίσματος πανικού, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνει την οδηγισιμότητα του οχήματος και αυξάνει την ευστάθεια.

Βλέπουμε λοιπόν, ότι ο ρόλος του ABS σε ένα όχημα είναι η αύξηση της ασφάλειας παρεμποδίζοντας κατά το φρενάρισμα το επικίνδυνο μπλοκάρισμα των τροχών.

Ο όρος ABS αναφέρεται σε διάφορες συσκευές σχεδιασμένες να αποφεύγουν κλείδωμα ροδών (wheel lock) κατά τη διάρκεια σκληρού και απότομου φρεναρίσματος πανικού. Στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης υπάρχει νομοθεσία για ABS και αναμένεται να υιοθετηθεί και στις ΗΠΑ.

Το ABS είναι ένα τεχνικό σύστημα εφαρμοζόμενο στα οχήματα, το οποίο κατά το απότομο δυνατό φρενάρισμα διακόπτει την εφαρμογή του φρεναρίσματος και το κατανέμει σε μικρά διαστήματα για να αποφύγει το μπλοκάρισμα των τροχών. Έτσι, μπορεί να οδηγηθεί το όχημα με το τιμόνι ακόμη και κατά τη διάρκεια του φρεναρίσματος. Αυτό είναι απαραίτητο προκειμένου να μη χαθεί ο έλεγχος του οχήματος. Επίσης, αποφεύγεται η μεγάλη φθορά των ελαστικών η προκαλούμενη από το μπλοκάρισμα των τροχών στην άσφαλτο.

Ήδη από το 1936 υπήρχε μια πατέντα από την Bosch για την προστασία από δυνατό φρενάρισμα. Οι συσκευές τότε, αποτελούντο από περίπου 1000 αναλογικά κομμάτια, ήταν δύσχρηστες και υπερβολικά αργές. Με την ψηφιακή τεχνολογία ήρθαν όλα τα εμπόδια.

Από το 1948 τοποθετούνται τα ABS στα αεροσκάφη. Η εφαρμογή του όμως στα αυτοκίνητα ήταν πολύ ακριβή.

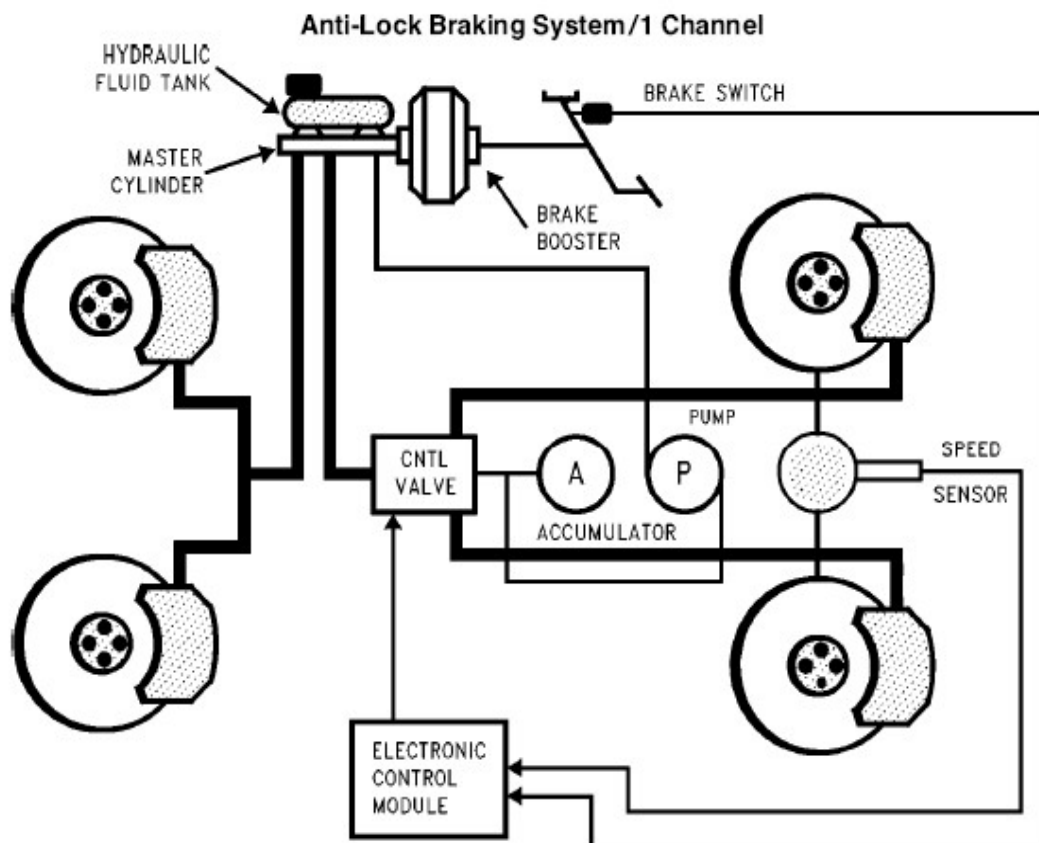
Το 1978 εισήχθη στην αγορά το ABS από την Bosch μετά από 35.000.000 χιλιόμετρα δοκιμών, το οποίο αποτελείτο από 130 κομμάτια. Αρχικά εξοπλίστηκε η S-Klasse της Mercedes-Benz, και στη συνέχεια η BMW. Περί το τέλος του 2003 το 90% των καινούργιων ευρωπαϊκών αυτοκινήτων που έπαιρναν άδεια κυκλοφορίας διέθεταν ABS. Από τα μέσα του 2004 θα επιτρέπεται η άδεια κυκλοφορίας μόνο σε καινούργια αυτοκίνητα που διαθέτουν ABS. Τα λεωφορεία στη Γερμανία είναι εξοπλισμένα με ABS πριν από το 1992.

Σε κάθε ένα τροχό του οχήματος βρίσκεται ένας μετρητής ταχύτητας που μετράει τις στροφές του τροχού. Οι πληροφορίες του μετρητή μεταφέρονται σε ένα μηχανήμα ελέγχου. Όταν ένας τροχός τείνει να μπλοκαρισθεί από το δυνατό φρενάρισμα, τότε μειώνεται τόσο η πίεση του φρένου ώστε να μπορεί να περιστραφεί και μετά πάλι αυξάνεται η πίεση στο φρένο.

Χρησιμοποιώντας το ABS σε στεγνό ή υγρό δρόμο η διαδρομή φρεναρίσματος μειώνεται δραστικά. Στο χιόνι όμως μπορεί η διαδρομή φρεναρίσματος να αυξηθεί, επειδή με την αργή περιστροφή των τροχών δεν επιτρέπει τη συσσώρευση υλικού μπροστά στον τροχό που επενεργεί θετικά στο φρενάρισμα. Συστήματα ABS σχεδιάζονται γύρω από υδραυλικά συστήματα, αισθητήρες και ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου. Αυτά τα συστήματα εξαρτώνται το ένα από το άλλο και τα διαφορετικά τμήματα συστημάτων είναι ανταλλάξιμα με ελάχιστες αλλαγές στο λογισμικό ελεγκτών

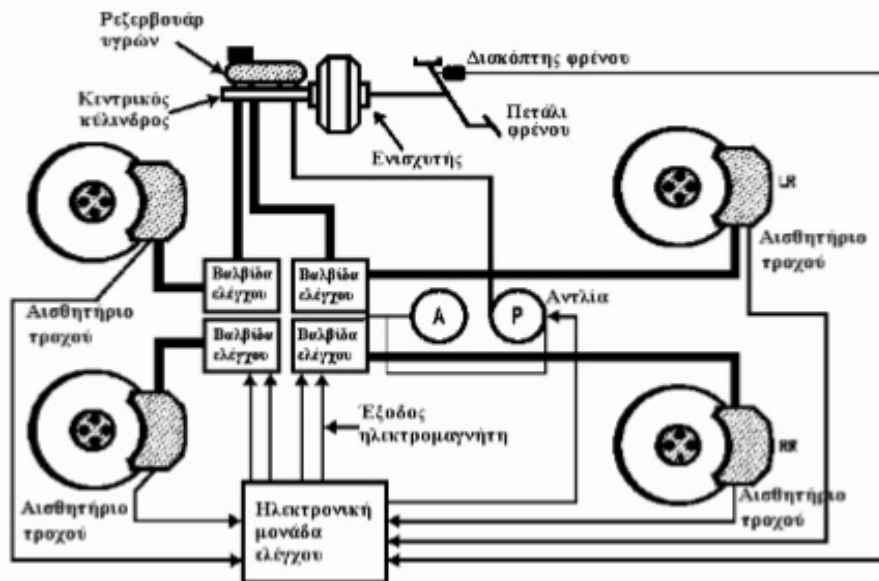
### Anti-lock Braking Systems (ABS)

Τα αντιμπλοκαριστικά συστήματα παλαιού τύπου είναι συστήματα χαμηλότερου κόστους με έναν αισθητήρα ροδών στο διαφορικό, ένα κύκλωμα ελέγχου και έναν ελεγκτή συστήματος. Χρησιμοποιείται πρώτιστα στα ελαφριά φορτηγά και τα επιβατικά αυτοκίνητα κίνησης μπροστινών τροχών. Αυτό βελτιώνει τη σταθερότητα



Το κύκλωμα φρένων μόνο των μπροστινών τροχών (1 Κανάλι)

Η βελτιωμένη μορφή του προηγούμενου συστήματος απαιτεί τέσσερις αισθητήρες ταχύτητας ροδών, τέσσερα κυκλώματα ελέγχου, και ένα σύστημα ελέγχου υψηλής απόδοσης. Αυτό το σύστημα παρέχει βελτιωμένο έλεγχο και μικρότερες αποστάσεις φρεναρίσματος.



#### 6.6.10. Μαγνητικές Βαλβίδες

Οι μαγνητικές βαλβίδες (διακόπτες) επηρεάζουν κατά τη διάρκεια της ρύθμισης του μη μπλοκαρίσματος την υδραυλική πίεση στο κύκλωμα των υγρών. Συνήθως, στο κύκλωμα ενός τροχού υπάρχει μια βαλβίδα εισόδου και μια εξόδου των υγρών. Σε ορισμένα μοντέλα οι δύο βαλβίδες ολοκληρώνονται σε μία.

Οι βαλβίδες εισόδου στην κατάσταση ηρεμίας είναι ανοικτές, έτσι ώστε κατά το φρενάρισμα η πίεση να μεταφέρεται απ' ευθείας στα φρένα. Οι βαλβίδες εξόδου στην κατάσταση ηρεμίας είναι κλειστές χωρίζοντας έτσι τα φρένα από το ρεζερβουάρ υγρών. Στη θέση αυτή συγκρατούνται από ένα ελατήριο. Η δύναμη του ελατηρίου που συγκρατεί τον άξονα της βαλβίδας μπορεί να υπερνικηθεί από ένα ηλεκτρομαγνήτη με τη βοήθεια του οποίου όποτε απαιτείται ξεμπλοκάρισμα κλείνει η βαλβίδα εισόδου υγρών και ανοίγει η βαλβίδα εξόδου υγρών απελευθερώνοντας έτσι την πίεση στο φρένο του τροχού.

Οι βαλβίδες μπορούν να ανοιγοκλείνουν από 5 έως 10 φορές το δευτερόλεπτο κατά τη ρύθμιση ξεμπλοκαρίσματος ABS.

### 6.6.11. Η Αντλία Υγρών

Με την αντλία προωθούνται τα υγρά φρένων από το ρεζερβουάρ στο πιεστικό δοχείο δημιουργώντας έτσι την υδραυλική πίεση.

Η πίεση ανέρχεται σε 140 έως 180 bar. Ρυθμίζεται με ένα πιεστικό διακόπτη ο οποίος στα 180 bar σταματά τον κινητήρα. Όταν η πίεση κατέβει κάτω από 105 bar ανάβει το προειδοποιητικό φωτάκι ελέγχου του ABS για την ένδειξη σφάλματος. Επίσης, λαμβάνεται μέριμνα και για την περίπτωση που η πίεση ξεπεράσει τα 210 bar.

### 6.6.12. Υδραυλικά Συστήματος

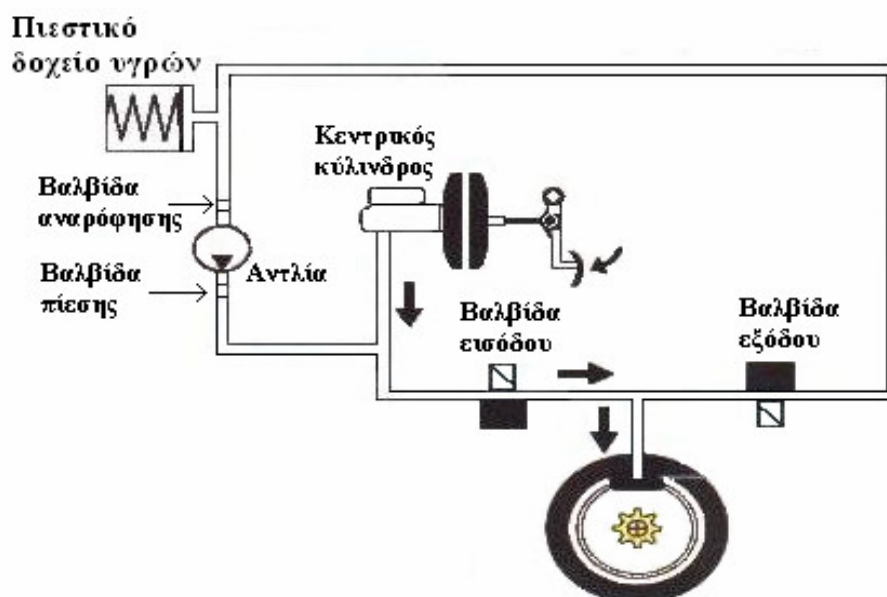
Το υδραυλικό σύστημα υγρών φρένων είναι έτσι κατασκευασμένο ώστε να επιτρέπει στη μονάδα ελέγχου να διαμορφώσει την πίεση των φρένων σε κάθε μια από τις ελεγχόμενες ρόδες. Ο αριθμός των ελεγχόμενων ροδών εξαρτάται από τη διαμόρφωση που επιλέγεται από τον κατασκευαστή. Χαρακτηριστικά, ένα αντιμπλοκαριστικό σύστημα έχει ένα κύκλωμα ελέγχου που ενεργεί π.χ. και στις δύο πίσω ρόδες.

Οι υδραυλικοί διακόπτες επιτρέπουν στην πίεση φρένων να αυξηθεί, να μειωθεί, ή να παραμείνει σταθερή κατά τη διάρκεια του ελέγχου ABS του κυκλώματος.

Στο μη-λειτουργούντα τρόπο οι διακόπτες είναι στη θέση αύξησης πίεσης εξαρτώμενης από το πάτημα του πεταλιού.

Τα κυκλώματα ελέγχου είναι είτε ένας διακόπτης τριών θέσεων είτε δύο διακόπτες δύο θέσεων, ανάλογα με τον κατασκευαστή του οχήματος.

Πρόσφατα, πολλή προσοχή έχει δοθεί στη χρήση των διαμορφωμένων κατά πλάτος παλμών (PWM) αντλιών που ενεργούν ως ενισχυτές πίεσης σε κάθε μια από τις γραμμές ελέγχου. Αυτή η μορφή ελέγχου είναι όχι μόνο ακριβέστερη αλλά αποφεύγει πολλά από τα παραδοσιακά προβλήματα που συνδέονται με τα σχετικά αργά πηνία. Ο έλεγχος PWM θα είναι η επόμενη πρόοδος υδραυλικών συστημάτων για τα ABS σε ότι αφορά την απόδοση και το κόστος.





### 6.6.13. Προβλήματα Που Εμφανίζονται Από τη Χρήση του ABS

Κατά το φρενάρισμα με ABS η ρύθμιση του φρεναρίσματος είναι βέλτιστη για κάθε ένα τροχό ξεχωριστά.

