

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

1.1. Ορισμός

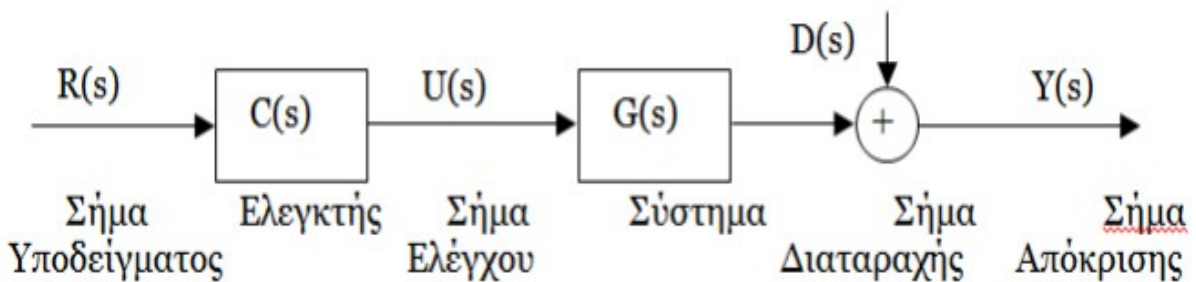
Προϋπόθεση για την ασφαλή λειτουργία μιας εγκατάστασης, είναι η ύπαρξη ενός κλειστού συστήματος που:

- θα μετρά τα δεδομένα λειτουργίας της
- θα μεταδίδει τα δεδομένα λειτουργίας
- θα συγκρίνει τα δεδομένα λειτουργίας με τα επιθυμητά
- θα ρυθμίζει τη λειτουργία της στις επιθυμητές τιμές.

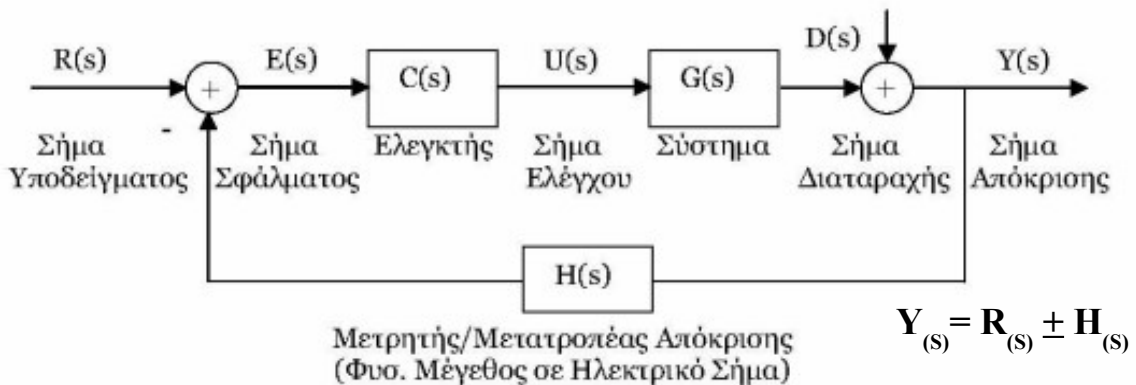
Αυτό το σύστημα ονομάζεται ΣΑΕ (Σύστημα Αυτομάτου Ελέγχου).

Υπάρχουν δύο κατηγορίες ΣΑΕ:

- **Ανοικτά** π.χ. χρονοδιακόπτης, φωτεινοί σηματοδότες κλπ
- **Κλειστά** π.χ. Διακόπτης με φωτοκύτταρο, θερμοστάτης κλπ



διάγραμμα λειτουργίας Ανοικτού ΣΑΕ



διάγραμμα λειτουργίας Κλειστού ΣΑΕ

1.2. Όργανα Μέτρησης

Τα όργανα μέτρησης είναι διάφοροι αισθητήρες που μετρούν τις διάφορες τιμές λειτουργίας μιας εγκατάστασης. Τα κυριότερα όργανα μέτρησης είναι:

