



ΣΥΝΕΧΗΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ

9ο Εθνικό Συνέδριο ΜΚΕ της Ελληνικής Εταιρείας Μη Καταστροφικών Ελέγχων

Αθήνα, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, 11 Νοεμβρίου 2016

Δρ. Αθανάσιος Αναστασόπουλος, Δημήτριος Κουρούσης, Δημήτριος Παπασαλούρος, Ιωάννης Λάδης

Mistras Group Hellas A.B.E.E., Ελευθερίου Βενιζέλου 7 & Δελφών, 14452 Μεταμόρφωση, Αθήνα
e-mail: info@mistrasgroup.gr, Τηλ.: 210-2846801, Fax: 210-2846805, www.mistrasgroup.gr

Περίληψη

Με τη γήρανση των υποδομών που έχει επέλθει το τελευταίο αιώνα, υπάρχουν περιπτώσεις που η κατάσταση του βιομηχανικού εξοπλισμού και των κατασκευών παρουσιάζει ανησυχητική επιδείνωση και επικινδυνότητα κατά τη λειτουργία τους. Από την άλλη πλευρά, η αντικατάστασή τους κρίνεται ασύμφορη και αποφεύγεται, ως συνέπεια του γενικού οικονομικού περιβάλλοντος. Έτσι, βασικό ζητούμενο, πλέον, είναι η παράταση ασφαλούς λειτουργίας τους χωρίς σημαντική αύξηση του κόστους ελέγχου όπως απαιτείται για την επιθεώρησή τους με την εφαρμογή των παραδοσιακών περιοδικών τεχνικών ελέγχου.

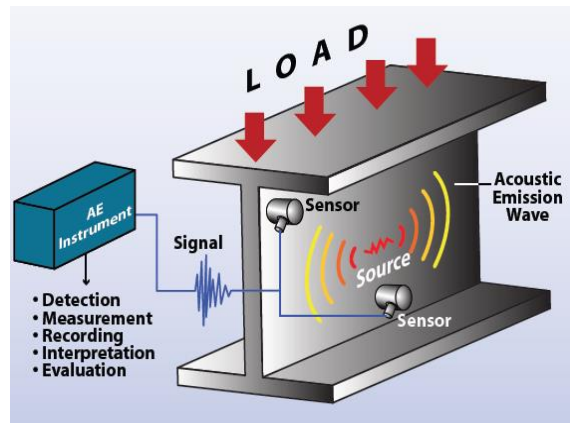
Η Ακουστική Εκπομπή (ΑΕ) είναι μέθοδος Μη Καταστροφικών Ελέγχων (NDT) και χρησιμοποιείται διεθνώς για την επιθεώρηση μεγάλων κατασκευών ή/και εξοπλισμού. Ωστόσο, η ΑΕ δεν εφαρμόζεται μόνο ως μια εξαιρετική τεχνική για περιοδικούς ελέγχους, αλλά η ίδια η φύση της μεθόδου την καθιστά αποτελεσματικό εργαλείο για τη συνεχή παρακολούθηση δομών με πρωταρχικό στόχο την ενίσχυση της ασφάλειας της σχετικής διαδικασίας και τη μείωση κόστους, κατευθύνοντας τις όποιες επεμβάσεις εκεί που πραγματικά χρειάζονται.