Ο τάπητας της ασφάλτου μπορεί όμως να εμφανίζει διαφορετικό συντελεστή τριβής π.χ. στο μέσο από ότι στα άκρα (αυτό συμβαίνει συχνά στη βόρεια Ευρώπη, όπου στη μέση της ασφάλτου δεν υπάρχει πάγος ή χιόνι ενώ στα πλάγια κοντά στο πεζοδρόμιο υπάρχει). Φρενάροντας στην περίπτωση αυτή, δημιουργείται μια ροπή στρέψης του οχήματος προς τη μέση του δρόμου δηλαδή προς την αντίθετη κατεύθυνση στρίβει το τιμόνι, επειδή το όχημα φρενάρεται περισσότερο από την πλευρά με την δυνατότερη πρόσφυση των τροχών.

Κατά τη ρύθμιση των ABS φροντίζουν οι κατασκευαστές η πίεση των φρένων να μην αυξάνεται πολύ γρήγορα από την πλευρά με την καλύτερη πρόσφυση. Έτσι δίνεται πρόσθετος χρόνος για να προλάβει να αντιδράσει ο οδηγός και να επαναφέρει το τιμόνι. Ο χρόνος που χρειάζεται το ABS μέχρι να ασκηθεί όλη η δύναμη στον τροχό με την καλή πρόσφυση εξαρτάται αποκλειστικά από τη φιλοσοφία του κατασκευαστή. Συνήθως είναι συντομότερος σε спор αυτοκίνητα από ότι σε λιμουζίνες. Όμως, θα πρέπει να γνωρίζει κανείς ότι επιβραδύνοντας την πλήρη πίεση των φρένων επιμηκύνεται η διαδρομή φρεναρίσματος.

### 6.7. Ασκήσεις

Οι ασκήσεις αυτές προέρχονται από το βιβλίο 'Μηχατρονική' του Dan Nesculescu

1. Τροποποιήστε το εικονικό όργανο Thermistor.vi, ώστε να συμπεριλάβετε τη δυνατότητα επιλογής να υπολογίζετε και εμφανίζετε τα αποτελέσματα είτε σε βαθμούς Κελσίου (degrees Celsius) είτε σε βαθμούς Φαρενάϊτ (degrees Fahrenheit).
2. Τα αποτελέσματα της μέτρησης θερμοκρασίας με ένα θερμοζεύγος έχουν θόρυβο. Τροποποιήστε το εικονικό όργανο Thermistor.vi, ώστε να συμπεριλάβετε ένα φίλτρο Mean.vi και να εμφανίσετε τόσο τα φιλτραρισμένα, όσο και τα αφιλτράριστα τα αποτελέσματα.
3. Το εικονικό όργανο Temp.DAQ 1 .vi, που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας με ένα θερμοζεύγος, χρησιμοποιεί το φίλτρο Mean.vi, για να φιλτράρει το θόρυβο από τις μετρήσεις. Αντικαταστήστε το φίλτρο αυτό με ένα φίλτρο Butterworth πέμπτου βαθμού με συχνότητα αποκοπής 10 Hz.
4. Το σήμα, που εμφανίζει στο εικονικό όργανο, που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της επιμήκυνσης με το μετρητή μηχανικής τάσης (strain gauge), παρουσιάζει θόρυβο. Υποθέστε, ότι χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της επιμήκυνσης μιας ράβδου λόγω ταλαντώσεων με συχνότητες μικρότερες των 1000 Hz. Προσδιορίστε τον απαιτούμενο ρυθμό δειγματοληψίας και συμπεριλάβετε, στο StrainGage.vi, ένα φίλτρο μέσου Mcan.vi.

**5.** Η πειραματική διάταξη της Παραγράφου 8.2.4 χρησιμοποιεί έναν πιεζοηλεκτρικό αισθητήρα και έναν πιεζοηλεκτρικό ενεργοποιητή. Μπορεί να τροποποιηθεί η πειραματική διάταξη, ώστε να περιλαμβάνει ένα, μόνον, πιεζοηλεκτρικό στοιχείο τόσο για αισθητήριο όσο και για ενεργοποιητή;

**6.** Συμπεριλάβετε στο PZTexp1.vi τον υπολογισμό και την εμφάνιση της διαφοράς μεταξύ της ημιτονοειδούς κυματομορφής, Voltage IN, που στέλνεται στον ενεργοποιητή και της τάσης εξόδου, Voltage OUT, του αισθητήρα.

**7.** Τροποποιήστε το εικονικό όργανο για την φωτοδίοδο και τον φωτοαισθητήρα έτσι, που το LED να τροφοδοτείται από μια αναλογική έξοδο της κάρτας DAQ, μέγιστης τάσης 2 V, χρησιμοποιώντας το στοιχείο AO Generate Waveform, vi, με έναν από διακόπτη on/off στην εμπρόσθια επιφάνεια. Συμπεριλάβετε στην εμπρόσθια επιφάνεια τη γραφική παράσταση της τάσης της αναλογικής εξόδου. Χρειάζεται, να ρυθμίσετε (condition) το σήμα της αναλογικής εξόδου, για να τροφοδοτήσετε το LED;

**8.** Το πείραμα ελέγχου της ταχύτητας DC κινητήρα και μέτρησης του αισθητήρα Hall χρησιμοποιεί ένα εικονικό όργανο με μια αναλογική τάση εξόδου για την εντολή της ταχύτητας του κινητήρα και την τάση εξόδου από τον αισθητήρα Hall. Θα είχε κανένα πρακτικό νόημα το αποτέλεσμα της μέτρησης της διαφοράς αυτών των δύο τάσεων;

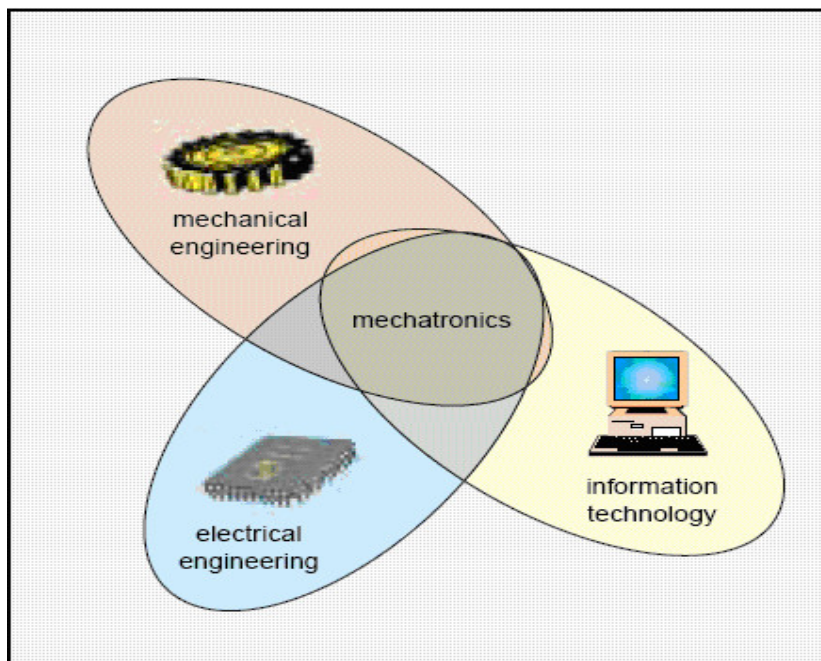
**9.** Τροποποιήστε το DC-ServoMotor-DAQ.vi, ώστε να συμπεριλάβετε τον υπολογισμό και την εμφάνιση του σφάλματος θέσης.

**10.** Τροποποιήστε το πρόγραμμα MATLAB GetsoundHanningWindow.m, ώστε να συμπεριλάβετε την εμφάνιση της διαφοράς μεταξύ του πραγματικού (αρχικού) σήματος και του σήματος μετά την επιβολή του παραθύρου, όπως, επίσης, τον υπολογισμό του μέγιστου πλάτους του φάσματος πλατών.

## 7. Μοντελοποίηση – Προσομοίωση – Έλεγχος Σχεδίασης

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε μερικά ζητήματα σχεδιασμού των μηχανικών συστημάτων. Νέα εργαλεία για το σχέδιο των ελεγκτών απαιτούνται για να εφαρμοστούν πιο προηγμένοι αλγόριθμοι ελέγχου σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον. Επιπλέον, τα εργαλεία διαμόρφωσης και προσομοίωσης μπορούν να διαδραματίσουν έναν σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση των σχεδίων σε ένα πρώιμο στάδιο. Η επαναχρησιμοποίηση των προτύπων και ο κώδικας ελεγκτών μπορούν να βοηθήσουν σε μείωση του χρόνου κατασκευής των νέων μηχανικών προϊόντων.

Η μηχανική προσελκύει όλο και περισσότερο την προσοχή των επιστημόνων. Ο όρος χρησιμοποιείται για μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών. Η μηχανική αναφέρεται σε έναν συνδυασμό εφαρμοσμένης μηχανικής ακρίβειας, ηλεκτρονικού ελέγχου και έξυπνων συστημάτων που αφορούν τη σχεδίαση των προϊόντων και την διαδικασία κατασκευής. Είναι ένα διεπιστημονικό θέμα και επισύρει την προσοχή στις παραπάνω ιδρυτικές επιστήμες και περιλαμβάνει θέματα που δεν συνδέονται πλήρως με κάποια από τις παραπάνω επιστήμες. Σημαντικό στοιχείο σε αυτόν τον ορισμό είναι η «προσέγγιση συστημάτων». Αυτό υπονοεί ότι το σύστημα σχεδιάζεται και βελτιστοποιείται συνολικά, όχι στα διαδοχικά βήματα. Εντούτοις, κάθε σχέδιο που χρησιμοποιεί μια προσέγγιση συστημάτων δεν είναι ένα μηχανικό σχέδιο. Ένας σχεδιαστής μηχανικών συστημάτων πρέπει να έχει την γνώση που επιτρέπει σε αυτόν να πραγματοποιήσει τα προηγμένα αυτά συστήματα. Ο μηχανικός σχεδιασμός απαιτεί επίσης την ομαδική εργασία. Οι ειδικοί με υπόβαθρο στη μηχανική, στην ηλεκτρική επιστήμη και την εφαρμοσμένη μηχανική υπολογιστών πρέπει να συνεργαστούν σε όλες τις φάσεις σχεδιασμού ενός μηχανικού συστήματος ώστε να έχουν ένα επιτυχημένο αποτέλεσμα.



Η Μηχανική είναι ο συνδυασμός της ηλεκτρονικής, της μηχανολογίας καθώς και της τεχνολογίας της πληροφορίας

Αν και η λέξη μηχαντρονική είναι σχετικά νέα, τα μηχαντρονικά προϊόντα είναι διαθέσιμα εδώ και κάποιο χρονικό διάστημα. Όλα τα ηλεκτρονικά ελεγχόμενα μηχανικά συστήματα βασίζονται στην ιδέα της βελτίωσης του προϊόντος με την προσθήκη των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που πραγματοποιούνται σε ένα άλλο πεδίο. Τα καλά μηχαντρονικά σχέδια είναι βασισμένα σε μια πραγματική προσέγγιση συστημάτων. Αυτό που έχει λείψει στο παρελθόν, και συχνά λείπει ακόμα και σήμερα, είναι ότι τα συστήματα δεν σχεδιάζονται συνολικά. Συνήθως, οι μηχανικοί ελέγχου έρχονται αντιμέτωποι με ένα σχέδιο στο οποίο σημαντικές παράμετροι καθορίζονται συχνά βασισμένες στις στατιστικές και οικονομικές εκτιμήσεις. Αυτό απαγορεύει τη βελτιστοποίηση του συστήματος συνολικά ακόμα και όταν εφαρμόζεται ο καλύτερος δυνατός έλεγχος.

Όταν η ανατροφοδότηση εφαρμόζεται σε μια ηλεκτρική μηχανή, η μηχανική σταθερά χρόνου της μηχανής μπορεί να μειωθεί εις βάρος ενός καλύτερου ενισχυτή ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα τα παλαιά γραμμόφωνα εξοπλίζονταν με τις βαριές περιστροφικές πλάκες προκειμένου να είναι εγγυημένος ένας σταθερός αριθμός περιστροφών. Στις τελευταίες ημέρες των βινυλίων, χρησιμοποιήθηκε η ανατροφοδότηση σε συνδυασμό με μια ελαφριά περιστροφική πλάκα για να επιτύχουν το ίδιο πράγμα. Αλλά μια πραγματική επανάσταση ήταν το compact disc player.

## 7.1. Μηχαντρονικός Σχεδιασμός

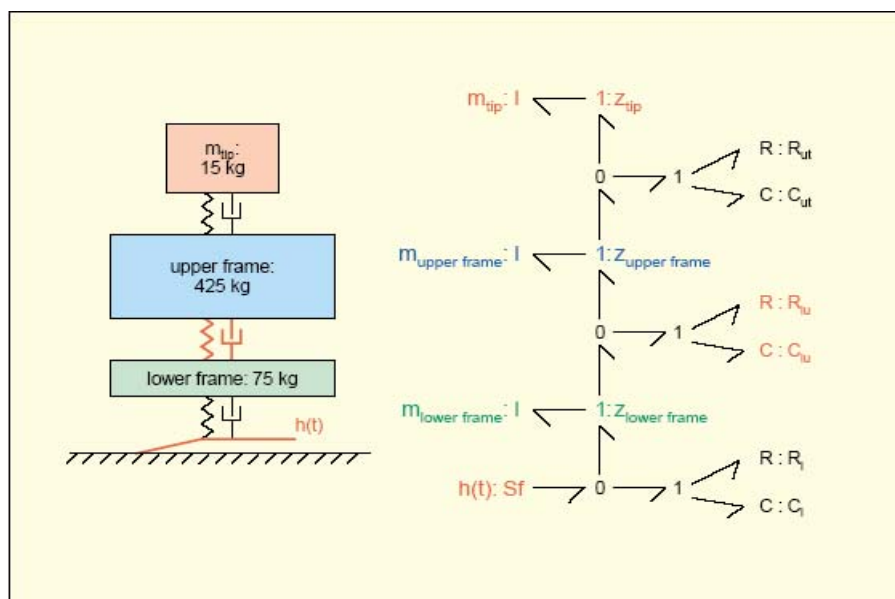
Η μηχαντρονική είναι περισσότερο ένας τρόπος σκέψης παρά μια νέα απολύτως επιστήμη. Χρειάζεται την προηγμένη γνώση ειδικών από τις διαφορετικές επιστήμες που συναντιούνται σε μια μηχαντρονική ομάδα σχεδίασης. Η μηχαντρονική είναι μια φιλοσοφία σχεδίασης. Δεν είναι ούτε ρεαλιστικό ούτε απαραίτητο να εφευρεθεί εκ νέου ο τροχός, ειδικά δεδομένου ότι ο χρόνος στην αγορά είναι τόσο σημαντικός. Ο μηχαντρονικός σχεδιασμός των μηχανών παραγωγής μπορεί να επιταχύνει την αντίδραση της ζήτησης στην αγορά. Μια γρήγορη γραμμή παραγωγής που μπορεί να ανταποκριθεί χρησιμοποιώντας το λογισμικό είναι πολύ ευκολότερο να επαναρυθμιστεί απ' ό,τι οι συμβατικές γραμμές παραγωγής που απαιτούν χειρωνακτική επαναρύθμιση των μηχανικών συσκευών.

Με την ανάπτυξη των κατάλληλων εργαλείων η υπάρχουσα γνώση μπορεί να τεθεί στην διάθεση και λιγότερο πεπειραμένων σχεδιαστών. Τέτοιες βάσεις γνώσεων πρέπει να γεμίσουν όχι μόνο με τις τυποποιημένες λύσεις για τα μηχανικά συστατικά, αλλά και με κατάλληλα εργαλεία CAD, με μαθηματικά πρότυπα αυτών των συστατικών και με τις δομές ελέγχου για καθορισμένες κατηγορίες προβλημάτων. Επίσης αυτές οι βάσεις γνώσεων θα μπορούσαν να περιέχουν τυποποιημένες, καλά δοκιμασμένες ενότητες λογισμικού, επιτρέποντας την αυτόματη παραγωγή του κώδικα για έναν computer-based ελεγκτή. Κάποιος μπορεί να αμφιβάλλει για την αυτόματη διαδικασία σχεδίασης. Αν και η δύναμη της υπολογιστικής νοημοσύνης αυξάνεται γρήγορα, η ανθρώπινη δημιουργικότητα δεν μπορεί να κοντραριστεί ακόμα από έναν υπολογιστή. Η παροχή όμως των σχεδιαστών με τα κατάλληλα εργαλεία μπορεί να αυξήσει αρκετά την παραγωγικότητά τους.

