

Κατά την επιλογή ενός μετατροπέα, αν είναι γνωστό το φυσικό μέγεθος στην είσοδό του, ο τύπος του μπορεί να επιλεγεί ώστε να ταιριάζει καλύτερα σε ένα συγκεκριμένο σύστημα επεξεργασίας σήματος. Θεωρητικά, ένας μετατροπέας δεν πρέπει να έχει καμμία επίδραση πάνω στο μέγεθος που είναι να μετρήσει, μολονότι, για να μετρήσει, απαιτείται πάντα να απορροφήσει κάποιο ποσό ενέργειας (για παράδειγμα, για να μετρήσει ένα θερμομέτρο τη θερμοκρασία ενός σώματος πρέπει απορροφήσει κάποιο μικρό ποσό θερμότητας από το σώμα).

Η συνάρτηση μεταφοράς (transfer function) του μετατροπέα πρέπει να είναι γνωστή, καθώς η τάση εξόδου του πρέπει να αντιστοιχεί όσο το δυνατόν περισσότερο στην πραγματική τιμή του φυσικού μεγέθους που μετρά. Στους μετατροπείς για τη μέτρηση, συνεπώς, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθες παράμετροι.

Κλίμακα Εισόδου (Range)

Είναι τα όρια της μεταβολής του φυσικού μεγέθους της εισόδου μέσα στα οποία το ηλεκτρικό σήμα εξόδου του μετατροπέα βρίσκεται στις προκαθορισμένες τιμές. Η κλίμακα εισόδου αντιπροσωπεύει τη μεγαλύτερη δυνατή τιμή της εισόδου που μπορεί να εφαρμοστεί στον μετατροπέα χωρίς να προκαλεί ένα απaráδεκτα μεγάλο σφάλμα. Συνηθέστερα αποκαλείται Εύρος (Span) και Πλήρης Κλίμακα Εισόδου (Input Full-Scale, FS)¹. Υπέρβαση της κλίμακας (overloading) μπορεί να επιτραπεί, αν η κλίμακα είναι επεκτάσιμη, αλλά, συνήθως, δεν ακολουθεί τον κανονικό νόμο του μετατροπέα. Σε πολλούς μετατροπείς προβλέπονται οριακοί διακόπτες για να αποτρέπουν την υπέρβαση της κλίμακας.

Ακρίβεια (Accuracy)

Η Ακρίβεια ή, το αντίθετό της, το Σφάλμα (Error) ενός μετατροπέα μετριέται σαν η μεγαλύτερη απόκλιση της τιμής που δίνει ο μετατροπέας από την ιδανική ή την πραγματική τιμή του μεγέθους που μετρά στην είσοδό του.

Για παράδειγμα, υποθέστε ότι ένας μετατροπέας γραμμικής μετατόπισης ιδανικά θα έπρεπε να βγάζει 1 mV τάση στην έξοδό του για κάθε 1 mm μετατόπιση. Όμως, υποθέστε ότι σε ένα πείραμα μια μετατόπιση των 10 mm έβγαλε μια έξοδο των 10.5 V. Με βάση την τάση εξόδου, υπολογίζουμε ότι η μετατόπιση είναι 10.5 mm, δηλαδή, 0.5 mm περισσότερη από την πραγματική. Αυτά τα έξτρα 0.5 mm είναι η εσφαλμένη απόκλιση στη μέτρηση, το σφάλμα. Λέμε ότι, στην κλίμακα των 10 mm, η απόλυτη ακρίβεια ή, αλλιώς, το απόλυτο σφάλμα του μετατροπέα είναι 0.5 mm. Σε σχετικές τιμές είναι $(0.5\text{mm}/10\text{mm}) \times 100\% = 5\%$.

