

ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Ν.Α. Τσοχατζίδης

Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ) ΑΕ., Μετρητικός Σταθμός Συνόρων, 62300 Σιδηρόκαστρο

Χ.Ε. Παπαδόπουλος, Ν. Νικολάου

Τμήμα Τεχνολογίας Πετρελαίου, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, ΤΕΙ Καβάλας, 65404 Καβάλα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με στόχο την ακριβή μέτρηση της παροχής Φυσικού Αερίου, στην εργασία παρουσιάζονται τα τυπικά όρια αβεβαιότητας μετρήσεων, οι τρόποι και η περιοδικότητα των διακριβώσεων των μετρητών Φ.Α. Τονίζεται η σπουδαιότητα της διακριβώσης και η σημασία προσδιορισμού της περιοδικότητας των διακριβώσεων στη διασφάλιση ποιότητας των μετρήσεων Φ.Α. Παρουσιάζονται στοιχεία ιχνηλασιμότητας των διακριβώσεων σε διεθνές επίπεδο. Περιγράφονται οι γενικές αρχές και τα πρότυπα διασφάλισης ποιότητας των μετρήσεων Φ.Α.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ακριβής μέτρηση του Φυσικού Αερίου αποκτά ιδιαίτερη σημασία λόγω της σταδιακής απελευθέρωσης των αγορών ενέργειας και των προσπαθειών για βέλτιστη διαχείριση της ενέργειας. Η ολοένα και πιο ανταγωνιστική αγορά, οδηγεί στην ανάγκη για αξιόπιστες ηλεκτρονικές μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο και γενικότερα πιο ακριβείς πληροφορίες από τα σημεία μέτρησης Φ.Α. Η ποιότητα και ποσότητα της πληροφορίας που προσφέρουν οι μετρήσεις είναι καθοριστικής σημασίας στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

Ως *Διακρίβωση* (calibration) νοείται η σύγκριση μεταξύ δύο οργάνων (ή συσκευών) μέτρησης, από τα οποία το ένα είναι εθνικό πρότυπο, ή πρότυπο γνωστής ακρίβειας, η οποία έχει μεταφερθεί σε αυτό από τα εθνικά πρότυπα. Με τη σύγκριση αυτή βαθμονομείται το υπό έλεγχο όργανο και διαπιστώνεται, επαληθεύεται, ή επαναφέρεται με ρύθμιση η ακρίβεια του [1].

Ο όρος *Διασφάλιση Ποιότητας* περιλαμβάνει όλες τις προγραμματισμένες και συστηματικές ενέργειες που εντάσσονται σε ένα Σύστημα Ποιότητας και στοχεύουν στο να προσδώσουν τον απαραίτητο βαθμό εμπιστοσύνης στο ότι οι μετρήσεις θα εκπληρώσουν τις προδιαγραφόμενες απαιτήσεις ποιότητας. Ειδικά για τις μετρήσεις κοστολόγησης Φ.Α. (fiscal metering), που αποτελούν την πλειονότητα των μετρήσεων Φ.Α., η ακρίβεια, ή αντίστοιχα η αβεβαιότητα μέτρησης ως ποσοτικός δείκτης, αποτελεί, μαζί με τη διαθεσιμότητα (reliability), τη σημαντικότερη προδιαγραφόμενη απαίτηση ποιότητας.

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ

Στον Πίνακα 1 δίνονται τυπικά όρια αβεβαιότητας μετρήσεων των συνηθέστερων τύπων μετρητών Φ.Α. Οι αναφερόμενοι τύποι μετρητών παρουσιάζονται σε παλαιότερη εργασία [2]. Τα αποτελέσματα μιας μέτρησης και ο υπολογισμός της αβεβαιότητας έχουν ουσιαστική και

πρακτική σημασία μόνο όταν εξασφαλίζεται με αδιάσπαστο και ιεραρχικό τρόπο ο συσχετισμός των μετρήσεων με εθνικά πρότυπα, ή με αποδεκτό μετρικό σύστημα. Η διαδικασία αυτή συσχετισμού της ακρίβειας των μετρήσεων ονομάζεται ιχνηλασιμότητα (traceability).