Προηγμένα συστήματα ΑΕ τελευταίας τεχνολογίας, όπως το Sensor Highway II™ σχεδιάστηκαν για την από απόσταση συνεχή παρακολούθηση της δομικής ακεραιότητας κρίσιμων κατασκευών. Σχεδιασμένο για χρήση σε εξωτερικές συνθήκες, το πολυκάναλο Σύστημα Ακουστικής Εκπομπής, Sensor Highway II™, αποτελεί την ιδανική λύση για την αύξηση της ασφάλειας, την αποτροπή καταστροφικών αστοχιών, τη μείωση κόστους συντήρησης, την ελάττωση των δαπανηρών επισκευών και άλλων προβλημάτων που προκύπτουν κατά την διαδικασία εξασφάλισης της δομικής ακεραιότητας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ακουστική Εκπομπή (ΑΕ), ως μέθοδος Μη-Καταστροφικού Ελέγχου (ΜΚΕ), βασίζεται στη μετατροπή των ελαστικών κυμάτων σε ηλεκτρικά σήματα με τη χρήση κατάλληλων αισθητήρων. Υλικά και κατασκευές απελευθερώνουν ενέργεια με τη μορφή ελαστικών κυμάτων ως αποτέλεσμα ξαφνικών μικροδομικών μετακινήσεων ή αλλαγών. Τα ελαστικά κύματα διαδίδονται στην κατασκευή (συνήθως ως plate waves) και ανιχνεύονται στην επιφάνεια με τη χρήση κατάλληλων πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων. Αυτοί οι κρύσταλλοι/αισθητήρες μετατρέπουν τα ελαστικά κύματα σε ηλεκτρικά σήματα, τα οποία στη συνέχεια αναλύονται με ειδικά σχεδιασμένα συστήματα. Το ευθέως ανάλογο της Ακουστικής Εκπομπής στη γεωλογία είναι η καταγραφή σεισμών και ως εκ τούτου αρχικά η ΑΕ αναφερόταν και ως μικρό σεισμική δραστηριότητα (ASTM)

Η συνεχής παρακολούθηση των δομών με τη μέθοδο της Ακουστικής Εκπομπής επιτρέπει στους υπευθύνους των βιομηχανιών να εντοπίζουν αστοχίες σε πρώιμο στάδιο και να ανιχνεύουν την εξέλιξη ατελειών. Με την έγκαιρη προειδοποίηση ενός εξελισσόμενου προβλήματος οι υπεύθυνοι εξασφαλίζουν χρόνο ικανό για τον προγραμματισμό και την εφαρμογή του σχετικού πλάνου αποκατάστασης.



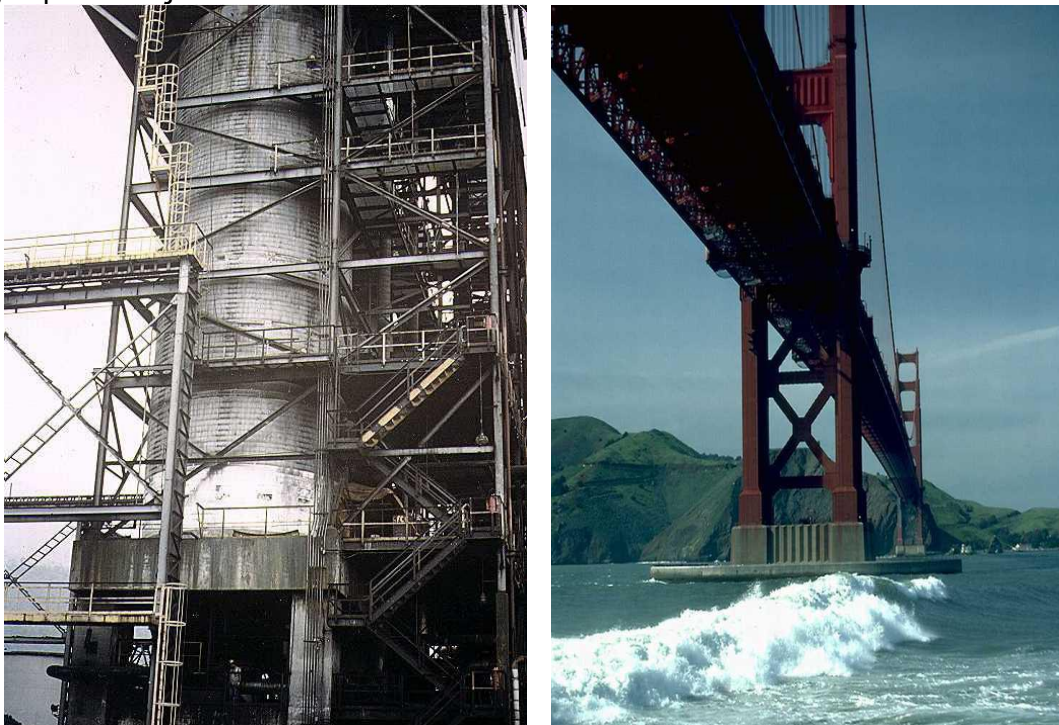
Εικόνα 1: Σχηματική Απεικόνιση ΑΕ

2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΕ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