Επαναληψιμότητα (Repeatability ή Reproducibility)

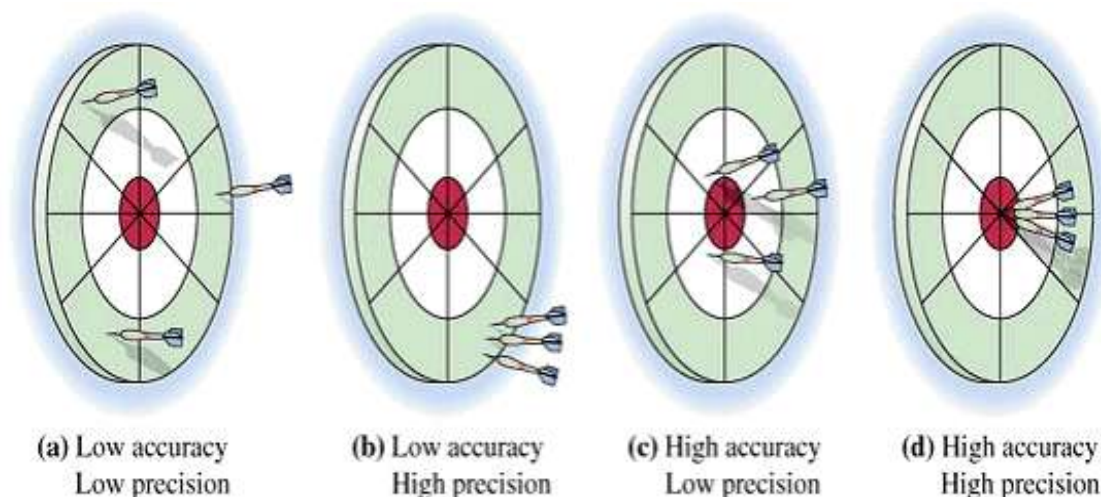
Εκφράζεται σαν η μέγιστη διαφορά μεταξύ των ενδείξεων εξόδου του μετατροπέα που δίνουν δύο ανεξάρτητες μετρήσεις του ίδιου μεγέθους. Το σφάλμα επαναληψιμότητας (repeatability error) προκαλείται από την αδυναμία του μετατροπέα να δείξει την ίδια τιμή κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

Συνήθως, παριστάνεται σαν % της FS:

$$\text{Σφάλμα Επαναληψιμότητας} = \frac{\Delta}{\text{FS}} \times 100\% ^1.$$

Η σχέση μεταξύ Ακρίβειας και Επαναληψιμότητας παριστάνεται καλύτερα σχηματικά με την παρακάτω Εικ. Α1. Στην εικόνα αυτή, η επαναληψιμότητα εκφράζεται με τον αγγλικό όρο precision.

¹ Βλ. "Handbook of Modern Sensor: Physics, Design, and Applications" by Jacob Fraden, 3rd ed., 2004 Springer, ISBN:0-387-00750-4.



Εικόνα Α1 Σχέση ακρίβειας και επαναληψιμότητας (από την ιστοσελίδα www.ni.com Measurement Fundamentals, Sampling Quality)

Ευαισθησία (Sensitivity)

Δίνεται με το πηλίκο της τάσης εξόδου του μετατροπέα προς τη μοναδιαία μεταβολή της ποσότητας εισόδου (π.χ., 1V ανά mm μετατόπισης). Εναλλακτικά, μπορεί να δίνεται σαν η ολική έξοδος για είσοδο εντός της συγκεκριμένης κλίμακας (π.χ., 0 – 10Volts).

Ανάλυση (Resolution)

Είναι η μικρότερη μεταβολή του μεγέθους στην είσοδο που μπορεί να ανιχνεύσει ο μετατροπέας, δηλαδή, η μικρότερη αλλαγή στην είσοδο που μπορεί να προκαλέσει μια μεταβολή στην έξοδο. Για παράδειγμα, η ανάλυση ενός ποτενσιομετρικού μετατροπέα περιορίζεται από το βήμα της περιέλιξης του σύρματός του (την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σπειρών). Άλλοι μετατροπείς μπορεί να έχουν απεριόριστη ανάλυση. Σ' αυτήν την περίπτωση, η ανάλυση καθορίζεται μόνον από το θόρυβο στα ηλεκτρικά ή μηχανικά συστήματα.