Πίνακας 1. Τυπικά όρια αβεβαιότητας μετρήσεων διαφόρων μετρητών παροχής Φυσικού Αερίου.

Τύπος Μετρητή	Αβεβαιότητα Μέτρησης (%)
Διαφράγματος (Orifice)	0.5 - 0.8 της URV
Θετικού Εκτοπίσματος (Positive Displacement)	0.1 – 3 της URV
Τουρμπίνας (Turbine)	0.5 της μέτρησης
Δίνης (Vortex)	0.5 - 1.5 της μέτρησης
Υπερήχων (Ultrasonic)	0.3 - 1 της μέτρησης

URV: *Upper Range Value, Ανώτατη τιμή της κλίμακας λειτουργίας*

Η μέτρηση παροχής Φ.Α. δεν είναι μια απλή μέτρηση γιατί απαιτείται συνδυασμός πολλών επιμέρους μετρήσεων (πίεση, θερμοκρασία κτλ.). Συνακόλουθα, απαιτούνται ποικίλες διακριβώσεις, καθώς και η εξασφάλιση ποικίλων συσχετισμών ακρίβειας μέσω διαφορετικών προτύπων. Συνεπώς η απουσία απλού πρωτεύοντος προτύπου παροχής (primary standard) δημιουργεί δυσκολίες διακριβωσης των μετρητών παροχής [2].

Σήμερα λειτουργούν στην Ευρώπη αρκετά εθνικά εργαστήρια διακριβώσεων μετρητών παροχής Φ.Α. αν και δεν διαθέτουν όλα τον απαραίτητο εξοπλισμό διακριβωσης, ειδικά για μεγάλους μετρητές σε υψηλές πιέσεις λειτουργίας (>50 bar). Στο Πίνακα 2 παραθέτονται τα σημαντικότερα από τα εργαστήρια αυτά. Για να εξασφαλίσουν την αξιοπιστία των διακριβώσεων που εκτελούν, τα εθνικά εργαστήρια συμμετέχουν σε ευρύτερα προγράμματα διασφάλισης ποιότητας (MAP – Measurement Assurance Programs) που περιλαμβάνουν διεθνείς συγκρίσεις προτύπων μετρητών. Από τα αποτελέσματα των συγκρίσεων αυτών προσδιορίζεται ένα όριο στην αξιοπιστία των μετρητών παροχής Φ.Α. Τονίζεται ιδιαίτερα η χρησιμότητα αυτών των ευρύτερων προγραμμάτων διασφάλισης ποιότητας που, σε συνδυασμό με τη συσχέτιση ακρίβειας μετρήσεων που αναφέρθηκε παραπάνω, θέτουν τις βάσεις για το διεθνές εμπόριο Φ.Α., αλλά και των ρευστών γενικότερα. Χωρίς την ύπαρξη αυτών των συγκρίσεων, ή γενικότερα πρωτευόντων προτύπων, τα αποτελέσματα των μετρήσεων δεν θα ήταν τίποτε περισσότερο από απλές επαναλαμβανόμενες και απροσδιόριστες μεταβολές κάποιων τιμών.

ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΗΣ ΜΕΤΡΗΤΩΝ Φ.Α.