2.1 Εφαρμογή

Αρχικά, η συνεχής παρακολούθηση της δομικής ακεραιότητας με Ακουστική Εκπομπή έβρισκε εφαρμογή σε ελάχιστες, εξαιρετικά κρίσιμες κατασκευές, όπως σε αγωγούς υψηλής πίεσης και πιεστικά δοχεία διυλιστηρίων και σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το κόστος ήταν αρκετά υψηλό, λόγω της ανάγκης για εξειδικευμένο προσωπικό, γνώστες της μεθόδου, ενώ ταυτόχρονα η ανάλυση των δεδομένων ήταν δύσκολη και χρονοβόρα.

Ωστόσο, η εξέλιξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών και του λογισμικού, και οι υψηλές ταχύτητες σύνδεσης στο Διαδίκτυο, έκαναν την απόσταση παρακολούθηση πραγματικότητα. Ο εκάστοτε επιθεωρητής Ακουστικής Εκπομπής ή υπεύθυνος από πλευράς εγκατάστασης δύναται πλέον να διαχειρίζεται το σύστημα μόνιμης παρακολούθησης από απόσταση και να κάνει αναφορά των αποτελεσμάτων μέσω ιστοσελίδας ή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Αυτοματοποιημένη δημιουργία αναφορών κατάστασης της κατασκευής και του συστήματος (π.χ. ανά ημέρα, ή ανά εβδομάδα ή/και ανά μήνα παρακολούθησης) είναι επίσης εφικτή και εφαρμόζεται ήδη σε πολλές περιπτώσεις.

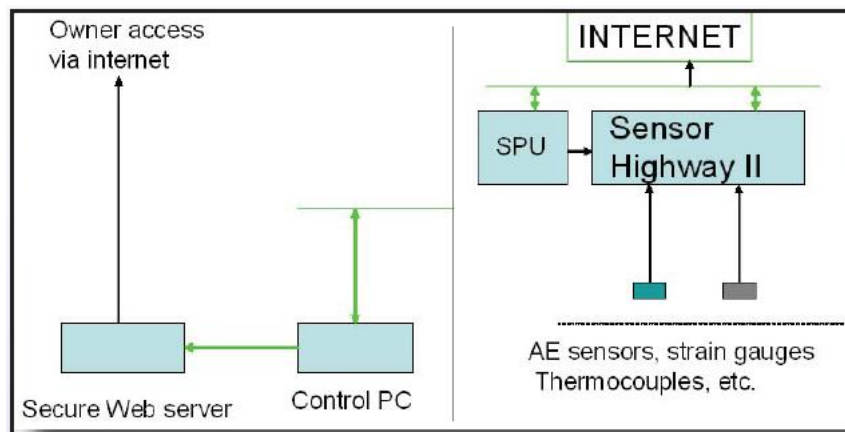


Εικόνα 2

2.2 Σχηματική Απεικόνιση Συστήματος

Στην Εικόνα 3 απεικονίζεται το διάγραμμα μίας τυπικής διάταξης συστήματος μόνιμης παρακολούθησης με ΑΕ. Πρώτο βρίσκεται το όργανο ανίχνευσης, το οποίο μπορεί να είναι αισθητήρες Ακουστικής Εκπομπής, αλλά επίσης θερμοστοιχεία, επιταχυνσιόμετρα, ή άλλα χρήσιμα για την κατασκευή στοιχεία, τα οποία συνδέονται με το σύστημα ανάλογα, είτε μέσω καλωδίων είτε ασύρματα.