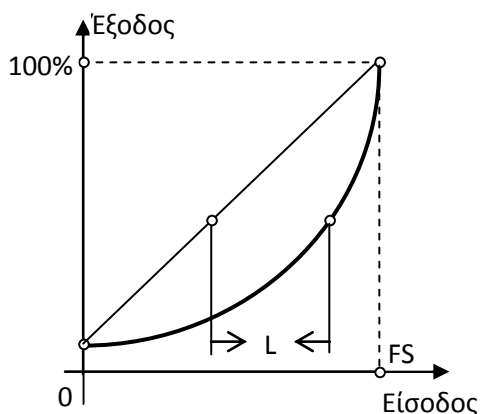
Ευαισθησία σε Περιβαλλοντικούς Παράγοντες (Sensitivity to Environmental Factors ή Cross Sensitivity)

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, στους οποίους υπόκειται ο μετατροπέας, δεν περιλαμβάνουν το μέγεθος (ή τα μεγέθη) που μετράει ο μετατροπέας. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας πίεσης αερίου, συνήθως, εκτίθεται όχι μόνον στην πίεση του αερίου αλλά και σε άλλους παράγοντες όπως η θερμοκρασία του αερίου και των γύρω πραγμάτων, η υγρασία, οι ταλαντώσεις, η ιονίζουσα ακτινοβολία, τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, οι βαρυτικές δυνάμεις, κ.τ.λ. Μερικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι, συνήθως, πολλαπλασιαστικής φύσης, δηλαδή, αλλάζουν την ευαισθησία του μετατροπέα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι οι μετρητές μηχανικής πίεσης των οποίων η ευαισθησία αυξάνει με τη θερμοκρασία.

Οι περιβαλλοντική σταθερότητα είναι πολύ σημαντική απαίτηση. Τόσο οι σχεδιαστές των μετατροπέων όσο και οι μηχανικοί, που τους εφαρμόζουν, πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους όλους τους δυνατούς εξωτερικούς παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση των μετατροπέων. Ένας καλός μετατροπέας θα πρέπει να έχει την ελάχιστη δυνατή απόκριση στους περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Μη-Γραμμικότητα (Nonlinearity)

Η γραφική παράσταση της ηλεκτρικής εξόδου ως προς το φυσικό μέγεθος της εισόδου μπορεί να αποκλίνει από την ευθεία γραμμή σε όλη την κλίμακα εισόδου (FS) (Εικ. Α2). Η απόκλιση αυτή, δηλαδή, η μη γραμμικότητα, μπορεί να εκφραστεί σαν ένα ποσοστό επί τοις εκατό της πλήρους κλίμακας εξόδου (FS) ή με την απόκλιση (L) από την βέλτιστη ευθεία γραμμή που περνάει από το μηδέν και την πλήρη κλίμακα. Υπάρχει περίπτωση το σφάλμα αυτό να είναι μηδενικό και, τότε, λέμε ότι ο μετατροπέας είναι γραμμικός.



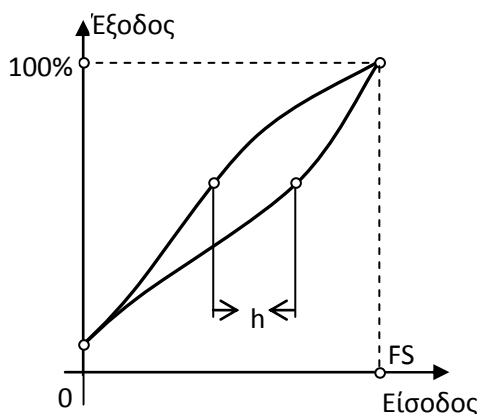
Εικόνα Α2 Γραμμική προσέγγιση μιας μη-γραμμικής γραφικής παράστασης εισόδου-εξόδου ενός μετατροπέα.