Οι τρόποι διακριβωσης των μετρητών Φ.Α. ποικίλουν ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο του μετρητή. Έτσι διακρίνονται:

ι. Οι διακριβώσεις που γίνονται στον τόπο λειτουργίας του μετρητή και σε πραγματικές συνθήκες (in situ calibrations). Αυτές απαιτούν τη μεταφορά στον τόπο λειτουργίας του προς διακριβωση μετρητή ενός ή περισσότερων δευτερευόντων πρότυπων (μετρητές αναφοράς) με εξασφαλισμένη συσχέτιση ακρίβειας από κάποιο διεθνές εργαστήριο. Οι μετρητές αναφοράς

μπορεί να είναι μόνιμα εγκαταστημένοι στον τόπο μέτρησης και να λειτουργούν εν σειρά με τους προς διακρίβωση μετρητές.

ii. Οι διακριβώσεις που γίνονται σε κάποιο από τα εθνικά εργαστήρια, όπως αυτά του Πίνακα 2. Στην περίπτωση αυτή, οι προς διακρίβωση μετρητές μεταφέρονται στις μόνιμες εγκαταστάσεις των εργαστηρίων, όπου πραγματοποιείται η διακρίβωση σε συνθήκες κατά το δυνατό παρόμοιες με τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας.

iii. Ιδιαιτερότητα παρουσιάζουν οι μετρητές που χρησιμοποιούν τη διαφορική πίεση για τη μέτρηση της παροχής Φ.Α. εισάγοντας κάποια μεταβολή στην επιφάνεια της ροής, όπως οι μετρητές διαφράγματος (orifice), ακροφύσια (nozzles), Venturi κτλ. Πολύχρονες διακριβώσεις των μετρητών αυτών σε ποικίλες συνθήκες λειτουργίας οδήγησαν στη δημιουργία μεγάλων βάσεων δεδομένων, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη εμπειρικών εξισώσεων διορθωτικών συντελεστών παροχής (discharge coefficients). Έτσι υπολογίζεται ο συντελεστής παροχής από απλές διαστατικές μετρήσεις του κάθε μετρητή, μέσα σε κάποια αποδεκτά όρια αβεβαιότητας [3].

Πίνακας 2. Ευρωπαϊκά εργαστήρια διακριβώσεων μετρητών Φυσικού Αερίου.

SP	Swedish National Testing and Research Institute	Σουηδία
EAM	Eidgenossisches Amt für Messwesen	Ελβετία
IGM	Inspection Generale de la Metrologie	Γαλλία
PTB	Physikalisch – Technische Bundesanstalt	Γερμανία
NEL	National Engineering Laboratory	Μεγ. Βρετανία
NMi	Nederlands Meetinstituut	Ολλανδία
Force	Force Institutterne Dantest	Δανία
BEV	Bundesamt für Eich – und Vermessungswesen	Αυστρία

Οι διακριβώσεις που πραγματοποιούνται με τον πρώτο τρόπο, προσφέρουν σοβαρά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μεθόδων. Το κυριότερο πλεονέκτημα είναι, ότι οι διακριβώσεις γίνονται σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του μετρητή και έτσι λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη σωστή λειτουργία του. Τονίζεται ότι είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται μετρητές αναφοράς με διαφορετική αρχή λειτουργίας από τον προς διακρίβωση μετρητή έτσι ώστε να αποφεύγονται επιδράσεις από κοινούς παράγοντες που επιδρούν και τους δύο μετρητές. Τέτοιοι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν όχι μόνο τα αποτελέσματα των διακριβώσεων αλλά και τη λειτουργία των μετρητών, αυξάνοντας (ή μειώνοντας) την αβεβαιότητα της μέτρησης. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για τη μέτρηση της παροχής απαιτείται συνδυασμός πολλών μετρήσεων, με συνέπεια οι αλληλεπιδράσεις τέτοιων παραγόντων να είναι εξαιρετικά δύσκολο να αναλυθούν με χρήση συμβατικών μεθόδων αναλύσεων ευαισθησίας, ιδιαίτερα για σύνθετα μετρητικά συστήματα [4].

