

Ηλεκτροχημικός συντονισμός ηλεκτροχημικών διεπιφανειών σε ποτενσιοστατικές και γαλβανοστατικές συνθήκες υπό την επίδραση περιοδικών και χαοτικών διαταραχών.

Παύλος Χρυσσιφίδης, Δημήτρης Καραουλάνης, Αντώνης Καραντώνης

Τομέας Επιστήμης και Τεχνικής των Υλικών, Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της συμπεριφοράς διαφόρων ηλεκτροχημικών αντιδράσεων από την σκοπιά των μη γραμμικών δυναμικών συστημάτων. Τα εργαλεία της μη γραμμικής δυναμικής ανάλυσης παρέχουν μια πληθώρα συμπερασμάτων σχετικά με την ποιοτική συμπεριφορά των πρώτων κάτω από την επίδραση συγκεκριμένου τύπου εξωτερικού ελέγχου. Τα ηλεκτροχημικά συστήματα μπορούν να περιγραφούν από δύο έως και περισσότερες συνήθεις μη γραμμικές διαφορικές εξισώσεις, οι οποίες περιέχουν παραμέτρους (π.χ. το επιβαλλόμενο δυναμικό ή ρεύμα), η μεταβολή των οποίων επηρεάζει τις δυναμικές τους μεταβλητές (π.χ. ηλεκτροδιακό δυναμικό, συγκεντρώσεις των χημικών ειδών) με τρόπο τέτοιο ώστε είτε να μεταβάλλουν την ευστάθειά τους είτε να εμφανίζουν αυτόνομες ταλαντώσεις. Έτσι, υπό την επίδραση γαλβανοστατικού ή ποτενσιοστατικού ελέγχου, παρατηρούνται στοιχειώδεις διακλαδώσεις, γνωστές στο πεδίο των δυναμικών συστημάτων ως τύπου Hopf και σάγματος - κόμβου.

Στην εργασία αυτή μελετάται ένα φαινόμενο ιδιαίτερου ενδιαφέροντος που παρουσιάζεται εγγύς της διακλάδωσης Hopf. Στην περιοχή αυτή παρατηρείται μεγιστοποίηση (ή ελαχιστοποίηση) του πλάτους των υπό μελέτη μεταβλητών υπό την επίδραση της εφαρμογής μιας ταλαντωτικού τύπου διαταραχής. Την συγκεκριμένη αυτή απόκριση ονομάζουμε ηλεκτροχημικό συντονισμό (ή αντισυντονισμό), η παρουσία του οποίου δύναται να έχει ενδιαφέρουσες πρακτικές εφαρμογές κατ' αντιστοιχία με τον ρόλο που φέρεται να έχει στα νευροφυσιολογικά συστήματα ως προϋπόθεση αγωγής ή όχι κάποιου σημαίνοντος νευροδιαβιβαστικού σήματος. Ο ηλεκτροχημικός συντονισμός (ή αντισυντονισμός) εγγυάται την εξασφάλιση της ύπαρξης μιας ζωνοπερατής περιοχής (ή κυματοπαγίδας) συγκεκριμένων συχνοτήτων γύρω από την ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης του ηλεκτροχημικού συστήματος. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ανάλυση του ηλεκτροχημικού συντονισμού υπό γαλβανοστατικό έλεγχο και στην εύρεση των αναλυτικών συνθηκών υπό τις οποίες εμφανίζεται. Επίσης, διαπιστώνεται ότι η συντονιστικού τύπου συμπεριφορά εμφανίζεται όχι μόνο κάτω από την εφαρμογή αρμονικών ταλαντωτικών σημάτων αλλά και χαοτικών, όπου η απόκριση του ηλεκτροχημικού συστήματος αποτελεί μία "αρμονικότερη" μορφή της χαοτικής διαταραχής καθώς το μεγαλύτερο πλήθος συχνοτήτων του έχει εξαλειφθεί. Οι θεωρητικές προβλέψεις για τον συντονισμό υπό γαλβανοστατικές συνθήκες επαληθεύονται και πειραματικά στο σύστημα $Ni | 1M H_2SO_4$, όπου ο συντονισμός εκδηλώνεται ως μεγιστοποίηση του πλάτους της εμπέδησης σε συχνότητες χαμηλότερες του 1 Hz.

Οι ποιοτικές αναλογίες ανάμεσα στην συμπεριφορά συγκεκριμένων ηλεκτροχημικών και νευροφυσιολογικών συστημάτων, ιδιαίτερα υπό γαλβανοστατικές συνθήκες, αλλά και η μίμηση της συμπεριφοράς των ηλεκτρονικών φίλτρων καθιστά την ανάλυση του φαινομένου του ηλεκτροχημικού συντονισμού αρκετά ελπιδοφόρα.