- θερμομετρα

- πιεσόμετρα
- ταχύμετρα
- στροφόμετρα
- ηλεκτρικά όργανα (αμπερόμετρα, ωμόμετρα, βολτόμετρα)
- δυναμόμετρα, κλπ

1.3. Μεταδότες – Μετατροπείς

Η μέτρηση της τιμής μιας παραμέτρου μιας εγκατάστασης πρέπει να μετατραπεί σε σήμα, το οποίο στη συνέχεια πρέπει να μεταδοθεί στον ελεγκτή. Η μετατροπή και η μετάδοση αυτή πρέπει να γίνει χωρίς παραμόρφωση της μέτρησης, δηλαδή χωρίς σφάλμα. Για την αποφυγή αυτού του σφάλματος χρησιμοποιούνται οι μεταδότες που είναι συστήματα μεταβίβασης της μετρούμενης τιμής.

Συνήθως το μετρούμενο σήμα μετατρέπεται σε ηλεκτρικό ή πνευματικό σήμα. Οι συνηθέστεροι μεταδότες είναι:

- πνευματικό σε ηλεκτρικό
- μηχανικό σε πνευματικό
- μηχανικό σε ηλεκτρικό
- μηχανικό σε πνευματικό
- ηλεκτρικό σε πνευματικό

1.4. Ελεγκτές

Σκοπός των ελεγκτών στα ΣΑΕ είναι:

- αφενός η σύγκριση της μετρούμενης τιμής μιας ένδειξης με την επιθυμητή και
- αφετέρου ο υπολογισμός του απαιτούμενου διορθωτικού σήματος που θα μεταβιβαστεί στη συνέχεια στον επενεργητή ώστε η λειτουργία της εγκατάστασης να είναι στα επιτρεπόμενα όρια τιμών.

Ανάλογα με την λειτουργία τους υπάρχουν **πνευματικοί, υδραυλικοί και ηλεκτρικοί** ελεγκτές.

1.4.1. Είδη Ελεγκτών

α. Ελεγκτές δύο θέσεων:

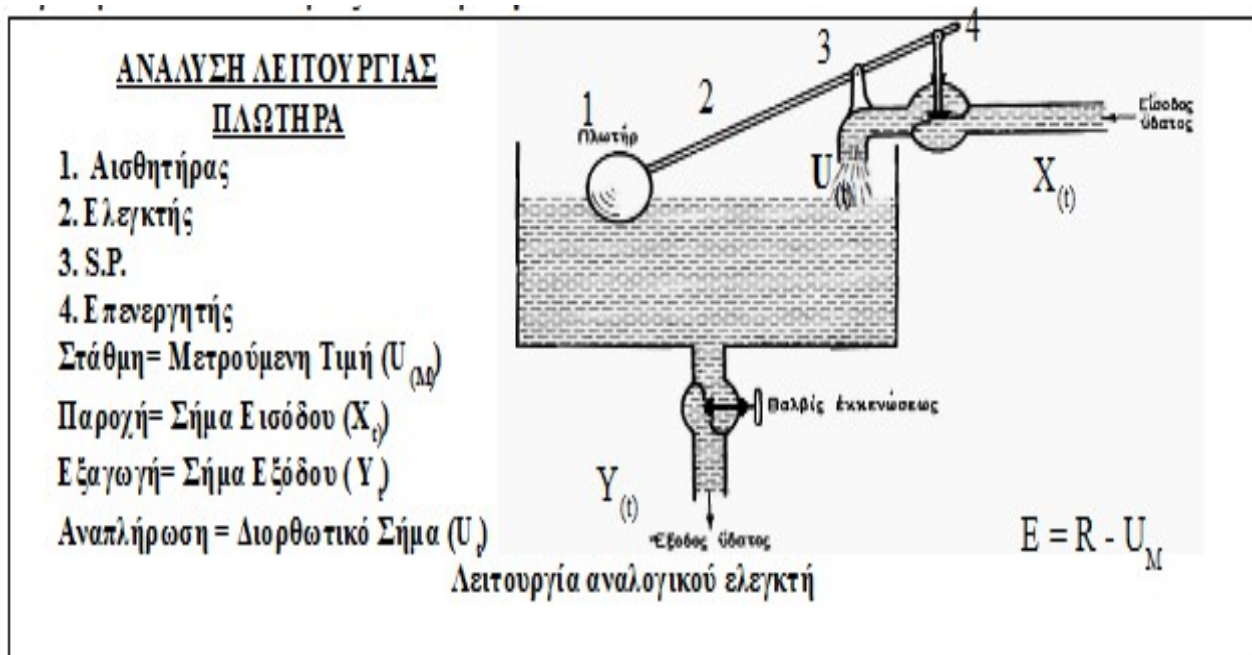
Στην ουσία πρόκειται για διακόπτες on – off, π.χ. ο θερμοστάτης. Οι ελεγκτές αυτοί χρησιμοποιούνται όταν η ταχύτητα αντίδρασης δεν είναι σημαντική όπως π.χ. ο έλεγχος του ηλεκτρικού θερμοσίφωνα.