## 7.2. Εργαλεία για Μοντελοποίηση, Προσομοίωση και Έλεγχο Σχεδίασης

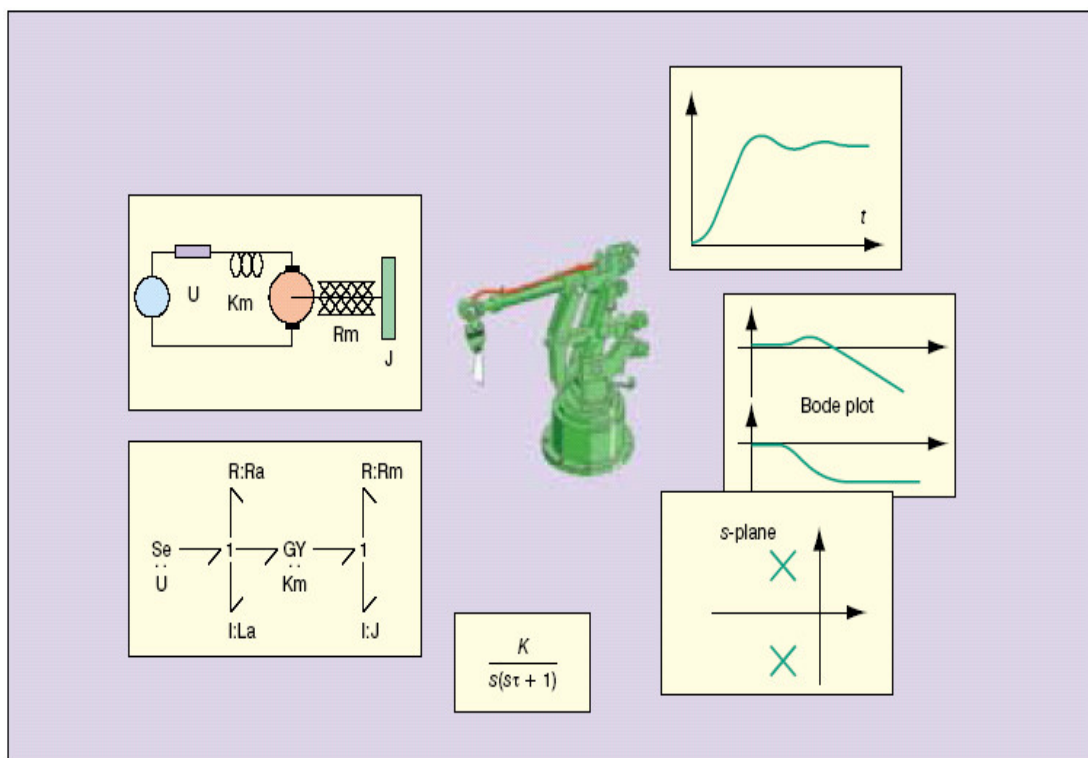
Η προσομοίωση μπορεί να διαδραματίσει ένα σημαντικό ρόλο στο στάδιο του σχεδιασμού των μηχανικών συστημάτων. Η προσομοίωση στον υπολογιστή επιτρέπει στα εναλλακτικά σχέδια να συγκριθούν και να αξιολογηθούν χωρίς τη δαπάνη της οικοδόμησης των πραγματικών πρωτοτύπων. Τα εργαλεία προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται στην εφαρμοσμένη μηχανική ελέγχου είναι συνήθως βασισμένα σε block διαγράμματα που λειτουργούν με το αντίστοιχο μαθηματικό μοντέλο. Αυτά τα πρότυπα έχουν μια άμεση σύνδεση με τις λειτουργίες μεταφοράς των διάφορων τμημάτων του συστήματος. Για το σχεδιασμό των μηχανικών συστημάτων οι λειτουργίες μεταφοράς και τα block διαγράμματα δεν είναι συχνά τα πιο κατάλληλα πρότυπα. Μια βασική υπόθεση σε ένα block διάγραμμα είναι ότι διαφορετικά block δεν επηρεάζουν το ένα τις ιδιότητες του άλλου ή οποιαδήποτε αλληλεπίδραση μεταξύ των block έχει υπολογιστεί στις παραμέτρους. Αυτό υπονοεί ότι δεν μπορούν εύκολα να αντικατασταθούν από άλλα τμήματα συστημάτων.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι οι παράμετροι των διάφορων φυσικών συστατικών εμφανίζονται σε διάφορους συνδυασμούς και σε διάφορες θέσεις στο block διάγραμμα. Εκτός αν υπάρχει ένα σύστημα ελέγχου διαθέσιμο που αυτόματα εξετάζει τις διαφορετικές παραμέτρους του μηχανικού συστήματος στις παραμέτρους του block διαγράμματος, επειδή η έρευνα των αποτελεσμάτων των αλλαγών παραμέτρου είναι μια κουραστική εργασία. Τα εικονικά διαγράμματα όπως το βασικό ηλεκτρικό δίκτυο ή τα μηχανικά διαγράμματα δεν έχουν αυτό το πρόβλημα. Οι energy-based προσεγγίσεις μοντελοποίησης (όπως η προσέγγιση γραφικών παραστάσεων δεσμών) μπορούν να διαμορφώσουν μια σύνδεση μεταξύ των εικονικών διαγραμμάτων και των μαθηματικών εξισώσεων. Τέτοια πρότυπα μπορούν να βοηθήσουν στην αύξηση της επεκτασιμότητας στον σχεδιασμό και να προτείνουν ποικίλες εναλλακτικές λύσεις.



Εικονικό διάγραμμα και δέσμες γραφικών παραστάσεων από ένα κινητό ρομπότ

Στο εργαστήριο ελέγχου στο πανεπιστήμιο του Twente έχει αναπτυχθεί ένα πακέτο λογισμικού (συγκεκριμένα το 20-sim)1 που υποστηρίζει τη διαμόρφωση και την προσομοίωση με τις γραφικές παραστάσεις δεσμών, εκτός από τη χρήση των εξισώσεων και των block διαγραμμάτων. Η έκδοση 3 αυτού του προγράμματος υποστηρίζει επίσης τα εικονικά διαγράμματα και τον προσανατολισμό αντικειμένου. Το τελευταίο επιτρέπει στη διαδικασία να αρχίσει με ένα απλό σχεδιασμό, χρησιμοποιώντας μόνο τις βασικές λειτουργίες των διάφορων εξαρτημάτων. Καθώς η διαδικασία σχεδίασης προχωρά οι πιο σύνθετες αντιπροσωπεύσεις του συστατικού μπορούν να ενσωματωθούν στο πρότυπο ώστε να εξεταστεί η επίδρασή τους στη συμπεριφορά του συστήματος. Τα πρότυπα είναι πολύμορφα, δηλ. μπορούν να έχουν διάφορα επίπεδα λεπτομέρειας. Τέλος, η δυνατότητα παρακολούθησης του συστήματος μας σε διάφορες πολλαπλές μορφές μπορεί να αυξήσει τις επιλογές παραμετροποίησής του.



Multiple views of a servo system in open loop and closed loop

Πολλαπλές απεικονίσεις ενός σερβοσυστήματος σε ανοιχτό και σε κλειστό βρόχο

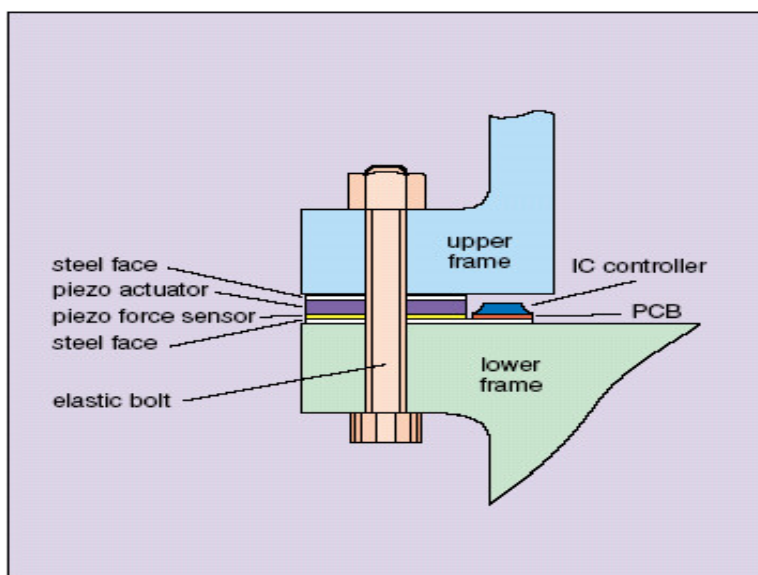
Στην παραπάνω εικόνα, μεταξύ των διάφορων αναπαραστάσεων παρουσιάζονται : Αναπαραστάσεις στην περιοχή συχνότητας, στη χρονική περιοχή, στις διαφορικές εξισώσεις, στις γραφικές παραστάσεις δεσμών, αναπαριστούνται τα εικονικά και τα block διαγράμματα, καθώς επίσης και περισσότερο εντυπωσιακές αναπαραστάσεις όπως τις stereo views που βρίσκονται στην εικονική πραγματικότητα. Το πρόγραμμα 20sim v3.0 μπορεί αυτόματα να παράγει (τις γραμμικές) state space περιγραφές από τον κώδικα προσομοίωσης. Αυτό επιτρέπει τη χρήση των εργαλείων όπως Matlab για την περαιτέρω ανάλυση, το σχεδιασμό συστημάτων ελέγχου και την παραγωγή άλλων αναπαραστάσεων.

Τα κατάλληλα εργαλεία λογισμικού πρέπει να υποστηρίζουν τις διάφορες απεικονίσεις και να επιτρέψουν τη μετατροπή από μια απεικόνιση σε άλλη. Προκειμένου να προωθηθούν οι εφαρμογές των πραγματικών μηχανικών σχεδίων είναι ουσιαστικό ότι η γνώση σχεδίου τυποποιείται και συγκεντρώνεται σε μια επαναχρησιμοποιήσιμη βάση γνώσεων. Αυτή η βάση πρέπει να περιέχει τα επαναχρησιμοποιήσιμα πρότυπα, τις τυποποιημένες προσεγγίσεις σχεδίου και τα εργαλεία υποστήριξης για να ανακτήσει τη γνώση και να κάνει ένα νέο σχέδιο. Μια πρόκληση εφαρμοσμένης μηχανικής ελέγχου είναι να εισαχθούν οι σύγχρονες μέθοδοι ελέγχου στα τυποποιημένα μηχανικά σχέδια. Σε πολλές περιπτώσεις, οι απλοί ελεγκτές PID εφαρμόζονται επειδή μπορούν να αποδώσουν αρκετά καλά χωρίς πάρα πολλή προσπάθεια συντονισμού και σχεδίασης. Είναι μια πρόκληση να αναπτυχθούν τα εργαλεία που επιτρέπουν την εφαρμογή πιο προηγμένων αλγορίθμων ελεγκτών με την ίδια ή ακόμα και τη λιγότερη προσπάθεια απ' ότι απαιτείται για το συντονισμό ενός PID ελεγκτή.

### Smart Disc

Ένα πρόσφατο project εξετάζει το σχεδιασμό μιας συσκευής που συνδυάζει έναν αισθητήρα, το υλικό ελεγκτών και έναν ενεργοποιητή σε έναν ενιαίο μικρό δίσκο που μπορεί να τοποθετηθεί σε μεγάλης ακρίβειας μηχανικές κατασκευές για να μειώσει την παραμόρφωση λόγω των δονήσεων στις υψηλές συχνότητες. Στον έξυπνο –όπως ονομάζεται- αυτό δίσκο, το piezo υλικό χρησιμοποιείται ως αισθητήρας (για να μετρήσει την παραμόρφωση) καθώς επίσης και ως ενεργοποιητής (για να μειώσει αυτές τις παραμορφώσεις).

Όλο το hardware που απαιτείται για να υπολογίσει τις κατάλληλες ενέργειες ελέγχου θα ενσωματωθεί στην ίδια τη συσκευή. Προκαταρκτικά πειράματα έχουν δείξει ότι οι μικρές αλλά υψηλής συχνότητας δονήσεις στην κατασκευή, μπορούν αποτελεσματικά να μειωθούν. Αυτό είναι ένα παράδειγμα μιας συσκευής με τη λειτουργική και χωρική ολοκλήρωση. Περισσότερες πληροφορίες είναι διαθέσιμες στην ιστοσελίδα : <http://www.rt.el.utwente.nl/mechatronics>



Μια γενική εικόνα του «Έξυπνου δίσκου» (Smart Disc)

### 7.3. Ασκήσεις

Οι ασκήσεις αυτές προέρχονται από το βιβλίο 'Μηχατρονική' του Dan Nesculescu

1. Περιγράψτε τα κύρια διακριτά χαρακτηριστικά των εισόδων, εξόδων, μεταβλητών κατάστασης και συμβάντων.
2. Περιγράψτε τα κύρια διακριτά χαρακτηριστικά των μοντέλων συνεχούς χρόνου, διακριτού χρόνου και διακριτού συμβάντος.
3. Αναπτύξτε ένα διάγραμμα μετάβασης κατάστασης για επτά ανθρώπους που περνούν από περιστρεφόμενη πόρτα που επιτρέπει δυο ανθρώπους την φορά.
4. Σχεδιάστε ένα λειτουργικό διάγραμμα συστήματος δεξαμενής νερού με δύο παροχές εισόδου και μιας εξόδου.
5. Θεωρείστε τα παρακάτω δεδομένα για την είσοδο ( $x_1, x_2$ ) και έξοδο ( $Y$ ):

$x_1$	$x_2$	$Y$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

- (α) Απαιτείται ένα NN μιας στιβάδας ή πολλών για την μοντελοποίηση;  
(β) Χρησιμοποιήστε τον κανόνα δέλτα για εποπτευόμενη μάθηση του NN, που στηρίζεται στα δοσμένα δεδομένα.
6. Περιγράψτε τα κύρια διακριτά χαρακτηριστικά των γλωσσών υψηλού επιπέδου, γενικού σκοπού γλωσσών προσομοίωσης, γλωσσών γραφικού προγραμματισμού και γλωσσών αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού.
  7. Σχεδιάστε ένα λειτουργικό διάγραμμα συστήματος δύο μη αλληλεπιδρουσών δεξαμενών με δύο παροχές εισόδου και μιας εξόδου για κάθε δεξαμενή.
  8. Σχεδιάστε ένα λειτουργικό διάγραμμα συστήματος δύο αλληλεπιδρουσών δεξαμενών με δύο παροχές εισόδου και μιας εξόδου για κάθε δεξαμενή.
  9. Δημιουργήστε ένα μοντέλο Simulink συστήματος δύο αλληλεπιδρουσών δεξαμενών που φαίνεται στο Σχ. 5.13, κάνοντας χρήση των δεδομένων της παραγράφου 5.2.3.
  10. Περιγράψτε τα κύρια διακριτά χαρακτηριστικά ενός αντικειμενοστραφούς μοντέλου.
  11. Αναπτύξτε ένα ψευδοκώδικα για μια νησίδα τεσσάρων διαφορετικών αυτοκινήτων.



**12.** Αναπτύξτε ένα μοντέλο πινάκων χρησιμοποιώντας διαμήκεις-εγκάρσιες μεταβλητές τομής για τον κινητήρα ο οποίος κινεί έναν ανεμιστήρα, που φαίνεται στο Σχ.5.31, συμπεριλαμβάνοντας συντελεστές ιξώδους τριβής στους τριβείς του άξονα στην πλευρά του δρομέα  $b_r$  και στην πλευρά του φορτίου  $b_f$ .

