

Περίληψη της διδακτορικής διατριβής του Ιωάννη Φ. Γκόνου

«Μεταβατική συμπεριφορά συστημάτων γείωσης»

Σκοπός της διατριβής είναι η μελέτη και διερεύνηση της μεταβατικής συμπεριφοράς των συστημάτων γείωσης. Η διατριβή περιλαμβάνει την παρουσίαση της σχετικής με τα συστήματα γείωσης βιβλιογραφίας, την περιγραφή των διεξαχθέντων πειραμάτων και την επεξεργασία και ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων, την κυκλωματική και πεδιακή προσέγγιση των συστημάτων γείωσης και τις διαπιστώσεις ή υποθέσεις για τον τρόπο επίδρασης των διαφόρων παραμέτρων (τόσο τοπολογικών του συστήματος γείωσης, όσο και ποιοτικών του εδάφους και του εγχυομένου ρεύματος) στη μεταβατική συμπεριφορά των συστημάτων γείωσης.

Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση της μέχρι τώρα επιστημονικής έρευνας επί του συγκεκριμένου αντικειμένου. Στην ανασκόπηση, που έγινε, τα άρθρα ομαδοποιούνται, ανάλογα με το περιεχόμενό τους, σε αυτά που αναφέρονται: α) στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας, β) στη μεταβατική κατάσταση λειτουργίας, γ) στην ειδική αντίσταση και την πολυστρωματική δομή του εδάφους, δ) στον ιονισμό του εδάφους και ε) στις μεθοδολογίες προσομοίωσης των συστημάτων γείωσης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται λεπτομερώς οι πειραματικές διατάξεις και οι μέθοδοι δοκιμών και μετρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διδακτορική διατριβή. Οι διατάξεις αυτές αφορούν πειράματα για τη μελέτη α) της μεταβατικής συμπεριφοράς συστημάτων γείωσης, β) του ιονισμού του εδάφους και γ) της ειδικής αντίστασης του εδάφους και της αντίστασης γείωσης.

Το τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την παρουσίαση των πειραματικών αποτελεσμάτων, τη διερεύνηση αυτών, καθώς και τα συμπεράσματα που προέκυψαν. Οι χρησιμοποιηθείσες πειραματικές προσεγγίσεις (πειράματα υπό κλίμακα, πειράματα σε πραγματικά συστήματα γείωσης και πειράματα για τον ιονισμό του εδάφους) συνέβαλαν ουσιαστικά στην εκπόνηση της μελέτης, στην εξαγωγή συμπερασμάτων και στην επικύρωση των υποθέσεων της παρούσας εργασίας, επικύρωση, η οποία καταδεικνύεται, επίσης, από τη σύγκλιση μεταξύ των πειραματικών και υπολογιστικών αποτελεσμάτων (της κυκλωματικής και πεδιακής προσέγγισης) της ίδιας διατριβής.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τρόποι προσομοίωσης (κυκλωματικής και πεδιακής) της μεταβατικής συμπεριφοράς των συστημάτων γείωσης, καθώς και συγκρίσεις των αποτελεσμάτων, που προέκυψαν, με αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα και αποτελέσματα προσομοίωσης άλλων ερευνητών. Επίσης, παρουσιάζονται η διαδικασία και τα αποτελέσματα του υπολογισμού των παραμέτρων της πολυστρωματικής δομής του εδάφους, με τη χρήση γενετικού αλγορίθμου που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διατριβής. Τέλος, εφαρμόζεται μία μέθοδος προσομοίωσης Monte-Carlo, που επιτρέπει την εκτίμηση της αντίστασης γείωσης πυλώνων μιας γραμμής μεταφοράς.