β. Αναλογικοί Ελεγκτές:

Αυτοί δρουν στον επενεργητή, και διορθώνουν συνεχώς το σήμα στον επενεργητή, π.χ. το υδραυλικό φλοτέρ.

Το διορθωτικό σήμα είναι ανάλογο της μετρούμενης τιμής. Το διορθωτικό σήμα τους όμως είναι μεγάλης ακρίβειας.

Η διαφορά μεταξύ επιθυμητού σήματος R και μετρούμενου U_M ονομάζεται **σφάλμα (E)**. $E = R - U_m$

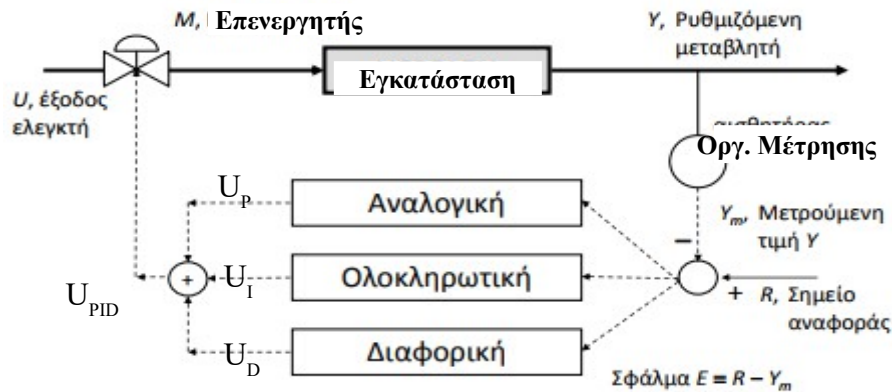


γ. Ελεγκτές P.I.D.

Είναι οι πιο σύγχρονοι ελεγκτές. Αυτοί το διορθωτικό σήμα που στέλνουν στον επενεργητή είναι μείγμα τριών σημάτων, του:

- **αναλογικού (P)**: το σήμα διόρθωσης είναι ανάλογο του σφάλματος.
- **ολοκληρωτικού (I)**: που το σήμα διόρθωσης είναι ανάλογο του γινομένου του σφάλματος επί του χρόνου ύπαρξης του σφάλματος.
- **Διαφορικού (D)**: που το διορθωτικό σήμα είναι ανάλογο της μεταβολής του σφάλματος στη μονάδα του χρόνου. Έτσι διορθωτικό σήμα δίνουν μόνο όταν υπάρχει μεταβολή του σφάλματος. Μειονέκτημα του όμως είναι ότι δεν ελέγχουν την επιθυμητή τιμή, αλλά μόνο την μεταβολή της. Μπορεί δηλαδή να μην έχουμε **μεταβολή του σφάλματος**, δε σημαίνει όμως ότι δεν έχουμε **σφάλμα**. Ο συνδυασμός όμως ενός **αναλογικού – διαφορικού** ελεγκτή έχει το πλεονέκτημα της αυξομείωσης του αναλογικού σήματος ανάλογα με την μεταβολή του σφάλματος.