**13.** Δημιουργείστε ένα μοντέλο Simulink για τον κινητήρα ο οποίος κινεί έναν ανεμιστήρα, που περιγράφεται στο πρόβλημα 5.12 για τα ίδια δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στο Σχ. 5.37 μέχρι 5.39 και για  $b_r = b = 0,001$  [N ms/rad].

**14.** Χρησιμοποιήστε τη διαδικασία του Simulink εμφωλιασμού, για να μειώσετε το μοντέλο Simulink, που αναπτύχθηκε στο πρόβλημα 5.13, στην εμφωλιασμένη μορφή που φαίνεται στο Σχ. 5.36.

## 8. Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος

### *Αναλογικά και ψηφιακά σήματα*

Σε πολλές περιπτώσεις το σήμα προς επεξεργασία μπορεί να προέρχεται από ένα μετατροπέα όπως π.χ. μικρόφωνο, αισθητήριο κ.τ.λ. και είναι σε μορφή μιας αναλογικής τάσης ή ενός αναλογικού ρεύματος. Σε ορισμένες άλλες περιπτώσεις όπως π.χ. τα δεδομένα που διαβάζονται από έναν αναγνώστη CD μουσικής είναι ήδη σε ψηφιακή μορφή.

Σε κάθε περίπτωση, το προς επεξεργασία σήμα θα πρέπει να βρίσκεται ή να έχει μετατραπεί σε ψηφιακή μορφή πριν εφαρμοστούν σε αυτό τεχνικές DSP. Η μετατροπή των σημάτων από αναλογικό σε ψηφιακό γίνεται με κυκλώματα που ονομάζονται μετατροπείς αναλογικού σε ψηφιακό ADC. Κατά τη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας σε κάθε μια τιμή της αναλογικής τάσης εισόδου των μετατροπέων ADC αντιστοιχεί μια ψηφιακή τιμή εξόδου

### 8.1. Επεξεργασία Σήματος

Τα σήματα που συνήθως χρησιμοποιούνται τυγχάνουν διαφορετικών επεξεργασιών. Σαν παράδειγμα αναφέρεται η περίπτωση του ηλεκτροκαρδιογράφου. Τα ηλεκτρόδια που συνδέονται στον ασθενή παραλαμβάνουν ως σήμα τις προς μέτρηση μικρές μεταβολές της ηλεκτρικής τάσης που προέρχεται από τη δραστηριότητα της καρδιάς και των μυών. Το σήμα αυτό είναι συχνά παραμορφωμένο (μολυσμένο) από παρασιτικό ηλεκτρικό θόρυβο προερχόμενο από διάφορες πηγές, όπως π.χ. από την τροφοδοσία. Σήμερα, η απομάκρυνση του θορύβου αυτού φιλτράροντας το σήμα και η απόσπαση της χρήσιμης πληροφορίας είναι δουλειά της επεξεργασίας DSP και όχι των αναλογικών ηλεκτρονικών.

### 8.2. Ορισμός του DSP

Ο όρος DSP (Digital Signal Processing) σημαίνει Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος. Στην ψηφιακή επεξεργασία σήματος σημαντικό ρόλο παίζουν τα μαθηματικά. Στην Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος βασίζεται η λειτουργία πολλών συσκευών και συστημάτων όπως π.χ. τα κινητά τηλέφωνα, τα μόντεμ, η λειτουργία των multimedia των Pcs.

Το DSP όπως άλλωστε προκύπτει και από την ονομασία είναι η επεξεργασία σημάτων με ψηφιακό τρόπο. Σήματα υπάρχουν πολλών ειδών αλλά θα επικεντρωθούμε στα ηλεκτρικά σήματα. Τα σήματα αυτά μπορεί να είναι αυτά που μεταφέρονται π.χ. με την τηλεφωνική γραμμή ή αυτά που μεταφέρονται με τα ραδιοκύματα RF. Γενικότερα, σήμα είναι μια ροή πληροφορίας που μπορεί να παριστάνει οτιδήποτε. Ένα ψηφιακό σήμα αποτελείται από μια ροή αριθμών συνήθως σε δυαδική μορφή. Η επεξεργασία του ψηφιακού σήματος επιτυγχάνεται με αριθμητικούς υπολογισμούς.

### 8.3. Εφαρμογές των DSP

Η τεχνολογία DSP χρησιμοποιείται ευρέως στα κινητά τηλέφωνα, σε υπολογιστές multimedia, σε video recorders, σε συσκευές CD players, σε controllers σκληρών δίσκων και μόντεμ. Επίσης, αντικαθιστά σήμερα τα αναλογικά κυκλώματα της τηλεόρασης και του τηλεφώνου.

Μια πολύ σημαντική εφαρμογή της DSP είναι αυτή της συμπίεσης και αποσυμπίεσης των σημάτων. Η συμπίεση σήματος στα ψηφιακά κινητά τηλέφωνα γίνεται προκειμένου να επιτραπεί σε μεγαλύτερο αριθμό κλήσεων να εξυπηρετούνται από κάθε τοπική κυψέλη. Επίσης, εξ' αιτίας της συμπίεσης των σημάτων έχει καταστεί δυνατή η μεταφορά εικόνας και ήχου δια μέσου των τηλεφωνικών γραμμών.

### 8.4. Επεξεργαστές Ψηφιακού Σήματος - *Digital Signal Processors (DSPs)*

Ήδη από το 1960 εφαρμόσθηκε η ψηφιακή επεξεργασία σήματος σε εφαρμογές όπως Fast Fourier Transform (FFT) για τον υπολογισμό του σπέκτρομ των συχνοτήτων.

Όμως οι υπολογιστές ήταν υπερβολικά ακριβοί εκείνη την εποχή και υπήρχαν σχεδόν μόνο σε ερευνητικά κέντρα. Με την εισαγωγή όμως των μικροεπεξεργαστών στην αρχή της δεκαετίας του 1980 άνοιξε ο δρόμος για την ευρεία χρησιμοποίηση των τεχνικών επεξεργασίας DSP.

Οι μικροεπεξεργαστές εκείνης της εποχής όπως π.χ. η οικογένεια της Intel x86 δεν ήταν η πλέον ενδεδειγμένη για τις ειδικές απαιτήσεις δυνατών αριθμητικών λειτουργιών του DSP. Αυτό οδήγησε τους μεγάλους κατασκευαστές ολοκληρωμένων (Texas Instruments, Analog Devices και Motorola) να αναπτύξουν ειδικά ολοκληρωμένα για την ψηφιακή επεξεργασία σήματος με ειδική αρχιτεκτονική κι ειδικές εντολές και λειτουργίες προσαρμοσμένες στα DSP. Οι ειδικοί αυτοί μικροεπεξεργαστές είναι όπως όλοι οι μικροεπεξεργαστές γενικής χρήσης έχουν όμως τη δυνατότητα να εκτελούν εκατομμύρια λειτουργίες κινητής υποδιαστολής το δευτερόλεπτο. Οι μικροεπεξεργαστές αυτοί βελτιώνονται συνεχώς και σήμερα κυκλοφορούν στην αγορά ως μικροελεγκτές με ενσωματωμένα εκτός από τη CPU και άλλα περιφερειακά όπως αναλογικά και ψηφιακά κυκλώματα.

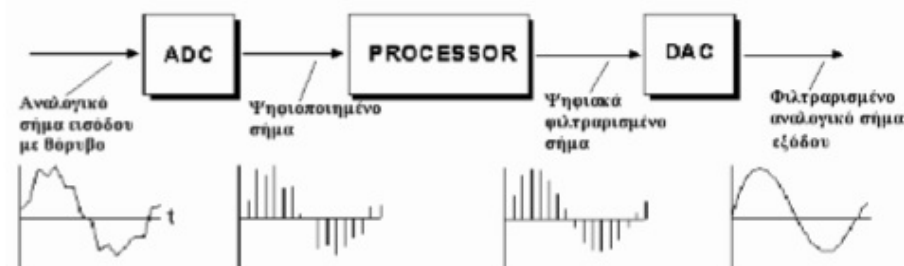
Η αρχιτεκτονική των τσιπ DSP είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να εκτελούν ορισμένες λειτουργίες σε πολύ υψηλές ταχύτητες και έτσι να επεξεργάζονται εκατοντάδες εκατομμυρίων δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο και έτσι να λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο real-time.

### 8.5. Αναλογικά και Ψηφιακά Φίλτρα

Ο ρόλος του φίλτρου κατά την επεξεργασία του σήματος είναι να απομακρυνθούν τα ανεπιθύμητα μέρη του σήματος όπως ο τυχαίος θόρυβος, ή να αποσπασθεί το χρήσιμο μέρος της πληρο ADC φορίας από το σήμα που βρίσκεται μέσα σε μια συγκεκριμένη περιοχή συχνότητας.

Τα φίλτρα που υπάρχουν είναι δύο τύπων: αναλογικά και ψηφιακά. Ο τρόπος λειτουργίας τους και κατασκευή τους είναι εντελώς διαφορετικά.

Σε ένα **αναλογικό** φίλτρο προκειμένου να γίνει φιλτράρισμα χρησιμοποιούνται αναλογικά ηλεκτρονικά κυκλώματα αποτελούμενα από στοιχεία όπως αντιστάσεις, πυκνωτές και τελεστικούς ενισχυτές. Σε όλα τα στάδια το σήμα προς φιλτράρισμα είναι μια ηλεκτρική τάση ή ρεύμα το οποίο είναι ανάλογο με το φυσικό κάποιο φυσικό μέγεθος όπως π.χ. το σήμα ήχου ή βίντεο. Για κάθε απαίτηση φιλτραρίσματος έχουν καθιερωθεί τυποποιημένες τεχνικές σχεδίασης του φίλτρου. Σε ένα ψηφιακό φίλτρο χρησιμοποιείται η ψηφιακή επεξεργασία για την εκτέλεση αριθμητικών υπολογισμών με τις τιμές του σήματος που δειγματίστηκε. Η ψηφιακή επεξεργασία μπορεί να γίνει είτε με έναν υπολογιστή γενικής χρήσης όπως π.χ. έναν PC είτε με ένα ειδικό (Digital Signal Processor) τσιπ. Για την ψηφιακή επεξεργασία θα πρέπει το αρχικά αναλογικό σήμα εισόδου (α) να δειγματισθεί (β) να ψηφιοποιηθεί χρησιμοποιώντας έναν μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό ADC (Σχήμα...). Οι δυαδικοί αριθμοί που προκύπτουν περνάνε στον επεξεργαστή όπου και εκτελούνται οι αριθμητικοί υπολογισμοί. Οι υπολογισμοί αυτοί είναι συνήθως πολλαπλασιασμός των αριθμών με σταθερές και πρόσθεση των γινομένων. Τα αποτελέσματα αυτών των υπολογισμών, που είναι στην πραγματικότητα το φιλτραρισμένο σήμα συχνά χρειάζονται σε αναλογική μορφή. Για το λόγο αυτό εισάγονται σε ένα μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό DAC.



## 8.6. Ασκήσεις

Οι ασκήσεις αυτές προέρχονται από το βιβλίο 'Μηχανοτρονική' του David Auslander

1. Κατασκευάστε με λογισμικό έναν αναλογοψηφιακό μετατροπέα διαδοχικής προσέγγισης, χρησιμοποιώντας έναν υπολογιστή με ψηφιοαναλογικό μετατροπέα και έναν εξωτερικό συγκριτή που θα παράγει μια λογική έξοδο η οποία θα μπορεί να διαβαστεί από την ψηφιακή θύρα I/O του υπολογιστή (ένα κανονικό κύκλωμα)

(α) Ποιός είναι ο χρόνος μετατροπής σαν συνάρτηση της ακρίβειας της μετατροπής;  
(β) Αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα βολτόμετρο ακριβείας, εκτιμήστε την ποιότητα της μετατροπής για όλο το εύρος των τάσεων εισόδου.

(γ) Ερευνήστε την συμπεριφορά του μετατροπέα, όταν η τάση εισόδου διαφοροποιείται κατά τη διάρκεια της μετατροπής (αυτός ο απλός μετατροπέας δεν θα έχει κύκλωμα δειγματοληψίας και συγκράτησης). Είναι πάντα το αποτέλεσμα εντός του εύρους της μεταβολής; Είναι μετατοπισμένο προς την μία ή την άλλη άκρη του εύρους μεταβολής; Είναι μετατοπισμένο προς τιμές που εμφανίστηκαν στην αρχή της μετατροπής ή προς μεταγενέστερες;

2. Σχεδιάστε και κατασκευάστε έναν μετατροπέα χειμάρρου τριών bit και ένα προσαρμοστικό με ένα σήμα εκκίνησης της μετατροπής και ένα μέσο ανάγνωσης του αποτελέσματος από τον υπολογιστή. Μετρήστε (με τη βοήθεια ενός παλμογράφου με γρήγορη δειγματοληψία) την ταχύτητα της μετατροπής.

3. Μεταβάλλετε τον μετατροπέα τριών bit της Άσκησης 2 έτσι ώστε το εύρος των διαστημάτων μετατροπής να είναι πολύ περιορισμένο. Χρησιμοποιήστε τον σαν πειραματική βάση για να δείτε πόσο δύσκολο είναι να διατηρηθεί η μονοτονικότητα της μετατροπής στους μετατροπείς χειμάρρου και πόσο γραμμική είναι η μετατροπή.

4. Σχεδιάστε και κατασκευάστε έναν αναλογοψηφιακό μετατροπέα διαδοχικής προσέγγισης βασισμένοι σε ένα χρονισμένο κύκλωμα ελέγχου. Χρησιμοποιείτε συνήθη εξαρτήματα για τον συγκριτή και τον D/A μετατροπέα.

5. Σχεδιάστε με λογισμικό έναν ολοκληρωτικό A/D μετατροπέα (μονής κλίσης), θα απαιτηθούν ο ίδιος εξοπλισμός με την περίπτωση του λογισμικού μετατροπέα διαδοχικής προσέγγισης (Άσκηση 1). Υπάρχουν πλεονεκτήματα στην ολοκληρωτική διάταξη;

6. Η λήψη δεδομένων με μεγάλη ταχύτητα απαιτεί ταχύτητες μετάδοσης από τον μετατροπέα στη μνήμη του υπολογιστή που είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές που επιτυγχάνονται με έναν μετατροπέα που ελέγχεται από λογισμικό. Αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας μετατροπέας με DMA (άμεση προσπέλαση μνήμης), προγραμματίστε τον να λαμβάνει ένα πακέτο δεδομένων από μια διεργασία υψηλής ταχύτητας. Αυτό περιλαμβάνει τόσο την εγκατάσταση της μετάδοσης DMA όσο και προσδιορισμό της κατάλληλης σκανδάλης εκκίνησης για τη λήψη του πακέτου.

## 9. Αισθητήρια

### 9.1. Γενικά Στοιχεία

Τα αισθητήρια παραλαμβάνουν φυσικά μεγέθη (τις περισσότερες φορές μη ηλεκτρικά) και τα μετατρέπουν σε βαθμονομημένα ηλεκτρικά.

- Μέγεθος εισόδου: κατά κανόνα αναλογικό
- Μέγεθος εξόδου: κατά κανόνα συμβατό με τα σήματα της πληροφορικής



Μιλώντας για υποσύστημα ‘αίσθησης’, αναφερόμαστε στις εισόδους της Μηχαντρονικής διάταξης, στην αντίληψη του περιβάλλοντος και στην τροφοδοσία του  $\mu E$ . Αυτοί είναι οι παράγοντες που καθορίζουν ουσιαστικά τις επιδόσεις και το κόστος του προϊόντος.

Ως προς τις εισόδους θα αναφερθούμε επιφανειακά διότι σκοπός μας δεν είναι ο λεπτομερής καθορισμός τους. Καταρχάς θεωρείται απαραίτητη η μετατροπή του φυσικού μας σήματος και η μετέπειτα ενίσχυση του, ώστε να προσαρμοστεί στο κατάλληλο πρότυπο. Αυτό πραγματοποιείται για να είναι δυνατή η χρήση του από τον μικροεπεξεργαστή.