Ακολουθεί η τοπική μονάδα επεξεργασίας σήματος (Signal Processing Unit - SPU), η οποία παρέχει τις απαραίτητες λειτουργίες καταγραφής και αποθήκευσης δεδομένων. Διαθέτει επίσης δυνατότητα ειδοποίησης μέσω συναγερμού σε περιπτώσεις όπου παρατηρείται κάποια απόκλιση από προκαθορισμένα δεδομένα, με σκοπό την ειδοποίηση του χειριστή σχετικά με την εμφάνιση κάποιου σημαντικού γεγονότος ή την εξέλιξη αυτού.



Εικόνα 3

Η SPU λειτουργεί επιπλέον, ως σημείο σύνδεσης με το διαδίκτυο, επιτρέποντας τον εξ αποστάσεως έλεγχο του συστήματος. Μέσω της σύνδεσης στο διαδίκτυο, η SPU δύναται να μεταφέρει δεδομένα, εικόνες οθόνης ή συναγερμούς σε απομακρυσμένα σημεία, ενώ παράλληλα υπάρχει η δυνατότητα άμεσου ελέγχου των λειτουργιών ή/και των παραμέτρων του συστήματος, επίσης μέσω διαδικτύου. Στην ίδια απομακρυσμένη τοποθεσία χρησιμοποιείται ένας δεύτερος ηλεκτρονικός υπολογιστής, επίσης συνδεδεμένος με την SPU μέσω διαδικτύου, για την αποθήκευση και περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων, προκειμένου να εντοπίζεται όσο το δυνατόν πιο έγκαιρα κάθε εξελισσόμενο πρόβλημα.

Internet Reporting of Health Status



Internet Site Summary Screen for One GBM Case shows summary and statistics information and menu selections for other reporting information.



Typical Time based graph shows two selectable graph parameters, and selectable time period reporting.

Εικόνα 4

Στην Εικόνα 4 φαίνεται μία τυπική έκθεση (report) όπως αυτή παρέχεται στον χειριστή του συστήματος και κατ'επέκταση στην βιομηχανία ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Η συχνότητα δημιουργίας εκθέσεων μπορεί να είναι ημερήσια, εβδομαδιαία ή ακόμη και μηνιαία, πάντα ανάλογα προσαρμοσμένη στις ανάγκες του επιθεωρητή και τις απαιτήσεις του ελέγχου. Η έκθεση συνοψίζει την δραστηριότητα ΑΕ της δομής όπως αυτή καταγράφηκε από το σύστημα κατά το προηγούμενο διάστημα, συγκεντρώνοντας επίσης επιπλέον πληροφορίες που μπορεί να επηρεάζουν την αξιολόγηση της κατάστασης.

3. ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ

Απαντώντας στην ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση όλο και περισσότερων κατασκευών, νέα συστήματα σύγχρονα και εξελιγμένα έρχονται να καταστήσουν εύκολη τη διαδικασία ελέγχου από απομακρυσμένα σημεία, εξασφαλίζοντας έγκαιρη αναγνώριση των προβλημάτων.



Εικόνα 5



Το Sensor Highway™ II (SHII) είναι ένα σύστημα Ακουστικής Εκπομπής, το οποίο διαθέτει δεκαέξι (16) κανάλια υψηλής ταχύτητας και δεκαέξι κανάλια εισαγωγής παραμετρικών στοιχείων. Το σύστημα είναι σχεδιασμένο για απομακρυσμένη παρακολούθηση της δομικής ακεραιότητας κατασκευών, χωρίς την ανάγκη συνεχούς επιτήρησης από εξειδικευμένο προσωπικό. Εξοπλισμένο με ένα στιβαρό, ανθεκτικό σε δύσκολες καιρικές συνθήκες περιβλήμα NEMA 4, το σύστημα είναι απολύτως κατάλληλο για χρήση σε εξωτερικούς χώρους.