Στο πέμπτο κεφάλαιο συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν και αναδεικνύεται η συμβολή της παρούσης εργασίας στην έρευνα της μεταβατικής συμπεριφοράς των συστημάτων γείωσης:

- Σε κάθε περίπτωση, που πρέπει να εγκατασταθεί ένα σύστημα γείωσης, είναι απαραίτητη η γνώση της δομής του εδάφους, αφού η χωροθέτηση του συστήματος είναι δεδομένη (καθορίζεται από την εγκατάσταση που αυτό προστατεύει). Τα χαρακτηριστικά της δομής του εδάφους αποτελούν απαραίτητα δεδομένα για τις κυκλωματικές ή πεδιακές προσομοιώσεις των συστημάτων γείωσης. Οι μετρήσεις της ειδικής αντίστασης του εδάφους, που διεξήχθησαν, έδειξαν ότι το έδαφος πρέπει να προσομοιώνεται ως διστρωματικό, τουλάχιστον. Επίσης, έγινε φανερό ότι η ειδική αντίσταση του εδάφους μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του έτους, λαμβάνοντας τη μέγιστη τιμή της κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Ο υπολογισμός των παραμέτρων της δομής του πολυστρωματικού εδάφους μπορεί να αναχθεί σε πρόβλημα ελαχιστοποίησης: στα πλαίσια της διατριβής αυτής προτάθηκε μεθοδολογία, με εφαρμογή γενετικού αλγορίθμου, μέσω της οποίας, με χρήση των μετρήσεων της ειδικής αντίστασης του εδάφους, υπολογίζονται οι παράμετροι της πολυστρωματικής δομής του εδάφους. Η αποτελεσματικότητα του γενετικού αλγορίθμου, που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της διατριβής αυτής, αποδεικνύεται, συγκρίνοντας τα αποτελέσματά του με αποτελέσματα άλλων

ερευνητών. Από τη σύγκριση διαπιστώθηκε ότι, η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας, για τον υπολογισμό των παραμέτρων της δομής του εδάφους, έδωσε ακριβέστερα αποτελέσματα, σε σύγκριση με τα αποτελέσματα που δίνουν οι μέχρι τώρα υφιστάμενες μέθοδοι. Επομένως, με την προτεινόμενη μεθοδολογία, είναι δυνατόν να υπολογισθούν με μεγάλη ακρίβεια οι παράμετροι του πολυστρωματικού εδάφους, οι οποίες στη συνέχεια, θα αποτελέσουν τα απαραίτητα δεδομένα εισόδου στην προσομοίωση της συμπεριφοράς του συστήματος γείωσης, που θα εγκατασταθεί στο συγκεκριμένο έδαφος.