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΑΚΡΙΒΩΣΕΩΝ

Ο προγραμματισμός των διακριβώσεων αποτελεί σημαντικό μέρος της διασφάλισης ποιότητας των μετρήσεων [5]. Οι διακριβώσεις των μετρητικών συστημάτων Φ.Α., γίνονται συνήθως σύμφωνα με κάποιο πρόγραμμα, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, τα οποία ποικίλουν ανάλογα με τον μετρητή. Τα τελευταία χρόνια ένα από τα ζητούμενα της εφαρμοσμένης ερευνάς στον

χώρο της Μετρολογίας είναι η βελτιστοποίηση των χρονικών διαστημάτων επαναδιακρίβωσης των μετρητικών συστημάτων [6]. Μια τέτοια βελτιστοποίηση είναι απαραίτητη για οικονομικούς κυρίως λόγους. Δύο από τους παράγοντες που επηρεάζουν το συνολικό κόστος ζωής ενός μετρητικού συστήματος είναι το κόστος προληπτικής συντήρησης και το κόστος των σφαλμάτων μέτρησης. Το κόστος προληπτικής συντήρησης σχετίζεται κυρίως με τις διακρίβώσεις. Το συνολικό κόστος των διακρίβώσεων μπορεί να υπολογιστεί από μία εξίσωση της μορφής

$$LCCC = (C_M + C_C T_C) n T \quad (1)$$

όπου

LCCC	Life Cycle Calibration Cost – Συνολικό κόστος διακρίβωσης
C_M	Μέσο κόστος χρησιμοποιούμενων υλικών ανά διακρίβωση
C_C	Κόστος διακρίβωσης ανά ώρα
T_C	Μέσος χρόνος διακρίβωσης σε ώρες
n	Αριθμός διακρίβωσης ανά έτος
T	Συνολικός χρόνος λειτουργίας (ζωής) του μετρητικού συστήματος σε έτη

Από την Εξίσωση 1 γίνεται φανερό ότι οι μη απαραίτητες διακρίβώσεις αυξάνουν το συνολικό κόστος προληπτικής συντήρησης, ενώ ταυτόχρονα ενδέχεται να μειώσουν τον προσδοκώμενο χρόνο ζωής του μετρητή λόγω της αυξανόμενης καταπόνησης και φθοράς του οργάνου. Αντίθετα οι μη απαραίτητες διακρίβώσεις ενδέχεται να μειώσουν το κόστος των σφαλμάτων μέτρησης, αφού μειώνουν την επίδραση συστηματικών μετατοπίσεων της μέτρησης ή άλλων δυσλειτουργιών των μετρητών, που μπορεί να συμβούν στα χρονικά διαστήματα μεταξύ των διακρίβώσεων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διασφάλιση ποιότητας των μετρήσεων παροχής Φ.Α. προϋποθέτει τη γνώση των χαρακτηριστικών και της αβεβαιότητας μετρήσεων του κάθε τύπου μετρητικού συστήματος, τον προγραμματισμό των διακρίβώσεων και την ύπαρξη συστήματος συγκρίσεων και συσχετισμού των μετρήσεων. Προσοχή απαιτείται στην επιλογή του τρόπου διακρίβωσης. Η βελτιστοποίηση των χρονικών διαστημάτων επαναδιακρίβωσης των μετρητών Φ.Α. επιβάλλεται για οικονομικούς λόγους και αποτελεί αντικείμενο της εφαρμοσμένης έρευνας στον χώρο της Μετρολογίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ν 2231 / 1994 - ΦΕΚ 139 / 31.10.1994
- [2] Παπαδόπουλος Χ.Ε. και Τσοχατζίδης Ν.Α., *Πρακτικά 2^{ου} Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου Χημ. Μηχανικής*, Θεσσαλονίκη (1999), σελ. 1001-1004.
- [3] Miller R.W., *Flow Measurement Engineering Handbook*, 3rd ed. Mc-Graw Hill, New York (1996).
- [4] Papadopoulos Ch.E., *Uncertainty analysis in the management of gas metering systems*, PhD Thesis, Cranfield University, U.K. (2000).
- [5] ISO Standard 10012-1, *Quality assurance requirements for measuring equipment* (1992).
- [6] Bobbio A., Tavella P., Montefusco A. and Costamagna S., *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* **46**: 747 (1997).