Σχεδιασμένο να καλύψει πλήθος εφαρμογών, προορίζεται για παρακολούθηση:

- Της αποτελεσματικότητας επισκευών ή μετατροπών που πραγματοποιήθηκαν
- Προϋπαρχουσών/γνωστών ενεργών ατελειών
- Δυσπρόσιτων περιοχών όπου ο οπτικός έλεγχος είναι δύσκολος ή αδύνατος
- Περιοχών που υπόκεινται σε υψηλές πιέσεις και παρουσιάζουν αυξημένες πιθανότητες εμφάνισης ατελειών
- Καλωδίων ανάρτησης και καλωδίων συγκράτησης γεφυρών για πιθανά σπασίματα των εσωτερικών συρμάτων.

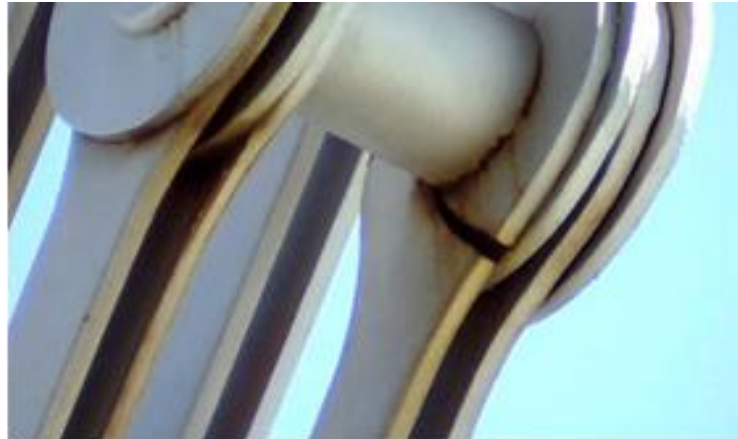
Η χρήση του Sensor Highway™ II (SHII), ακόμη και όταν η επιλογή συστήματος ΑΕ για από απόσταση συνεχή παρακολούθηση δεν αποτελεί μόνη λύση, εξασφαλίζει τόσα οφέλη που καθίσταται πρώτη επιλογή. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- Αύξηση της ασφάλειας: Η συνεχής παρακολούθηση παρέχει τα απαραίτητα στοιχεία για επιβεβαίωση της σωστής λειτουργίας της κατασκευής ή, σε αντίθετη περίπτωση, για τον έγκαιρο εντοπισμό προβλημάτων
- Αποτροπή καταστροφικών αστοχιών: Ατέλειες ανιχνεύονται σε πρώιμο στάδιο, οι υπεύθυνοι προειδοποιούνται έγκαιρα και εξασφαλίζεται ικανός χρόνος για τις απαραίτητες ενέργειες.
- Μείωση κόστους συντήρησης: Παρέχει έγκαιρη προειδοποίηση της παρουσίας ή εξέλιξης ατελειών επιτρέποντας τον προγραμματισμό για την αποκατάσταση σε βάθος χρόνου
- Ελάττωση δαπανηρών επισκευών: Έχοντας την «εικόνα» της ατέλειας, ο αρμόδιος της βιομηχανίας μπορεί να κάνει τις επισκευές σε πρωτότερο στάδιο της διαδικασίας εξέλιξης της βλάβης, για ευκολότερη, γρηγορότερη, απλούστερη και οικονομικότερη επισκευή
- Μειωμένος και στοχευμένος αριθμός επιθεωρήσεων: Παρέχοντας συνεχώς την τρέχουσα κατάσταση της κατασκευής, μειώνεται η ανάγκη για επιτόπιες επιθεωρήσεις, και δεν ξοδεύονται άδικα χρήματα όταν η κατασκευή δεν παρουσιάζει δραστηριότητα. Αντίθετα, οι επιθεωρήσεις κατευθύνονται εκεί που πραγματικά απαιτούνται.
- Αποτροπή σταματημάτων λειτουργίας: Ο χειριστής ενημερώνεται έγκαιρα και αποφεύγονται απροσδόκητες διακοπές των λειτουργιών
- Βελτιωμένη διαχείριση κινδύνων: Με τη συνεχή παροχή πληροφοριών σχετικά με τη μηχανική ακεραιότητα των δομών γίνεται πιο εύκολη η μοντελοποίηση των κινδύνων που μπορεί να παρουσιαστούν