Η λειτουργία του φαίνεται στο διάγραμμα:



Επιρροή των όρων P, I και D στην απόκριση του συστήματος

- Ο αναλογικός όρος P βοηθά στη βελτίωση της συμπεριφοράς του συστήματος τόσο στην μεταβατική όσο και στην μόνιμη κατάσταση, αλλά αδυνατεί να εξαλείψει πλήρως το μόνιμο σφάλμα. Δεν μπορεί να αντεπεξέλθει ικανοποιητικά σε όλους τους τύπους των συστημάτων και των εξωτερικών διαταραχών, γι' αυτό (όπου απαιτείται) συνδυάζεται μαζί με άλλους όρους.
- Ο ολοκληρωτικός όρος I χρησιμοποιείται σε συστήματα που παρουσιάζουν σφάλμα στη μόνιμη κατάσταση, αφού για όσο χρόνο υπάρχει σφάλμα, η έξοδος του ελεγκτή, λόγω του ολοκληρώματος αυξάνεται με αποτέλεσμα την εξάλειψη του σφάλματος, αλλά αυτό γίνεται σε βάρος της ταχύτητας απόκρισης και της ευστάθειας του συστήματος.
- Ο διαφορικός όρος D αυξάνει την ευστάθεια του συστήματος και βελτιώνει τη συμπεριφορά του κατά τη μεταβατική κατάσταση, αλλά λόγω της επιβολής στην πράξη περιορισμού της εξόδου του ελεγκτή δεν χρησιμοποιείται ποτέ από μόνος του.

$$U_P = K_P \cdot E$$

$$U_I = K_I \int_a^b E dt$$

$$U_{PID} = K_P \cdot E + K_I \int_a^b E dt + K_D \frac{dE}{dt}$$

$$U_D = K_D \frac{dE}{dt}$$

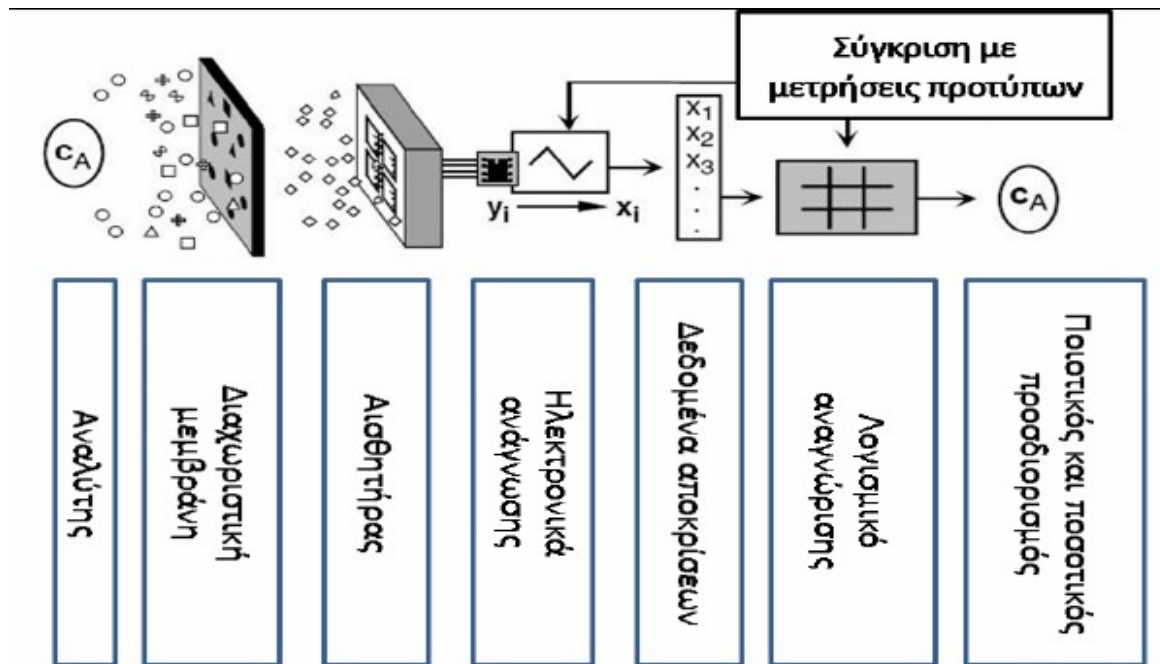
Γενικός Κανόνας Ρύθμισης P.I.D.