- Προκειμένου να είναι δυνατή η κυκλωματική προσομοίωση κάθε συστήματος γείωσης, υλοποιήθηκε μία μεθοδολογία για τον υπολογισμό των παραμέτρων του π-ισοδύναμου κυκλώματος. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόστηκε για τον υπολογισμό της μεταβατικής ανύψωσης δυναμικού και της μεταβατικής σύνθετης αντίστασης, σε διάφορα συστήματα γείωσης. Η ανάγκη να μελετηθεί η επίδραση των παραμέτρων του προβλήματος οδήγησε, αφ' ενός μεν, στη χρήση πολλών διαφορετικών κυματομορφών του εγχυόμενου ρεύματος, ώστε να καταστεί εμφανής η επίδραση των παραμέτρων του ρεύματος, αφ' ετέρου δε, στη μεταβολή της ειδικής αντίστασης του εδάφους, ώστε να διερευνηθεί η συμβολή της ποιότητας του εδάφους στα υπό έρευνα μεγέθη. Η αξία και η καταλληλότητα της μεθοδολογίας αποδείχθηκε, επιβεβαιώθηκε δε η αποτελεσματικότητα της προσέγγισης, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της κυκλωματικής προσομοίωσης, με χρήση του EMTDC, που προέκυψαν ακολουθώντας τη νέα μεθοδολογία υπολογισμού των παραμέτρων των π-ισοδυνάμων κυκλωμάτων α) με πειραματικά αποτελέσματα, που προέκυψαν στα πλαίσια της παρούσας διατριβής και β) με αποτελέσματα πειραμάτων και προσομοίωσης άλλων ερευνητών.
- Η πεδιακή προσομοίωση έγινε με τη χρήση του λογισμικού πακέτου PC Opera. Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε, επιτρέπει, με δεδομένη τη δομή του εδάφους, να πραγματοποιηθεί αποδοτική προσομοίωση του συστήματος και ακριβής υπολογισμός του δυναμικού στην επιφάνεια του εδάφους. Το πλεονέκτημα που έχει η χρήση του συγκεκριμένου προγράμματος είναι ότι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε περίπτωση συστήματος γείωσης, ενώ η χρήση των εξισώσεων της πολυστρωματικής ανάλυσης περιορίζεται είτε σε σημειακά, είτε σε κατακόρυφα ηλεκτρόδια. Για να εκτιμηθεί η αξία της προσομοίωσης, έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων της πεδιακής ανάλυσης, που προέκυψαν από τη χρήση του PC Opera, με αποτελέσματα άλλων μεθοδολογιών, από την οποία προκύπτει ότι, το PC Opera μπορεί να αποτελέσει πολύτιμο αρωγό στοιχείο στην προσομοίωση συστημάτων γείωσης και στον ακριβή υπολογισμό του αναπτυσσόμενου δυναμικού στην επιφάνεια του εδάφους, όπου είναι εγκατεστημένο το σύστημα γείωσης.
- Στα πειράματα, που έγιναν για τη μελέτη του ιονισμού του εδάφους, για διάφορα είδη χώματος και επίπεδα αγωγιμότητάς του, μελετήθηκε η μεταβολή του λόγου των κρίσιμων εντάσεων έναρξης ιονισμού συναρτήσει του λόγου των ειδικών αντιστάσεων (βρεγμένου/στεγνού εδάφους). Παρατηρείται ότι, ο ρυθμός μείωσης του λόγου των κρίσιμων εντάσεων ιονισμού είναι, ουσιαστικός μεν, όπως άλλωστε αναμένεται, αλλά μικρότερος από το ρυθμό μείωσης του λόγου των ειδικών αντιστάσεων του χώματος. Έγινε, επίσης, σύγκριση με αντίστοιχα πειραματικά αποτελέσματα άλλων ερευνητών, για διαφορετικούς τύπους εδαφών, τα δε αποτελέσματα της σύγκρισης αυτής υπήρξαν ικανοποιητικά: διαπιστώθηκε ότι η κρίσιμη ένταση έναρξης ιονισμού σε βρεγμένο έδαφος μειώνεται έως και στο 35% της αντίστοιχης τιμής για το στεγνό έδαφος. Η πλειοψηφία των τιμών της έντασης ιονισμού για διαφορετικά είδη χώματος βρίσκεται στο διάστημα από 600kV/m έως 1000kV/m. Αυτό το εύρος τιμών χρησιμοποιήθηκε από άλλους ερευνητές, μαζί με την υπόθεση ότι στο βρεγμένο έδαφος η κρίσιμη ένταση έναρξης ιονισμού φαίνεται να μειώνεται στο μισό της αντίστοιχης τιμής του στεγνού εδάφους, εκτιμώντας, έτσι, ότι, η κρίσιμη ένταση ιονισμού είναι της τάξεως των 300kV/m. Η διαπίστωση, που έγινε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας (περί μειώσεως στο 35%), μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο στοιχείο για την ακριβέστερη εκτίμηση της κρίσιμης έντασης ιονισμού του εδάφους, η οποία, κατά τη διαπίστωση αυτή, μπορεί να φθάσει σε τιμές της τάξεως των 200kV/m.

Στο τέλος της διδακτορικής εργασίας παρατίθενται η χρησιμοποιηθείσα βιβλιογραφία και τα απαραίτητα παραρτήματα.

Αθήνα, 18 Ιουλίου 2002