- Βελτιωμένη απόκριση σε έκτακτες ανάγκες: εάν προκύψει μία κατάσταση που απαιτεί άμεση αντιμετώπιση, με τη χρήση των πληροφοριών που παρέχει το σύστημα μπορούν οι υπεύθυνοι να ιεραρχήσουν τις πιο κρίσιμες περιοχές

4. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ



Εικόνα 6: Ρωγμή σε Στήριγμα Γέφυρας



Εικόνα 7: Φθορά λόγω τριβής

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με δεδομένη την ανάγκη για πιο συχνές επιθεωρήσεις της δομικής ακεραιότητας του βιομηχανικού εξοπλισμού και των κατασκευών και την άμεση εφαρμογή της μεθόδου της Ακουστικής Εκπομπής, η εξέλιξη των συστημάτων ΑΕ για συνεχή παρακολούθηση και μάλιστα από απόσταση ήταν επιτακτική. Με τη συμβολή της εξέλιξης της τεχνολογίας σε όλους τους τομείς, τα προηγμένα συστήματα ΑΕ εξασφαλίζουν έγκαιρη διάγνωση και αποτελεσματική αντιμετώπιση αστοχιών που σε άλλη περίπτωση θα μπορούσαν να προκαλέσουν σημαντικά αρνητικές συνέπειες σε επίπεδο τόσο οικονομικό όσο και ασφάλειας.



6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] A. A. Anastasopoulos, "Application of Acoustic Emission in Chemical Industries and Refineries", Proceedings of 1st National Conference of HSNT, Athens, 23 November 1998, pp. 68-71. (in Greek)
- [2] A. Anastasopoulos, "Ακουστική Εκπομπή (ΑΕ): Έλεγχος και Διάγνωση σε Πραγματικό Χρόνο και κατά τη Διάρκεια Λειτουργίας των Εγκαταστάσεων", Εισήγηση στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Εβδομάδας Ποιότητας, Εκδήλωση: «Σύγχρονος Ποιοτικός Έλεγχος: Βασικός Συντελεστής για την Ασφάλεια των Βιομηχανικών και Κτιριακών Εγκαταστάσεων», ΙΔΙΠ, ΕΕΔΕ, Βόλος, 10/11/1999 (in Greek)
- [3] D. Kouroussis, A. Anastasopoulos, "Ανίχνευση Διαρροών με τη Μέθοδο της Ακουστικής Εκπομπής", Proceedings of the 2nd National Conference of HSNT, 17 June 2000, University of Thessalia, Volos, Greece, pp. 59-64. (in Greek)
- [4] ASTM E 1139-92, *Standard Practice for Continuous Monitoring of Acoustic Emission from Metal Pressure Boundaries*.
- [5] A. Anastasopoulos, *Pattern Recognition Techniques for Acoustic Emission Based Condition Assessment of Unfired Pressure Vessels*, J. of Acoustic Emission, Vol 23, 2005, pp 318-330.
- [6] M.F. Carlos, D. Wang, S. Vahaviolos, A. Anastasopoulos, *Advanced acoustic emission for on-stream inspection of petrochemical vessels*, Emerging Technologies in NDT, Van Hemelrijck, D. (ed) & Anastasopoulos, A. (ed) & Melanitis N.E (ed), Proceedings Of The 3rd International Conference On Emerging Technologies In Non-Destructive Testing, 26–28 May 2003, Thessaloniki, A. A. Balkema, Netherlands 2004, ISBN 90 5809 645 9 (Volume)-. 90 5809 645 7(CD), pp. 167-172.
- [7] S. Ternowchek, R. Miller, P.T. Cole, *Web Based Nondestructive Evaluation Using Acoustic Emission*, PVP2009-77259 Proc., July 26-30, 2009, Prague, Czech Republic.
- [8] Sensor Highway™ II (SHII), Users Manual