1. Βάζω την τιμή του S.P.
2. Βάζω **KP =1, KI=0, KD =0**
3. Θέτω σε λειτουργία την εγκατάσταση και καταγράφω την min και max τιμή λειτουργίας της.
4. Χρονομετρώ σε sec τον χρόνο t, μεταξύ της min και max τιμής.
5. Σταματώ την λειτουργία της εγκατάστασης
6. Βάζω **KP =2, KI=t/2 , KD =t/10**
7. Θέτω σε λειτουργία την εγκατάσταση και παρατηρώ τις min και max τιμές λειτουργίας της.
8. Αν χρειαστεί κάνω μικρορυθμίσεις στις **KP , KI, KD** .

1.5. Αισθητήρες

Αισθητήρας είναι η συσκευή που μετατρέπει ένα εξωτερικό ερέθισμα (σήμα εισόδου) σε κατάλληλα μετρήσιμο σήμα (σήμα εξόδου). ANSI. Έτσι στα ΣΑΕ, ο αισθητήρας είναι αυτός που θα “παρατηρεί” την διαμόρφωση της πίεσης ή της θερμοκρασίας, της ταχύτητας, της έντασης ή της τάσης, κλπ.

Η αρχή λειτουργίας των αισθητήρων βασίζεται στην μεταβολή κάποιας ιδιότητάς, από τον ρυθμό εξέλιξης του μετρούμενου φαινομένου:



Ένας αισθητήρας αποτελείται από:

- **Μεταλλάκτη:** μετατρέπει ένα μακροσκοπικό μέγεθος σε μετρήσιμο σήμα
- **Κύκλωμα οδήγησης:** μετατρέπει ηλεκτρονικά το σήμα του μεταλλάκτη σε τυποποιημένο σήμα.
- **Περίβλημα:** εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία του μεταλλάκτη από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος.

Κοινά χαρακτηριστικά των αισθητήρων είναι:

- η **γραμμικότητα**, δηλαδή η μεταβολή της ιδιότητάς τους είναι ανάλογη του ρυθμού εξέλιξης του φαινομένου
- η **ευαισθησία** δηλαδή να μπορεί να “αισθάνεται” εξαιρετικά μικρές μεταβολές
- η **διακριτότητα**, δηλαδή η μεταβολή της ιδιότητάς του να μην επηρεάζεται από άλλα φαινόμενα (π.χ να μεταβάλετε από την πίεση και όχι και από την θερμοκρασία).
- η **ακρίβεια** είναι το μέγεθος του σφάλματος που περιέχει το σήμα εξόδου.
- το **εύρος τιμών εισόδου – εξόδου:** αφορά τα όρια λειτουργίας του αισθητήρα.

Οι πιο συνηθισμένοι αισθητήρες είναι:

(https://grobotronics.com/robotics/aisthitires/?features_hash=)

1.5.1. Θερμοκρασίας

Η λειτουργία τους στηρίζεται στις επιδράσεις που προξενεί στην ύλη η μεταβολή της θερμοκρασίας. Αυτές είναι:

- η γραμμική διαστολή στα υγρά
- η γραμμική διαστολή στα στερεά

1.5.2. Οπτικοί

Η λειτουργία τους στηρίζεται στις μεταβολές που προξενεί στην ύλη, η μεταβολή της φωτεινής έντασης και στηρίζονται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Οι κυριότεροι οπτικοί αισθητήρες είναι:

- **φωτοαντίσταση (LDR):** η λειτουργία της στηρίζεται στην μεταβολή της ηλεκτρικής αντίστασης R ενός αγωγού, σε σχέση με την φωτεινότητα L που δέχεται, δηλαδή ισχύει: $f_{(R)} = f_{(L)}$
- **φωτοδιόδος :** η λειτουργία τους στηρίζεται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Έτσι η φωτεινότητα L που δέχεται ένας αγωγός, παράγει ηλεκτρική τάση U στα άκρα του, ανάλογη με την φωτεινότητα, δηλαδή $f_{(U)} = f_{(L)}$.
- **φωτοτρίοδος ή φωτοτρανζίστορ:** η λειτουργία της είναι ίδια με της φωτοδιόδου, απλά εδώ έχομαι και ενίσχυση της παραγόμενης τάσης.