Στη συνέχεια μπορούμε να αναφερθούμε στα αισθητήρια. Όλες οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες χρειάζονται αισθητήρες που θα παρέχουν πληροφορίες στους ελεγκτές και στα PLC. Οι αισθητήρες δίνουν σήματα σχετικά με τη θέση, τα όρια, τη στάθμη ή λειτουργούν μόνο ως μεταδότες για εφαρμογές μέτρησης ή επιτήρησης ταχύτητας.

Τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα αισθητήρια είναι: Πίεσης, θερμοκρασίας, δύναμης, επιμήκυνσης, επιτάχυνσης, θέσης (γωνίας, απόστασης, στροφών), στάθμης, ροής, υγρασίας, χημικής σύνθεσης και συγκέντρωσης.

Σε αυτήν την ενότητα θα προσπαθήσουμε λοιπόν να παρουσιάσουμε ορισμένους βασικούς αισθητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως στην μηχανική. Οι αισθητήρες αυτοί αφορούν κυρίως:

Την όραση όπως αυτή υλοποιείται διαβάζοντας τα γεωμετρικά σχήματα ή περιγράμματα

- Τη θερμοκρασία
- Τον ήχο
- Κίνηση
- Οσμή

Παρακάτω αναφέρουμε επιγραμματικά τα διάφορα μοντέλα αισθητήρων καθώς και τα βασικά χαρακτηριστικά τους και στο τέλος τα συνοψίζουμε σε έναν πίνακα για να έχουμε μία γενικότερη εικόνα των διαθέσιμων αισθητήρων και των λειτουργιών τους.



Διάφοροι Αισθητήρες

Η αγωγιμότητα είναι ένα μέτρο της ικανότητας ενός διαλύματος να άγει ηλεκτρικό ρεύμα. Η ειδική αντίσταση είναι το αντίστροφο της αγωγιμότητας. Όλα τα διαλύματα που περιέχουν νερό είναι ηλεκτρικά αγωγιμα ως ένα βαθμό.

Η μέτρηση της αγωγιμότητας δεν είναι μια ειδική μέτρηση, απλά μας πληροφορεί για το πόσο ρεύμα μπορεί να περάσει από το διάλυμα. Η πρόσθεση ηλεκτρολυτών όπως άλατα, οξέα ή βάσεις σε καθαρό νερό, αυξάνει την ικανότητα του διαλύματος να άγει ρεύμα. Η απλή χημική αρχή της αγωγιμότητας αποτελεί τη βάση για όλες τις εφαρμογές μέτρησης που χρησιμοποιούν την αγωγιμότητα.

Εφαρμογές μέτρησης αγωγιμότητας αφορούν την ανάλυση του νερού, γαλακτοκομικά προϊόντα, καθαρισμό με φίλτρα, μπάνια καθαρισμού και ξεπλύματος, έλεγχο συμπυκνωμάτων λεβήτων, έλεγχος χημικών συγκεντρώσεων, διαχωρισμός νερού/διαλύματος κλπ.

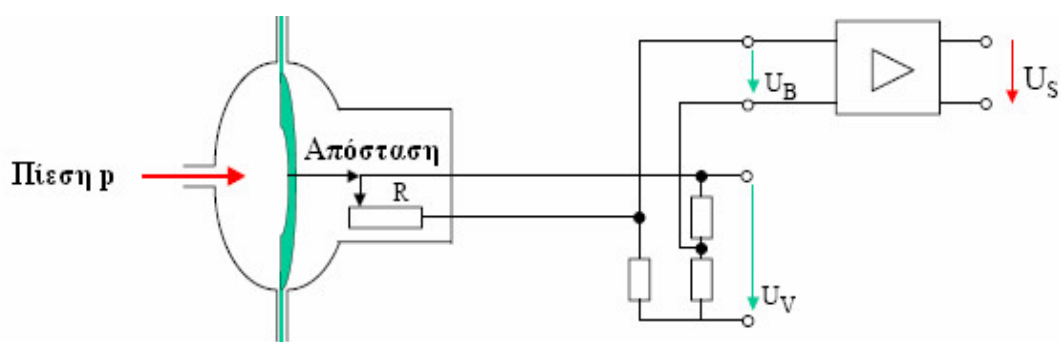
Καθώς η επίδραση των διαφόρων εκκρεόντων στο οικοσύστημα γίνεται πλέον αισθητή, πολλές εταιρείες επενδύουν στην όλο και καλύτερη διαχείριση και επεξεργασία των λυμάτων τους. Ένας από τους πιο σημαντικούς δείκτες για την κατάσταση των φυσικών υδάτων είναι η στάθμη του διαλυμένου οξυγόνου. Η εφαρμογή καλύτερων τεχνικών μέτρησης εγγυάται ακριβέστερη και οικονομικά αποτελεσματικότερη επιτήρηση της στάθμης του διαλυμένου οξυγόνου. Η ανίχνευση επικινδύνων, τοξικών, καυσίμων ή/και εκρηκτικών αερίων υπήρξε πάντα ένα πολύπλοκο θέμα, καθιστώντας δύσκολη την επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα, οργάνου ή εξοπλισμού.

## 9.2. Αισθητήρες Διαδρομής -Γωνιακής Θέσης

Αυξητικοί και απόλυτοι κωδικοποιητές (αλλιώς: παλμογεννήτριες). Οι αυξητικοί κωδικοποιητές παράγουν έναν ορισμένο αριθμό παλμών σε κάθε περιστροφή. Ο αριθμός των παλμών είναι ένα μέτρο της διανυόμενης απόστασης (γωνιακής ή γραμμικής). Το σύστημα χρησιμοποιεί ανίχνευση παλμών με φωτοκύτταρο ενός δίσκου που είναι σταθερά στερεωμένος σε έναν άξονα. Οι απόλυτοι κωδικοποιητές παρέχουν μια συγκεκριμένη αριθμητική τιμή (κωδική τιμή) για κάθε γωνιακή θέση. Χρησιμοποιούνται οπουδήποτε πρέπει να προσδιοριστούν οι γωνιακές θέσεις σε μια ορισμένη τιμή ή όπου η ανίχνευση και 'αποθήκευση' της τρέχουσας θέσης είναι τελείως απαραίτητη στην περίπτωση πτώσης της παροχής.

## 9.3. Αισθητήρες Πίεσης

Με τα αισθητήρια αυτά μετατρέπεται η πίεση, που ασκείται πάνω σε μια ειδική μεμβράνη, σε απόσταση σε μεταβλητή μια αντίσταση από τις τέσσερις που βρίσκονται στη γέφυρα.



Αλλαγή μορφής:	Μετατροπή:	Υπολογισμός	Ενίσχυση
Πίεση σε απόσταση	Απόσταση σε αντίσταση	Κύκλωμα γέφυρας	



#### **9.4. Αισθητήρες Στάθμης**

Η μέτρηση στάθμης αποτελεί ένα σημαντικό μέρος των διαδικασιών ελέγχου και χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανίες..

Οι αισθητήρες στάθμης σημείου/σημείων χρησιμοποιούνται γενικά για έλεγχο υψηλής/χαμηλής στάθμης, ελαχίστου/μεγίστου, ύψους στάθμης ή για την ενεργοποίηση συναγερμού.

#### **9.5. Αισθητήρες Θερμοκρασίας**

Η Θερμοκρασία είναι μια από τις φυσικές παραμέτρους που μετράται πολύ συχνά και γι' αυτό το λόγο η ακρίβεια στη μέτρησή της είναι πολύ σημαντική. Η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει με αισθητήρες επαφής και υπερύθρων.

Η λειτουργία των αισθητηρίων θερμοκρασίας με αισθητήρες επαφής βασίζεται κυρίως στην συνάρτηση της θερμοκρασίας με:

- Την ηλεκτρική αντίσταση μετάλλων με κεραμικά οξειδία.
- Την κινητικότητα των ηλεκτρονίων σε ημιαγωγούς
- Τη συχνότητα των ταλαντωμένων κρυστάλλων

#### **9.6. Αισθητήρες Υγρασίας**

Η υγρασία είναι μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους που μετρούνται μαζί με την θερμοκρασία. Η υγρασία είναι στην πράξη μόρια νερού στον αέρα, και πολλές χημικές αντιδράσεις, διαδικασίες ξήρανσης, μετεωρολογικές παράμετροι, ακόμα και οι συνθήκες εργασίας μέσα στα γραφεία επηρεάζονται από αυτήν.

Πρέπει να διακρίνουμε την απόλυτη από την σχετική υγρασία του αέρα. Η απόλυτη υγρασία είναι το βάρος του περιεχομένου του νερού στον αέρα, δηλαδή η πυκνότητα του νερού. Η μονάδα μέτρησης είναι  $gr/m^3$ . Η σχετική υγρασία δείχνει το ποσοστό της μέγιστης δυνατής ποσότητας υδρατμού στον αέρα με αναφορά την θερμοκρασία την στιγμή της μέτρησης. Η μέτρηση γίνεται επί τοις εκατό (%). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέτρησης της σχετικής υγρασίας.

#### **9.7. Αισθητήρες Ροής**

Η μέτρηση ροής υγρών είναι απαραίτητη σε πολλές βιομηχανίες και σε ορισμένες εφαρμογές η ακριβής μέτρηση της ροής είναι τόσο σημαντική, ώστε να κάνει την διαφορά ανάμεσα στο κέρδος και στην απώλεια. Η ροή διακρίνεται σε ροή ανοιχτού καναλιού και σε ροή κλειστού αγωγού. Τα περισσότερα όργανα μετράνε την ροή έμμεσα και διαχωρίζονται σε αυτά που μετράνε ταχύτητα και σε αυτά που μετράνε πίεση ή στάθμη.

Η διατήρηση της ροής του αέρα σε επιθυμητό επίπεδο είναι κρίσιμη σε ορισμένες εφαρμογές, ειδικά σε συστήματα κλιματισμού, θέρμανσης και εξαερισμού. Η ταχύτητα αέρα (διανυόμενη απόσταση ανά μονάδα χρόνου) εκφράζεται συνήθως σε πόδια ανά λεπτό (fpm) ή σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec). Ο όγκος του αέρα μπορεί να προσδιοριστεί πολλαπλασιάζοντας την ταχύτητα του αέρα με την επιφάνεια της εγκάρσιας τομής ενός αγωγού. Συνήθως μετριέται σε κυβικά πόδια ανά λεπτό (cfm) ή κυβικά μέτρα ανά ώρα (m<sup>3</sup>/h).

## **9.8. Αισθητήρες Δύναμης, Πίεσης, Επιμήκυνσης**

Η μέτρηση των μεγεθών αυτών επιτυγχάνεται κυρίως χρησιμοποιώντας τη χωρητικότητα πυκνωτών, συντονισμένα αισθητήρια και το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο.

## **9.9. Τα Πιεζοηλεκτρικά Στοιχεία**

Τα πιο διαδεδομένα πιεζοηλεκτρικά στοιχεία είναι τα κεραμικά PZT τα οποία αποτελούνται από μόλυβδο, τσιρκόνιο, και τιτάνιο.

Τα πιεζοηλεκτρικά στοιχεία χρησιμοποιούνται συχνά ως ενεργοποιητές.

***Ως ενεργοποιητές ορίζονται οι μετατροπείς οι οποίοι μετασχηματίζουν την ηλεκτρική ενέργεια εισόδου σε μηχανική ενέργεια εξόδου σε μορφή δύναμης ή δρόμου.***

Άμεσο Piezoeffekt: Δια της μηχανικής πίεσης μετατίθενται στο χώρο τα κέντρα των θετικών και αρνητικών φορτίων. Έτσι δημιουργείται ένα ηλεκτρικό δίπολο και κατά συνέπεια μια ηλεκτρική τάση (direkter Piezoeffekt).

Το φαινόμενο του πιεζοηλεκτρισμού είναι ένα 'παιχνίδι' μεταξύ της μηχανικής τάσης δηλαδή της πίεσης και της εμφάνισης ηλεκτρικής τάσης. Βασίζεται στο φαινόμενο ότι ορισμένα κεραμικά υλικά όταν πιεστούν και παραμορφωθούν εμφανίζουν ηλεκτρικά φορτία και μια ηλεκτρική τάση στην επιφάνειά τους (direkter Piezoeffekt). Αντίστροφα αν τοποθετηθεί μια κατάλληλη τάση στα άκρα του πιεζοηλεκτρικού υλικού, αυτό επιμηκύνεται ή συρρικνώνεται. Η αλλαγή αυτή είναι της τάξεως ορισμένων μικρομέτρων. Το φαινόμενο αυτό είναι το αντίστροφο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο (inverse Piezoeffekt).

Και τα δύο αυτά φαινόμενα αξιοποιούνται από τα διάφορα αισθητήρια ευρύτατα. Με άλλα λόγια, (α) τοποθετώντας μια ηλεκτρική τάση στα άκρα του υλικού, αυτό αλλάζει διαστάσεις, ή (β) πιέζοντας το υλικό παράγεται μια τάση στα άκρα του.

Επειδή τα πιεζοηλεκτρικά στοιχεία χρησιμοποιούνται ευρύτατα καταγράφονται εδώ οι εξισώσεις φυσικής τους.

Τοποθετώντας ένα ηλεκτρικό πεδίο σε ένα πιεζοηλεκτρικό υλικό ισχύουν οι εξισώσεις:

$$S = s \cdot T$$

$$D = \varepsilon \cdot E \quad (1)$$

$$S = \frac{\Delta L}{L} = d \cdot E \quad (2)$$

$$E = \frac{U}{L} \quad (3)$$

όπου:

$sE$  = συντελεστής ελαστικότητας στη διεύθυνση του πεδίου  $E$

$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$

$T$  = μηχανική τάση

$s = 1/Y$  ( $Y$  είναι ο συντελεστής ελαστικότητας)

$E$  = ένταση του ηλεκτρικού πεδίου

$U$  = διαφορά δυναμικού (τάση) που προκαλεί το πεδίο

$L$  = αρχικό μήκος του υλικού

$S$  = επιμήκυνση του υλικού

$d$  = πιεζοηλεκτρική σταθερά

Αντικαθιστώντας στην εξίσωση (2) το  $E$  από την εξίσωση (3) προκύπτει

$$S = \frac{\Delta L}{L} = d \cdot \frac{U}{L} \quad (4)$$

$$\Delta L = d \cdot U \quad (5)$$

Από την εξίσωση (5) προκύπτει, ότι η μεταβολή του μήκους του υλικού είναι ανεξάρτητη από το αρχικό μήκος του υλικού και ανεξάρτητη από την επιφάνεια.

Στην αρχή αυτή βασίζεται η χρησιμοποίηση των ενεργοποιητών πολλαπλών στρωμάτων που χρησιμοποιούνται ευρέως. Είναι προφανές, ότι χρησιμοποιώντας πολλαπλά στρώματα μειώνονται οι εφαρμοζόμενες ηλεκτρικές τάσεις.

Το κάθε ένα στρώμα πιεζοηλεκτρικού υλικού επιμηκύνεται κατά  $\Delta L$  όταν τοποθετηθεί τάση στα άκρα του.

Η επιφάνεια και το πάχος του υλικού δεν επιτρέπεται να γίνουν υπερβολικά μικρά, ούτε το πάχος επειδή εμφανίζονται άλλα φαινόμενα (απώλεια της πόλωσης) ή ακόμη και σπασίματος.

Οι εξισώσεις που ισχύουν για τα πιεζοηλεκτρικά υλικά και περιγράφουν τη σύζευξη των μηχανικών μεγεθών και των ηλεκτρικών πεδίων είναι:

$$S = s^E \cdot T + d \cdot E$$
$$D = d \cdot T + \varepsilon^T \cdot E$$

Όπως άλλωστε και όλα τα άλλα στερεά σώματα μπορούν τα πιεζοηλεκτρικά υλικά να εκτελούν μηχανικές ταλαντώσεις. Οι ταλαντώσεις αυτές μπορούν να προκληθούν ηλεκτρικά. Η συχνότητα των ταλαντώσεων αυτών εξαρτάται από μια σταθερά (ταχύτητα του ήχου) και από τις διαστάσεις του πιεζοηλεκτρικού υλικού. Έτσι λοιπόν βρίσκουμε εφαρμογές των πιεζοηλεκτρικών υλικών σε ταλαντωτές στα sonar. Ακόμη χρησιμοποιούνται ως κρύσταλλοι παραγωγής ταλαντώσεων.