Όπως εξηγείται στις εργασίες αυτής της σειράς, το σφάλμα από τη μη-γραμμικότητα μπορεί να μην αποτελέσει σοβαρό πρόβλημα αν φτιάξουμε έναν πίνακα βαθμονόμησης, δηλαδή, έναν πίνακα στον οποίον να καταγράψουμε την τάση εξόδου του μετατροπέα για κάθε τιμή του φυσικού μεγέθους στην είσοδό του σε όλη την κλίμακα εισόδου.

Εκτός από τον παραπάνω, υπάρχουν διάφοροι άλλοι τρόποι ορισμού της γραμμικότητας¹.

Υστέρηση (Hysteresis)

Το σφάλμα υστέρησης είναι η απόκλιση της εξόδου ενός μετατροπέα σε ένα συγκεκριμένο σημείο του σήματος εισόδου όταν αυτό προσεγγίζεται από τις δύο αντίθετες κατευθύνσεις, από μεγαλύτερες τιμές και από μικρότερες τιμές (βλ. Εικ. Α3).



Εικόνα Α3 Σφάλμα υστέρησης.

Για παράδειγμα, ένας μετατροπέας μετατόπισης, όταν μετακινείται από αριστερά προς τα δεξιά, βγάζει μια τάση εξόδου σε κάποιο σημείο η οποία διαφέρει κατά 20 mV από όταν μετακινείται από δεξιά προς τα

αριστερά. Αν η ευαισθησία του μετατροπέα είναι 10 mV/mm , το σφάλμα υστέρησης σε τιμές μετατόπισης είναι $h = 2 \text{ mm}$.

Συνηθεις αιτίες υστέρησης είναι η τριβή και οι δομικές αλλοιώσεις των υλικών.

Απόκριση Συχνότητας (Frequency Response)

Αν ένας μετατροπέας πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για να μετρήσει κινούμενα αντικείμενα, τότε, μια καλή απόκριση συχνότητας του μετατροπέα εγγυάται ότι η ηλεκτρική του έξοδος θα ακολουθεί πιστά αυτές τις κινήσεις. Πάνω από μια ορισμένη συχνότητα, η απόκριση του μετατροπέα μειώνεται.

Ιδιοσυχνότητα και Απόσβεση (Natural Frequency and Damping)

Ένα σύστημα χωρίς απόσβεση θα ταλαντώνεται στη φυσική του συχνότητα (ιδιοσυχνότητα) μετά από κάποια εξωτερική επίδραση. Έτσι, πάντα προβλέπεται απόσβεση για να μειώνεται το πλάτος των ταλαντώσεων (διακυμάνσεων) στην έξοδο ενός μετατροπέα που μπορούν να ακολουθούν μια μεταβολή στην είσοδό του.

Ηλεκτρικά και Μηχανικά Χαρακτηριστικά (Electrical and Mechanical Characteristics)

Σημαντικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά είναι, π.χ., η σύνθετη αντίσταση (impedance), η μόνωση (insulation), η ωμική αντίσταση (resistance). Μηχανικά, οι μετατροπείς μπορεί να πρέπει να είναι χαμηλού βάρους, ορισμένου μεγέθους ή να διαθέτουν ανοξείδωτο περίβλημα.

Εμπορικά Χαρακτηριστικά (Commercial Characteristics)

Είναι ανώφελο να προδιαγράψουμε έναν ορισμένο τρόπο κατασκευής μετατροπέα για ένα σχέδιο άμεσης υλοποίησης, αν δεν μπορεί να είναι διαθέσιμος για κάποιο διάστημα. Επίσης, η τιμή ενός μετατροπέα είναι σημαντικός παράγων.

Συμπεράσματα

Η επιλογή του τύπου του μετατροπέα για μια συγκεκριμένη εφαρμογή προσδιορίζεται από έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω παράγοντες:

- Οι ηλεκτρικές απαιτήσεις του συστήματος επεξεργασίας του σήματος του μετατροπέα.
- Το περιβάλλον στο οποίο θα λειτουργήσει ο μετατροπέας.
- Η απαιτούμενη ακρίβεια.
- Η συντήρησή του.
- Η τιμή και η διαθεσιμότητά του.