φωτοαντίσταση



φωτοδιόδος



φωτοτρίοδος (φωτοτρανζίστορ)

1.5.3. Πίεσης – Δύναμης (Βάρους)

Η λειτουργία τους στηρίζεται στις μεταβολές που προξενεί στην ύλη, η μεταβολή της πίεσης ή του βάρους, που μπορεί να είναι μηχανικές π.χ. παραμόρφωση ή ηλεκτρικές. Έτσι έχουμε:

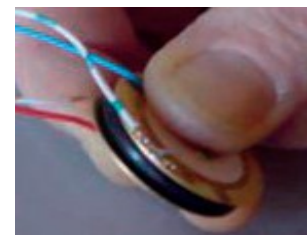
- **πνευματικούς:** η μεταβολή της πίεσης προξενεί μεταβολή στον όγκο της θαλάμης του αισθητήρα
- **χωρητικούς:** η μεταβολή της πίεσης προξενεί μεταβολή στην χωρητικότητα στον πυκνωτή του αισθητήρα
- **πιεζοαντίστασης:** η μεταβολή της πίεσης προξενεί μεταβολή στην ηλεκτρική αντίσταση του αισθητήρα π.χ. ροοστάτης ή ελασματοειδείς
- **πιεζοηλεκτρικούς:** η μεταβολή της πίεσης στον κρύσταλλο του αισθητήρα δημιουργεί ηλεκτρική τάση ανάλογη της πίεσης



χωρητικός



ελασματοειδής
(η κάμψη του ελάσματος μεταβάλλει το μήκος της ηλεκτρικής αντίστασης)



πιεζοηλεκτρικός

1.5.4. Κίνησης

Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να ανιχνεύσουν μια από τις παρακάτω παραμέτρους της κίνησης:

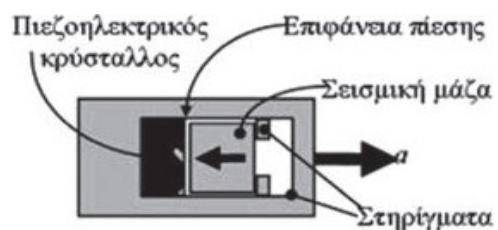
- Θέση
- Προσέγγιση
- Μετατόπιση (ευθύγραμμη ή περιστροφική)
- Ταχύτητα ή επιτάχυνση

Οι κυριότεροι αισθητήρες αυτής της κατηγορίας είναι:

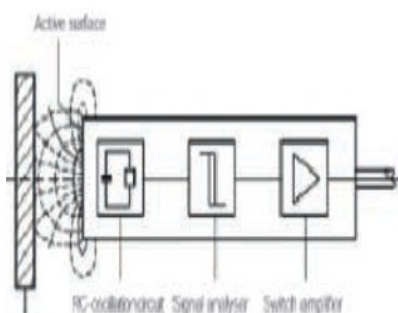
- **θέσης:** η μέτρηση γίνεται με ροοστάτες ή βηματικούς κινητήρες ή χωρικούς αισθητήρες.
- **προσέγγισης:** είναι μια απλούστερη μορφή της μέτρησης θέσης. Στην προσέγγιση το αποτέλεσμα της μέτρησης είναι απλά ΝΑΙ ή ΟΧΙ
- **μετατόπισης:** μετρούν την μεταβολή της ηλεκτρικής επαγωγικής τάσης, όταν μετατοπίζεται ο πηνίας του επαγωγικού πηνίου του αισθητήρα.
- **ταχύτητας:** η μέτρηση γίνεται με ραντάρ που εκπέμπουν ραδιοκύματα ή υπερήχους και η ανίχνευση γίνεται βάση του φαινομένου Doppler
- **επιτάχυνσης:** μετρούν την αντίδραση που προξενεί η δύναμη επιτάχυνσης. Η δύναμη αυτή προξενεί μια μεταβολή της αδράνειας σε μια μάζα m του αισθητήρα, στην σησμική μάζα όπως ονομάζεται.