Μια χαρακτηριστική εφαρμογή είναι αυτή των αναπτήρων. Με τους πιεζοαναπτήρες (Piezo) ο σπινθήρας δημιουργείται όχι από τη γνωστή πέτρα αλλά από το πιεζοηλεκτρικό υλικό. Κατά την άναμμα πιέζεται ένα ελατήριο το οποίο στην τελική θέση απελευθερώνεται απότομα με αποτέλεσμα να κτυπιέται με μεγάλη δύναμη το πιεζοηλεκτρικό υλικό. Έτσι παράγεται μια μεγάλη ηλεκτρική τάση έως 15 kV περίπου ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια, που συνδέονται με τον κρύσταλλο με αποτέλεσμα την παραγωγή του σπινθήρα. Η τάση αυτή είναι μεν αισθητή από τον άνθρωπο, αλλά δεν είναι ικανή να τον θανατώσει. Προβληματισθείτε γιατί άραγε;. Το παραγόμενο ρεύμα είναι μικρότερο από ορισμένα Milliampere.

### **Επαγωγικοί Αισθητήρες Προσέγγισης**

Εκμεταλλεύονται το φυσικό φαινόμενο της μεταβολής του συντελεστή ποιότητας Q σε ένα κύκλωμα συντονισμού, η οποία οφείλεται σε απώλειες δινορευμάτων σε αγωγία υλικά. Αυτή η αρχή επιτρέπει την χωρίς επαφή ανίχνευση όλων των αγωγίων υλικών (μεταλλικά αντικείμενα, γραφίτης κ.τ.λ.).

Ιδιαίτερα γενικά τεχνικά χαρακτηριστικά  
Αντικρηκτικοί  
Θωράκιση από ηλεκτρομαγνητικά πεδία  
Αυξημένη απόσταση ανίχνευσης  
Οπτική υποβοήθηση

## 9.10. Χωρητικοί Αισθητήρες Προσέγγισης

Υπολογίζουν την μεταβολή της χωρητικότητας που οφείλεται στην εισαγωγή ενός αντικειμένου στο ηλεκτρικό πεδίο ενός πυκνωτή.

Οι χωρητικοί αισθητήρες προσέγγισης, αντίθετα με τους επαγωγικούς, δεν ανιχνεύουν μόνο αγώγιμα υλικά, όπως πχ τα μέταλλα, αλλά - λόγω της αρχής λειτουργίας τους - ανιχνεύουν επίσης και μη αγώγιμα υλικά όπως κεραμικά, ξύλο, πλαστικό, γυαλί, υγρά κ.τ.λ.

Ιδιαίτερα γενικά τεχνικά χαρακτηριστικά

Αντιεκρηκτικοί

Θωράκισης από ηλεκτρομαγνητικά πεδία

Ανίχνευσης στάθμης

## 9.11. Μαγνητικοί Διακόπτες Προσέγγισης

Κατηγορία	Τύπος	Περίβλημα
Διακόπτες επαγωγής μαγνήτη	Με σπείρωμα ορθογώνιοι	Μέταλλο Πλαστικό
Μαγνητικοί κυλινδρικοί διακόπτες	Λείων απλών κυλίνδρων	Μέταλλο Πλαστικό
	Κυλίνδρων δεμένων με βέργες	
	Κυλίνδρων προφίλ	
	Τραπεζοειδούς σχισμής	
	T- σχισμής τοποθέτησης	

Ανιχνεύουν χωρίς επαφή μαγνητικά αντικείμενα. Παρόλο που χρησιμοποιούνται με τον ίδιο τρόπο όπως και οι επαγωγικοί, η αρχή λειτουργίας τους επιτρέπει την ανίχνευση σε μεγάλες αποστάσεις ακόμα και από μικρούς διακόπτες.

Τα Φωτοκύτταρα παίζουν έναν πολύ σημαντικό ρόλο σε εφαρμογές αυτοματισμού, επειδή επιτρέπουν την ανίχνευση αντικειμένων με ακρίβεια σε μεγάλες αποστάσεις. - Όπου υπάρχει περιορισμός χώρου ή/και υψηλές θερμοκρασίες, η χρήση των οπτικών ινών επιτρέπει την υλοποίηση ιδιαίτερα αποτελεσματικών συστημάτων ανίχνευσης.

Η βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των φωτοκύτταρων είναι η εξής: ένας δέκτης λαμβάνει το εκπεμπόμενο φως (ορατό ή μη ορατό υπέρυθρο) και το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα.

Στην μεγάλη γκάμα που υπάρχει, διατίθενται μεταξύ των άλλων και φωτοκύτταρα πομπού-δέκτη, με ανακλαστήρα, διάχυσης, με προστασία IP67, ανίχνευσης μαύρου χρώματος και σε τιμές ιδιαίτερα προσιτές.

Κατηγορία	Τύπος	Περίβλημα	Απόσταση Ανίχνευσης	Συνδεσμολογία
Πομπού-δέκτη	M8	Μέταλλο	μέχρι 4m	Καλώδιο
Επιπρόσθετη έξοδος ελέγχου	M12	Πλαστικό	μέχρι 6m	Κουμποτά
Σύνδεση ενισχυτή	M18		μέχρι 15m	Τερματικά
Με χρονικό	μέσω Ορθογώνια		μέχρι 60m	
Με ανακλαστήρα	M8/M12	Μέταλλο	μέχρι 2m	Καλώδιο
Με φίλτρο πόλωσης	M18	Πλαστικό	μέχρι 4m	Κουμποτά
Σύνδεση ενισχυτή	μέσω M30		μέχρι 10m	Τερματικά
Με χρονικά	Ορθογώνια		μέχρι 13m	
Διάχυσης	M12	Μέταλλο	μέχρι 150mm	Καλώδιο
Μικρών αποστάσεων	M18	Πλαστικό	μέχρι 400mm	Κουμποτά
Καταστολής προσκήνιου	M30		μέχρι 800mm	Τερματικά
Καταστολής φόντου	Ορθογώνια		μέχρι 1500mm	
Σκιών				
Σύνδεση ενισχυτή	μέσω			
Ενισχυτής ίνας	οπτικής M18	Πλαστικό	Πομπού-δέκτη	Καλώδιο
	M30		μέχρι 120mm	Κουμποτά
	Ορθογώνια		μέχρι 200mm	Τερματικά
			Διάχυσης	
			μέχρι 40mm	
			μέχρι 70mm	
Οπτικές ίνες	Κυλινδρικές	Μεταλλικές	Πομπού-δέκτη	Αισθητήρας
	M3	Πλαστικές	μέχρι 100mm	πομπού-δέκτη
	M4	Κεφαλή	μέχρι 300mm	Αισθητήρας
	M6	ανίχνευσης	Διάχυσης	διάχυσης
	M8	με ειδικά	μέχρι 40mm	
	Με γωνία	χαρακτηριστικά	μέχρι 70mm	

## 9.12. Αισθητήρες Επιτάχυνσης

Η λειτουργία των αισθητηρίων αυτών βασίζεται στη μέτρηση της δύναμης της αδρανείας που εφαρμόζεται σε μια γνωστή μάζα. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να προσδιορισθεί αν λαμβάνει χώρα μια αύξηση ή μείωση της ταχύτητας. Τα όργανα μέτρησης της επιτάχυνσης ονομάζονται επιταχυνσιόμετρα ή *Accelerometer*, ή ακόμη και *G-Sensor*.

Η επιτάχυνση είναι ένα μηχανικό μέγεθος η μέτρηση του οποίου παίζει σημαντικό ρόλο σε πολλές τεχνολογικές εφαρμογές. Για παράδειγμα:

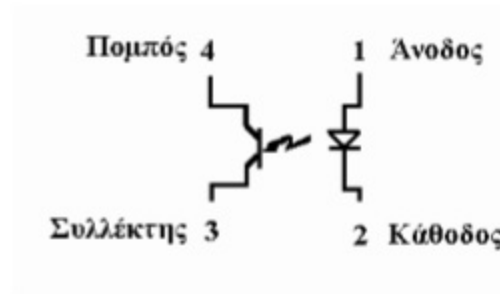
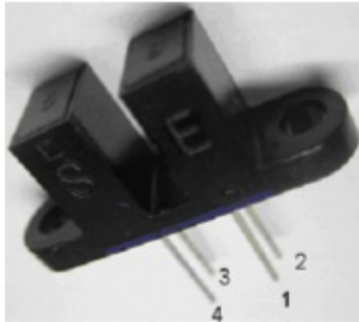
- Μέτρηση γραμμικών επιταχύνσεων
- Μέτρηση δονήσεων σε κτίρια και μηχανές
- Ενεργά συστήματα ελατηρίων σε οχήματα
- Εγκαταστάσεις συναγερμού σε κινητά αγαθά
- Έρευνα βλαβών κατά τη μεταφορά εμπορευμάτων
- Σεισμικές εφαρμογές
- Εφαρμογές οδήγησης βιντεοπαιχνιδιών
- Σε εφαρμογές ρύθμισης θέσης στην αεροπλοΐα και σε συνεργασία με τα γυροσκόπια

Τα μικρά αισθητήρια επιτάχυνσης έχουν περιοχή μέτρησης από μερικά g μέχρι ορισμένες εκατοντάδες g και είναι αρκετά στιβαρά. Η ακρίβειά τους βρίσκεται συνήθως στην περιοχή επί τοις εκατό ή ακόμη και επί τοις χιλίοις. Επίσης στην τεχνική των διαστημοπλοίων και στην ανάλυση των κινήσεων των οχημάτων είναι η μέτρηση της επιτάχυνσης απαραίτητη. Σε πολλές τεχνολογικές εφαρμογές χρειάζονται τρισδιάστατες μετρήσεις, όπως π.χ. στα ρομπότ και στα διαστημόπλοια. Στην περίπτωση αυτή εκτός από την αναισθησία στη θερμοκρασία τις δονήσεις και των άλλων φαινομένων σημαντικό ρόλο παίζει και η ελαχιστοποίηση των διαστάσεων των αισθητηρίων αυτών.

Τα παλαιότερα όργανα μέτρησης αποτελούντο από έναν ευαίσθητο άξονα πάνω στον οποίο μπορούσε να κινείται και να ολισθαίνει μια δοκιμαστική μάζα. Αργότερα αντικαταστάθηκαν από ακριβέστερα συστήματα με λυγιζόμενες ράβδους από κρύσταλλο (Quarz). Μικροσκοπικά αισθητήρια αποτελούνται σήμερα συνήθως από πιεζοηλεκτρικά αισθητήρια ή από MEMs (Micro-Electro-Mechanical System)

### 9.13. Οπτοδιακόπτες (Optointerrupter)

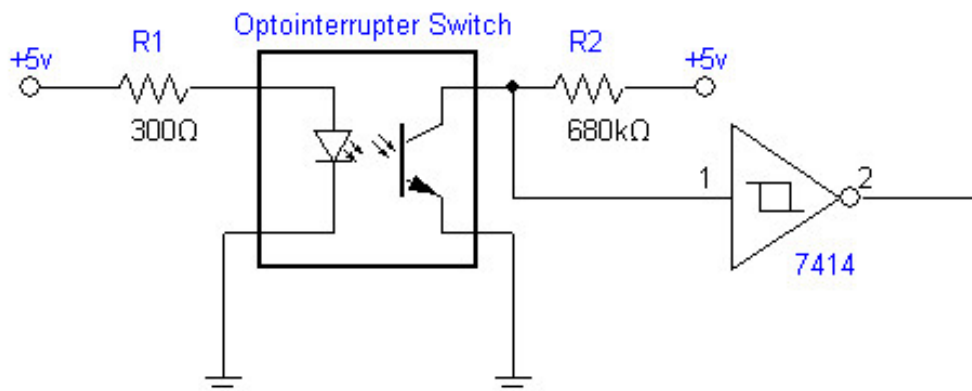
Η αρχή λειτουργίας τους φαίνεται στο Σχήμα ..... Πρόκειται για ένα αισθητήριο που μοιάζει με το γράμμα 'Π'. Στο ένα πόδι του 'Π' βρίσκεται μια διόδος LED υπέρυθρων και στο άλλο ένα φωτοτρανζίστορ υπέρυθρων. Στο απέναντι πόδι της τη διόδου LED βρίσκεται μια σχισμή από την οποία μπορεί να περνάει το υπέρυθρο φως της διόδου, έτσι ώστε να φωτίζεται ή όχι το τρανζίστορ. Αν παρεμβληθεί κάποιο αντικείμενο διακόπτεται το υπέρυθρο φως και το τρανζίστορ έρχεται σε αποκοπή. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε πολλά μηχανήματα. Συχνά τα συναντάμε σε οπτικούς κωδικοποιητές.



Στο Σχήμα ... φαίνεται ο τρόπος εφαρμογής του οπτοδιακόπτη σε ένα κύκλωμα. Με την αντίσταση R1 περιορίζεται το ρεύμα που θα περάσει<sup>1</sup> μέσα από τη δίοδο σύμφωνα με τον τύπο σε :

$$5V = i \cdot 300 + 1,7V \longrightarrow i = \frac{4,3}{300} \cong 14mA$$

Με την αντίσταση 680kΩ περιορίζεται το ρεύμα που θα περάσει μέσα από το φωτοτρανζίστορ όταν αυτό έλθει σε αγωγιμότητα. Η τάση στον ακροδέκτη '1' όταν το τρανζίστορ δεν άγει είναι 5V. Όταν όμως άγει βραχυκυκλώνεται το σημείο '1' με τη γη (σχεδόν βραχυκυκλώνεται αφού υπάρχει μια μικρή πτώση τάσης μέσα στο τρανζίστορ). Ο αναστροφέας 7414 με Schmidt trigger με την υστέρηση που διαθέτει χρησιμεύει στην εξάλειψη κάποιων μικρών ταλαντώσεων (δηλ. στη λήψη ενός 'καθαρού' σήματος).





## 9.14. Αισθητήρες Όρασης

Η όραση είναι από τα πιο χρήσιμα αισθητηριακά όργανα. Υπάρχουν διάφοροι αισθητήρες όρασης:

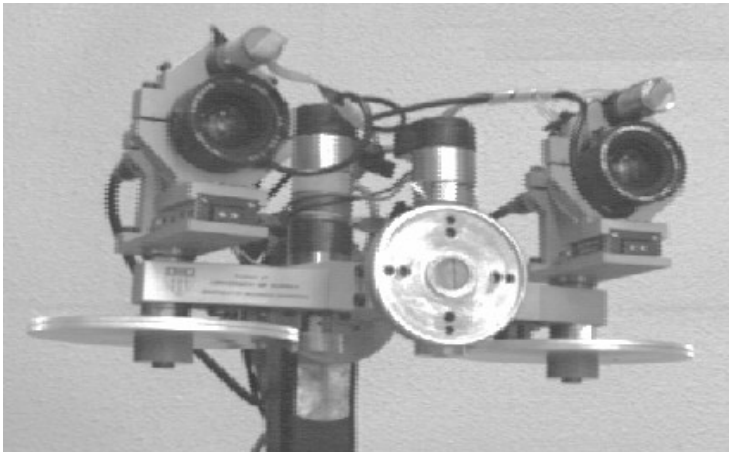
Γραμμική κάμερα (Linear Camera): είναι ο φθηνότερος αισθητήρας όρασης, ωστόσο δεν είναι και πολύ αποτελεσματικός. Χρειαζόμαστε παραπάνω από μία γραμμή pixel για ανίχνευση.