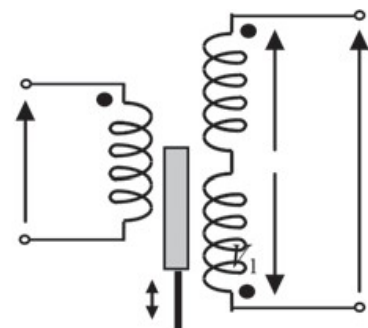
αισθητήρας υπερήχων



αισθητήρας επιτάχυνσης



αισθητήρας προσέγγισης

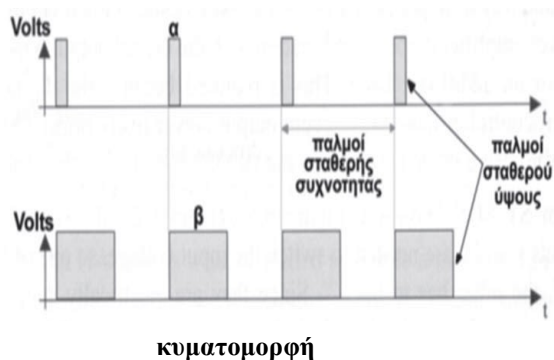


επαγωγικός αισθητήρας μετατόπισης

1.6. Επενεργητές

Ο ρόλος τους είναι να μεταβάλουν την λειτουργία της εγκατάστασης σύμφωνα με το διορθωτικό σήμα του ελεγκτή. Οι κυριότεροι τύποι επενεργητών είναι:

- **σερβοκινητήρες:** είναι ένας ηλεκτροκινητήρας που η τάση λειτουργίας τους δεν είναι σταθερή, αλλά παλμική. Έτσι η φορά αλλά και η ταχύτητα περιστροφής τους εξαρτάτε από την παλμική τάση τροφοδοσίας τους. Έτσι αν έχουμε δύο ίδιας συχνότητας και τάσης κυματομορφές χρονικής διάρκειας t_α και t_β αντίστοιχα και ισχύει $t_\beta = 5t_\alpha$, τότε για την γωνία μετατόπισης ισχύει: $\theta_\beta = 5\theta_\alpha$



Η κίνηση του ρότορα του σερβοκινητήρα, γίνεται από την παλμική τάση τροφοδοσίας σε ζεύγη ηλεκτρομαγνητών. Ανάλογα πόσης διάρκειας και σε ποιο ζεύγος οδηγηθεί η παλμική τάση, αντίστοιχη θα είναι και η κίνηση του ρότορα.

Τα πλεονέκτημα του σερβοκινητήρα είναι:

- δεν απαιτούνται φρένα για τον έλεγχο λειτουργίας τους
- αναπτύσσουν μεγάλη ροπή και ταχύτητα κατά την εκκίνηση τους.
- Δεν απαιτούν αισθητήρες για τον προσδιορισμό της θέσης τους
- μπορεί να περιστραφούν κατά πολύ μικρές γωνίες

Υπάρχουν σερβοκινητήρες περιστροφικής ή ευθύγραμμης κίνησης.

- **Πνευματικοί:** είναι συνήθως οι πνευματικοί κύλινδροι, που μέσω ενός πνευματικού κυκλώματος, επενεργούν και ελέγχουν μια διάταξη. Αναλυτικά θα παρουσιαστούν στο Στ εξάμηνο.
- **Υδραυλικοί:** είναι ίδιοι με τους πνευματικούς με τη διαφορά ότι το εργαζόμενο μέσο είναι υγρό (λάδι). Αναλυτικά θα παρουσιαστούν στο Στ εξάμηνο.