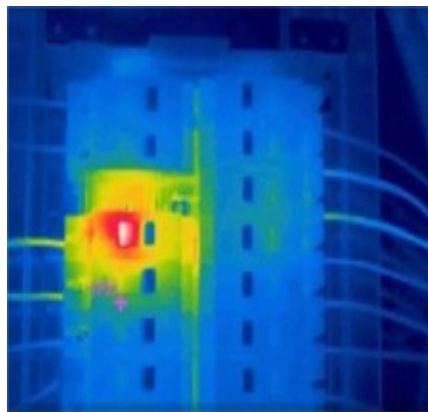
**Έγχρωμη Κάμερα (Color Camera):** αυτό το είδος κάμερας υπάρχει σε διαφορετικές εκδόσεις, όπως χαμηλού κόστους USB κάμερες με τεχνολογία CMOS όπως για παράδειγμα η κάμερα που χρησιμοποιείται σε έναν προσωπικό υπολογιστή, ή ακριβότερες κάμερες με CCD αισθητήρες και καλή οπτική λήψη που χρησιμοποιούνται σε επαγγελματικά συστήματα όρασης. Είναι πολύ ευαίσθητες στις αλλαγές του φωτός, ειδικά σε εξωτερικό περιβάλλον και είναι πολύ αποτελεσματικές στο να διακρίνουν αντικείμενα στον χώρο. Εν τούτοις έχουν ένα σημαντικό μειονέκτημα: η παραγωγή της εικόνας απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ.



**Στερεά όραση (Stereo vision):** Αυτό ο τρόπος όρασης χρησιμοποιεί δύο έγχρωμες κάμερες για να έχει συμπληρωματικές πληροφορίες. Η διαφορά μεταξύ των δύο εικόνων, δίνει την πληροφορία βάθους. Δηλαδή μας παρέχει την πληροφορία της ακριβέστερης απόστασης από το στόχο. Αυτό καλείται ανομοιότητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί η απόσταση ενός αντικειμένου από την κάμερα. Είναι ένας αρκετά ακριβός εξοπλισμός (συνήθως με δύο CCD κάμερες). Έχει τις ίδιες ιδιότητες με μία απλή κάμερα και τα ίδια πλεονεκτήματα αλλά είναι περισσότερο υπολογιστικά ακριβή λόγω του ότι παρέχει συμπληρωματικές πληροφορίες.



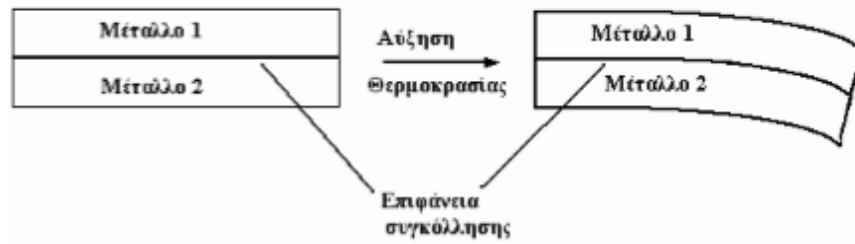
**Υπέρυθρη κάμερα (Infrared camera):** Ίσως είναι η καλύτερη λύση για να ξεχωρίσουμε την παρουσία αντικειμένων με διαφορετική θερμοκρασία. Αυτός ο αισθητήρας δίνει μία σύνθετη εικόνα αποτελούμενη από διάφορα χρώματα που αντιστοιχούν στις διαφορετικές θερμοκρασίες που υπάρχουν στο χώρο που 'βλέπει' η κάμερα. Οι υπέρυθρες κάμερες είναι ιδιαίτερα χρήσιμες στον εντοπισμό. Στην εικόνα που μας παρέχει το ρομπότ, φαίνονται ξεκάθαρα εικόνες με χρωματισμούς από το κόκκινο προς το μπλε. Το πρώτο χρώμα δηλώνει μία περιοχή με υψηλή θερμοκρασία όπως είναι π.χ. το σώμα ενός ανθρώπου, ενώ αντιθέτως, το δεύτερο χρώμα υποδηλώνει μία κρύα περιοχή όπως είναι π.χ. κάποιο εμπόδιο που δεν παράγει θερμότητα.



### 9.15. Αισθητήρες Θερμότητας

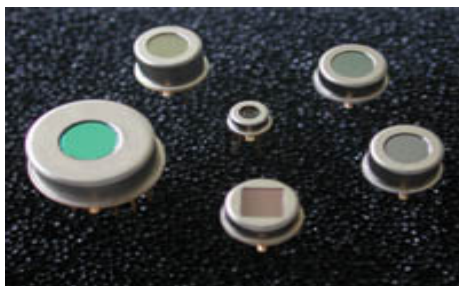
Το διμεταλλικό αισθητήριο είναι μια μεταλλική λωρίδα αποτελούμενη από δύο μέταλλα κολλημένα κατά μήκος σύμφωνα με το Σχήμα...

Λόγω της απλότητας κατασκευής είναι μάλλον ο φθηνότερος ρυθμιστής θερμοκρασίας σε αυτοματισμούς. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται ευρέως.



Τα δύο μέταλλα έχουν διαφορετικό συντελεστή θερμικής διαστολής και ως εκ τούτου θερμαίνόμενα διαστέλλονται διαφορετικά με αποτέλεσμα επειδή είναι κολλημένα να κυρτώνουν.

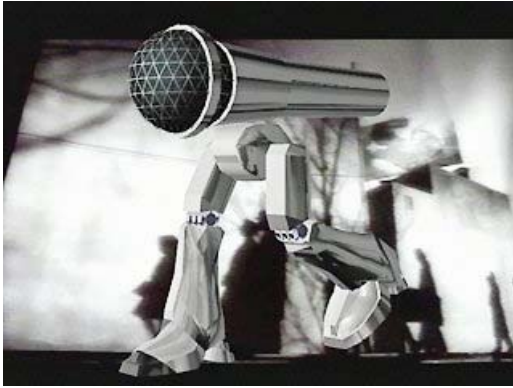
**Πυροηλεκτρικοί (Pyroelectric):** Τέτοιοι αισθητήρες είναι κατασκευασμένοι από κρυσταλλικό υλικό το οποίο παράγει ένα επιφανειακό φορτισμένο πεδίο, όταν αυτό εκτεθεί σε θερμότητα, σε μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Αυτοί οι αισθητήρες είναι σε γενικές γραμμές αρκετά ευαίσθητοι και ανθεκτικοί με τις αλλαγές του περιβάλλοντος και έχουν χαμηλό κόστος. Η σύνθεσή τους είναι από δύο ειδών αισθητήρες έτσι ώστε να ανιχνεύουν αντικείμενα μόνο όταν αυτά κινούνται. Χρησιμοποιούνται γενικότερα σε συστήματα συναγερμού ή απομακρυσμένης χρήσης διακοπών.



## 9.16. Αισθητήρες Ήχου

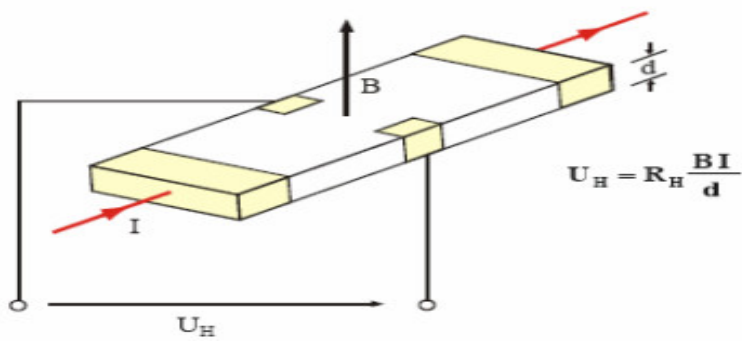
### Μικρόφωνο

Ο ήχος στο ακουστικό φάσμα είναι άλλο ένα ανθρώπινο χαρακτηριστικό το οποίο μπορούμε να ανιχνεύσουμε και να μετρήσουμε. Για αυτόν τον λόγο εφοδιάζονται τα ρομπότ με τα κατάλληλα μικρόφωνα για την καταγραφή των ήχων. Με άλλα λόγια τους παρέχουν πληροφορίες προς ανάλυση. Τα μικρόφωνα είναι χαμηλού κόστους αισθητήρες αλλά όχι εύκολα στην αντιμετώπιση επεξεργασίας δεδομένων.



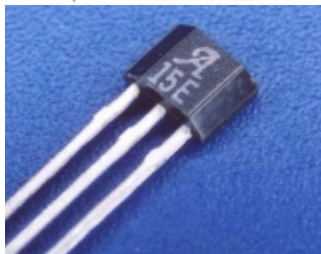
### 9.17. Το Αισθητήριο Hall Effect

#### Αισθητήριο Hall

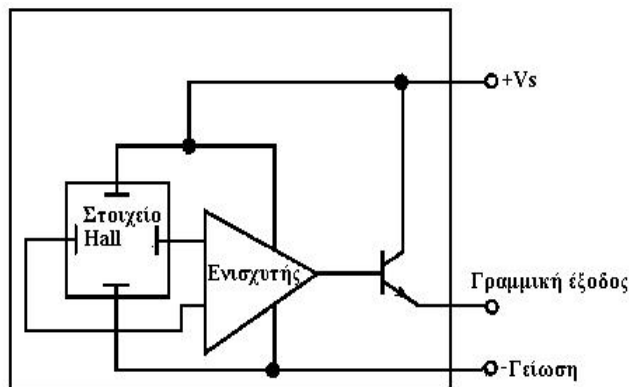


Το φαινόμενο Hall Effect αναφέρεται στη διαφορά δυναμικού  $V$  που εμφανίζεται στις απέναντι πλευρές ενός λεπτού φύλλου αγώγιμου ή μη αγώγιμου υλικού μέσα από το οποίο περνά ένα ρεύμα  $I$  δημιουργούμενο από το μαγνητικό πεδίο κάθετο προς το φύλλο.

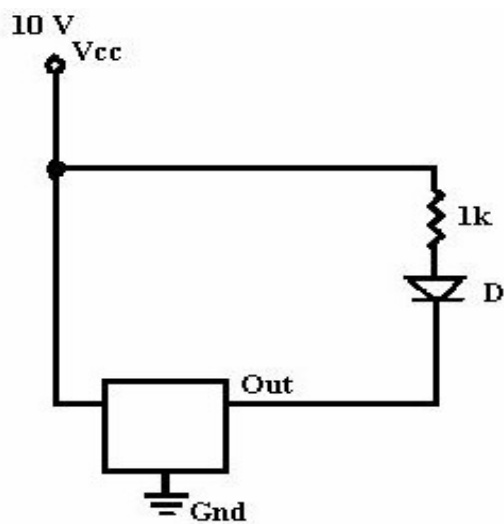
$$V = I \times B$$



Ένα αισθητήριο Hall effect όπως αυτό του Σχήματος μεταβάλλει την τάση εξόδου του αποκρινόμενο σε αλλαγή του μαγνητικού πεδίου. Τα αισθητήρια αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για την εύρεση θέσης ή για την εύρεση της γωνίας περιστροφής. Τοποθετούνται κοντά στο μετρούμενο αντικείμενο. Τοποθετώντας ένα αισθητήριο hall effect κοντά σε ένα μαγνήτη που είναι προσαρμοσμένος στο κινούμενο προς μέτρηση αντικείμενο λαμβάνουμε μια τάση ανάλογη της απόστασης/προσανατολισμού/γωνιακής θέσης του μαγνήτη και κατά συνέπεια του άξονα πάνω στον οποίο είναι προσαρμοσμένος ο μαγνήτης.

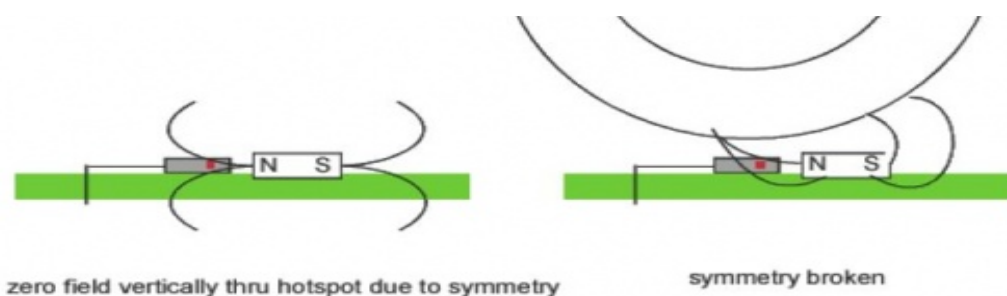


Το αισθητήριο hall μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν διακόπτης. Μόλις γίνει αντιληπτή από το αισθητήριο μια αλλαγή στο μαγνητικό πεδίο μεταφέρεται το μηδέν στο σημείο έξοδος με αποτέλεσμα να ανάψει το LED του Σχήματος...



### 9.17.1 Ανιχνευτής Μετάλλου σε Κοντινή Απόσταση

Τοποθετώντας πολύ κοντά στο αισθητήριο ένα μόνιμο μαγνήτη μπορεί κανείς να ανιχνεύσει την παρουσία μετάλλου κοντά στο αισθητήριο επειδή πλησιάζοντας στο μεταλλικό αντικείμενο παραμορφώνονται οι ομοιόμορφες μαγνητικές γραμμές σύμφωνα με το Σχήμα... Η αλλαγή αυτή γίνεται αντιληπτή από το αισθητήριο που παράγει μια τάση.



## 9.18. Αισθητήρες Κίνησης

### 9.18.1. Αναζήτηση Ακτίνας Laser

Τέτοιες συσκευές αισθητήρων έχουν υψηλή ανάλυση, αλλά είναι αρκετά ακριβές. Μερικές από αυτές επιτρέπουν σάρωση στις 3 διαστάσεις του χώρου, αλλά παράγουν πολλές πληροφορίες προς επεξεργασία για έναν επεξεργαστή μικρής υπολογιστικής ισχύος. Μπορούν να μας δώσουν π.χ. την απόσταση μεταξύ ενός αντικειμένου και ενός ρομπότ.

Οι αισθητήρες laser αποτελούν τη λύση σε αμέτρητες βιομηχανικές και εργαστηριακές εφαρμογές, ειδικά όταν το μέγεθος του προς ανίχνευση αντικειμένου είναι πολύ μικρό ή όταν αυτό βρίσκεται σε πολύ μεγάλη απόσταση. Στη γκάμα περιλαμβάνονται αισθητήρες laser πομπού-δέκτη, με ανακλαστήρα και διάχυσης, με προστασία IP67 και τιμές ιδιαίτερα οικονομικές.

Κατηγορία	Τύπος	Περίβλημα	Απόσταση	Συνδεσμολογία
Πομπού-δέκτη Ορατή ακτίνα laser	M18 ορθογώνιος	πλαστικός	μέχρι 2m μέχρι 60m	Καλώδιο Κουμπωτά Τερματικά
Με ανακλαστήρα Ορατή ακτίνα laser	M18 ορθογώνιος	πλαστικός	μέχρι 4m μέχρι 11m μέχρι 13m	Καλώδιο Κουμπωτά Τερματικά
Διάχυσης Ορατή ακτίνα laser	M18 ορθογώνιος	πλαστικός	Μέχρι 150mm	Καλώδιο Κουμπωτά Τερματικά

Κάπου εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε και τις πηγές φωτός. Εμείς θα αναφερθούμε μόνο στους λαμπτήρες πυρακτώσεως, τις διόδους (LED), και την ακτινοβολία Laser. Οι πηγές φωτός είναι ουσιαστικά εκείνες που παρέχουν πληροφορίες στα αισθητήρια. Επομένως αποτελούν ένα σημαντικό κεφάλαιο στη Μηχανική τεχνολογία.



### 9.18.2. Υπερηχητικοί Αισθητήρες (Ultrasonic Sensors)

Αυτός ο τύπος αισθητήρα είναι κοινός και χρησιμοποιείται στα κινούμενα ρομποτικά συστήματα λόγω του χαμηλού κόστους και της εύκολης τοποθέτησης και χρήσης. Χρησιμοποιείται βασικά για ταξινομημένη στόχευση όσον αφορά την επιφάνεια ή βασικά σχήματα, αλλά έχει πολλά μειονεκτήματα. Είναι ευαίσθητο στις συνθήκες του αέρα και υπάρχουν μερικά προβλήματα με την επιστροφή της αντανάκλασης του ήχου όταν ο στόχος δεν έχει καθαρή ή λεία επιφάνεια.



### 9.18.3 Ραντάρ

Τα ραντάρ είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά για μετρήσεις κινήσεων μεγάλων αποστάσεων. Λειτουργούν σε πολύ υψηλές συχνότητες (5-24 GHz) και μπορούν να αντιμετωπίσουν καταστάσεις μέσα από καπνό, σκόνη, ομίχλη ή βροχή. Μερικές από αυτές τις συσκευές είναι μικρές και χαμηλής ισχύος και μπορούν να ανιχνεύσουν κίνηση μέχρι και στα 6 μέτρα. Το βασικότερο μειονέκτημα αυτών των αισθητήρων είναι η τιμή. Είναι αρκετά ακριβοί και αποτελούνται από μεγάλες συσκευές λήψης και ανάλυσης σήματος.



Ο παρακάτω πίνακας παρέχει μία καλή γενική εποπτεία των διαθέσιμων αισθητήρων οι οποίοι αναφέρθηκαν στις προηγούμενες σελίδες. Βάση αυτού του πίνακα μπορεί να γίνει μία σωστή επιλογή εξαρτημάτων ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε περίπτωσης. Καθώς διαβάζουμε τις γραμμές και τις στήλες του εν λόγω πίνακα, θα παρατηρήσουμε κάποιους συμβολισμούς (+) και (-). Αυτοί μας δείχνουν κατά πόσο ένας αισθητήρας υπερτερεί σε μία συγκεκριμένη ιδιότητα από όλους τους άλλους αισθητήρες, ανάλογα με το πλήθος των συμβόλων. Θα παρατηρήσουμε επίσης και τους συμβολισμούς EM και SW που αναφέρονται ανάλογα στα ηλεκτρομαγνητικά (ElectroMagnetic) και στα ηχητικά (SoundWave) κύματα.



	Τεχνολογία	Χαρακτηριστικό	Εξωτερικό Μέγεθος	Κόστος	Ικανότητα διαφοροποίησης	Δυνατά σημεία	Αδύνατα Σημεία
Γραμμική Κάμερα	CCD/CMOS EM 0.4 – 1.1 μm	Όραση	-	-	-	Τιμή	Χαμηλή ανάλυση
USB Κάμερα	CCD/CMOS EM 0.4 – 1.1 μm	Όραση	+	+	++	Κόστος/ απόδοση	Ανάλυση
Στερεά Όραση	CCD/CMOS EM 0.4 – 1.1 μm	Όραση/ Απόσταση	++	++	++	Όραση/ απόσταση	Υπολογιστική ισχύς
Υπέρυθρη Κάμερα	CCD/CMOS EM 7 – 14 μm	Θερμότητα	++	+++	+++	Ανίχνευση Ανθρώπου	Τιμή
Πυροηλεκτρικοί	Κρυσταλλικός Αισθητήρας EM 7 – 14 μm	Θερμότητα Σώματος	-	-	++	Τιμή/ Ανίχνευση Ανθρώπου	Μόνο ανίχνευση κίνησης
Μικρόφωνο	Membrane SW 100Hz – 16kHz	Ήχος	-	-	+	Τιμή	Ηχητική ευαισθησία
Laser	time of flight/triangul EM 620 - 820 nm	Απόσταση	++	+++	-	Ακρίβεια Μέτρησης	Τιμή
Υπερηχητικός Αισθητήρας	Membrane SW 130 – 290kHz	Απόσταση	-	-	-	Τιμή	Ηχητική ευαισθησία
Ραντάρ	time of flight EM 5 – 24 GHz	Απόσταση	+	+++	-	Εύρος Ακρίβειας	Τιμή

Παράρτημα :

EM = ηλεκτρομαγνητικά κύματα

SW = ηχητικά κύματα

## 9.19. Ασκήσεις

Οι ασκήσεις αυτές προέρχονται από το βιβλίο 'Μηχατρονική' του Dan Nesculescu

1. Ένα Κ-τύπου θερμοζεύγος παράγει μια τάση που μετρείται από ποτενσιόμετρο ως 25mV. Καθορίστε τη θερμοκρασία T όταν η ένωση αναφοράς κοινού ισοθερμικού περιβλήματος δείχνεται από θερμίστορ ως 0 °C. Χρησιμοποιήστε το συντελεστή Seebeck για 20 °C.

2. Ένα βασισμένο σε PC σύστημα λήψεως δεδομένων εξετάζεται για ένα Κ-τύπου θερμοζεύγος. Δύο ακραία σενάρια υλοποίησης θα πρέπει να αξιολογηθούν.

Σχεδίαση A - μια φτηνή και λιγότερο ακριβή υλοποίηση με

έναν μετατροπέα A/D τεσσάρων bit,

μια τυποποιημένη ηλεκτρονική ένωση αναφοράς κοινού ισοθερμικού περιβλήματος με μια αβεβαιότητα θερμοκρασίας  $\pm 0.57$  °C σε 0 °C, ένα τυποποιημένο θερμοζεύγος με  $\pm 2.3$  °C οριακό σφάλμα .

Σχεδίαση B - μια δαπανηρή και πιο ακριβή υλοποίηση με

έναν μετατροπέα A/D οκτώ bit,

μια ειδική ηλεκτρονική ένωση αναφοράς κοινού ισοθερμικού περιβλήματος με μια αβεβαιότητα θερμοκρασίας  $\pm 0.15$  °C σε 0 °C, ένα ειδικό θερμοζεύγος με  $\pm 1.15$  °C οριακό σφάλμα

Συγκρίνετε τις δύο υλοποιήσεις βασισμένες στους ακόλουθους υπολογισμούς:

1. Καθορίστε την περιοχή κλίμακας για την αναλογική τάση εισόδου στο μετατροπέα A/D.
2. Υπολογίστε την διακριτική ικανότητα.
3. Υπολογίστε τη συνολική αβεβαιότητα (του μετατροπέα A/D, της σύνδεσης αναφοράς και του Θερμοζεύγους) σχετικά με τη μέτρηση θερμοκρασίας.

3. Ένας μετρητής μηχανικής τάσης με ονομαστική αντίσταση  $\Pi=120\Omega$  τοποθετείται σε έναν κλάδο μιας γέφυρας Wheatstone που έχει για τον χωρίς καταπόνηση μετρητή μηχανικής τάσης  $R_1=R_2=R_3=R_4=R$  και  $V_i=1$  0V. Ως αποτέλεσμα της κάμψης της δοκού, στην οποία πακτώνεται, ο μετρητής μηχανικής τάσης υπόκειται σε μια καταπόνηση. Ένα ψηφιακό βολτόμετρο με αντίσταση εισόδου  $R_m=10M\Omega$  δίνει μια ανάγνωση  $V_0=5mV=5 \times 10^{-3} V$ . Υπολογίστε

(α) την αλλαγή στην αντίσταση  $\Delta R$ .

(β) την ανηγμένη επιμήκυνση  $\epsilon$  για παράγοντα μετρητή μηχανικής τάσης  $\theta=2$ .

4. Ένας ωμικός μετρητής μηχανικής τάσης,  $G=2.2$ , πακτώνεται σε μια ορ- Οογωνικής διατομής ασάλινη ράβδο με μέτρο ελαστικότητας  $E=205 \times 10$  kN/m<sup>2</sup>, πλάτους 3.5cm και πάχους 0.55cm. Μια αξονική δύναμη 12kN εφαρμόζεται. Καθορίστε την αλλαγή της αντίστασης του μετρητή μηχανικής τάσης  $\Delta R$ , εάν η κανονική αντίσταση του μετρητή είναι  $R = 100\Omega$ .

5. Ο μετρητής μηχανικής τάσης του προηγούμενου προβλήματος συνδέεται με μια συσκευή αντίστασης που έχει μια ακρίβεια  $\pm 0.25$  Ω. Γίγαια είναι η αβεβαιότητα στον καθορισμό της μηχανικής τάσης  $\sigma$ ;

6. Μια χαλύβδινη ράβδος με μέτρο ελαστικότητας  $E=205 \times 10^9 \text{ N/m}^2$  και με εμβαδόν διατομής  $A=6.5 \text{ cm}^2$  υπόκειται σε μια αξονική δύναμη  $F$ . Για τη μέτρηση αυτής της δύναμης, ένας μετρητής μηχανικής τάσης πακτώνεται στην ράβδο. Η ονομαστική αντίσταση του μετρητή μηχανικής τάσης είναι  $R=100\Omega$ . Ο μετρητής μηχανικής τάσης συνδέεται σε έναν κλάδο της γέφυρας Wheatstone με αντιστάσεις σε όλους τους άλλους κλάδους ίσες με  $R=100\Omega$ . Η τάση εξόδου της γέφυρας Wheatstone ρυθμίζεται, όπως φαίνεται στο Σχ. 2.10, χρησιμοποιώντας έναν ενισχυτή αντιστροφής με μια αντίσταση  $R_o=1 \text{ M}\Omega$ . Ο παράγοντας του μετρητή μηχανικής τάσης είναι  $G=2.1$  και η τάση  $V_i=8.5 \text{ V}$ . Υπολογίστε τη δύναμη  $F$  δεδομένης μιας μετρημένης τάσης  $V_o=6.5 \text{ V}$ .

7. Ένα επιταχυνσιόμετρο βασισμένο σε έναν μετρητή μηχανικής τάσης, που φαίνεται στο Σχ. 2.12, αποτελείται από μια πρόβλο δοκού μήκους  $L=20 \text{ mm}$ , πλάτους  $w=2 \text{ mm}$  και πάχους  $t=1 \text{ mm}$ , με μια (σεισμική) μάζα  $M=0.017 \text{ kg}$ . Ο συντελεστής ελαστικότητας της δοκού είναι  $E=205 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ . Ο μετρητής μηχανικής τάσης, πακτώνεται σε μια απόσταση  $I=23 \text{ mm}$  από το ελεύθερο άκρο της δοκού, έχει παράγοντα  $G=2.05$  και συνδέεται με μια γέφυρα. Η γέφυρα διασυνδέεται με ένα μετατροπέα  $A/D$ , όπως φαίνεται στο Σχ. 2.10 μέσω ενός ενισχυτή αντιστροφής  $R_o=1.15 \text{ M}\Omega$ . Υποθέστε ονομαστική τιμή αντίστασης του μετρητή μηχανικής τάσης  $R=100\Omega$  και τάση τροφοδοσίας της γέφυρας  $V_i=8.5 \text{ V}$ . Υπολογίστε την επιτάχυνση  $a$  που παράγει μια τάση εξόδου  $V_o=0.1 \text{ V}$ .

8. Στο προηγούμενο πρόβλημα, η αντίσταση  $R_o$  του τελεστικού ενισχυτή δόθηκε ως  $1.15 \text{ M}\Omega$  και η τάση εξόδου από αυτόν στον ADC ήταν  $V_o=0.155 \text{ V}$ . Σε περίπτωση που ο ADC έχει μόνο διαθέσιμη τη κλίμακα 0 έως  $10 \text{ V}$ , υπολογίστε μια τιμή για την  $R_o$ , η οποία θα δώσει τη μέση κλίμακα  $5 \text{ V}$  για την  $V_o$ , με τιμή επιτάχυνσης και όλους τους άλλους παράγοντες να κρατούνται σταθεροί.

9. Υποθέστε ότι ποτενσιόμετρο μέτρησης θέσης (με συνολική αντίσταση  $R=15.5 \text{ K}\Omega$ , συνολικό μήκος  $L=12 \text{ cm}$  και την τάση εισόδου  $V_i=10 \text{ V}$ ) έχει την ψήκτρα σε  $x=12 \text{ cm}$ . Η τάση  $V_o$  του ποτενσιόμετρου μετριέται με ένα αναλογικό βολτόμετρο με αντίσταση εισόδου  $R_o=35 \text{ K}\Omega$ , που συνδέεται ως φορτίο του ποτενσιόμετρου.

(α) υπολογίστε την τάση  $V_o$  που μετριέται στο αναλογικό βολτόμετρο,

(β) υπολογίστε το σφάλμα στην μέτρηση του αναλογικού βολτόμετρου  $V_o$ , σε σχέση με την  $V_o$  που μετριέται από ένα ψηφιακό βολτόμετρο με  $R_o=12 \text{ M}\Omega$ .

10. Ένα ταχύμετρο έχει τον συντελεστή μετατροπής  $K=6 \text{ V/krpm}$  ( $\text{krpm}=1000$  στροφές ανά λεπτό) και συνδέεται με ένα ADC οκτώ bit που έχει τάση εισόδου περιοχής κλίμακας από 0 έως  $10 \text{ V}$ .

(α) Υπολογίστε τη μέγιστη αποδεκτή ταχύτητα, η οποία μπορεί να μετρηθεί από το ταχύμετρο σε αυτήν την διαμόρφωση.

(β) Υπολογίστε το διακριτική ικανότητα μέτρησης ταχύτητας του ταχομέτρου με ADC.

11. Ένας δύο ομόκεντρων κυκλικών διαδρομών αυξητικός κωδικοποιητής, που εγκαθίσταται σε έναν περιστρεφόμενο άξονα, έχει 100 παράθυρα ομοιόμορφα κατανομημένα κατά μήκος της περιφέρειας και τάση εξόδου με δειγματοληψία στα  $10 \text{ MHz}$ . Εάν το φωτοκύτταρο για την εξωτερική διαδρομή μετριέται “on” για 10000 παλμούς δειγματοληψίας, υπολογίστε τη γωνιακή ταχύτητα του περιστρεφόμενου άξονα.

12. Ένας αυξητικός κωδικοποιητής με παράθυρα  $1^\circ$ , ομοιόμορφα κατανομημένα κατά μήκος της περιφέρειας ακτίνας 1 cm, εγκαθίσταται σε έναν άξονα που περιστρέφεται με 1000rpm. Υπολογίστε τη συχνότητα του παλμού εξόδου (σε παλμούς ανά δευτερόλεπτο) του κωδικοποιητή πριν από τη δειγματοληψία.

## 10. Εκπαιδευτικό υλικό για την Μηχατρονική

Έπειτα απο έρευνα που έγινε μέσω διαδικτύου αλλά και αυτοπροσώπως σε διάφορα εκπαιδευτικά ιδρύματα, το υλικό που βρεθηκε είναι το εξής:

### Πολυτεχνείο Κρήτης (Χανιά)

<https://www.eclass.tuc.gr/courses/MPD137>

Έγγραφα και ασκήσεις:

<https://www.eclass.tuc.gr/modules/document/document.php?course=MPD137>

### ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης

<http://www.oximaton.drwx.eu/lesson.php?id=46050>

### ΤΕΙ Πειραιά

[http://islab.teipir.gr/web/academic\\_el.htm](http://islab.teipir.gr/web/academic_el.htm)

Σημειώσεις θεωρητικού μέρους:

[http://islab.teipir.gr/web/Donwloads/Simeiwseis/mxtr\\_theo.pdf](http://islab.teipir.gr/web/Donwloads/Simeiwseis/mxtr_theo.pdf)

[http://islab.teipir.gr/web/Donwloads/Simeiwseis/efarm\\_mxtr.pdf](http://islab.teipir.gr/web/Donwloads/Simeiwseis/efarm_mxtr.pdf)

Σημειώσεις εργαστηριακού μέρους:

[http://islab.teipir.gr/web/Donwloads/Simeiwseis/mxtr\\_lab.pdf](http://islab.teipir.gr/web/Donwloads/Simeiwseis/mxtr_lab.pdf)

Λογισμικό:

[http://islab.teipir.gr/web/mxtr\\_el\\_lab.htm](http://islab.teipir.gr/web/mxtr_el_lab.htm)

### Προτεινόμενα βιβλία

1. David M. Auslander / Carl J. Kempf, (Μετάφραση Επιμέλεια: Herbert Tanner)

Μηχανοτρονική – Προσαρμοστικά Μηχανικών Συστημάτων, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.

2. Dan Nesculescu, Μηχατρονική, Εκδόσεις Τζιόλα

3. Newton C. Braga (2001), Robotics, Mechatronics and Artificial Intelligence: Experimental Circuit Blocks for Designers, Newnes, 1<sup>st</sup> edition

4. W. Bolton, Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering, Addison Wesley Longman, Essex, England.