

Κεφάλαιο 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

*Το σημαντικό στην επιστήμη δεν είναι να βρίσκεις καινούρια στοιχεία,
αλλά να ανακαλύπτεις νέους τρόπους σκέψης γι' αυτά.
Sir William Henry Bragg*

5.1 Ανακεφαλαίωση της διατριβής

Η διεξαχθείσα εργασία περιλαμβάνει την παρουσίαση της σχετικής με τα συστήματα γειώσεων 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.

Οι χρησιμοποιηθείσες πειραματικές προσεγγίσεις (πειράματα υπό κλίμακα, πειράματα σε πραγματικά συστήματα γειώσεων 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 την οποία καταδεικνύει, επίσης, η σύγκλιση μεταξύ των πειραματικών και υπολογιστικών αποτελεσμάτων (της κυκλωματικής και πεδιακής προσέγγισης) της ίδιας διατριβής.

Τα κύρια σημεία της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι:

- Η πειραματική μελέτη της μεταβατικής συμπεριφοράς συστημάτων γείωσης
- Η, μέσω πειραμάτων, συσχέτιση της τιμής της μόνιμης με εκείνη της μεταβατικής αντίστασης συστημάτων γείωσης, καθώς και με τις παραμέτρους της μεταβατικής σύνθετης αντίστασης
- Η εύρεση της επίδρασης του σημείου έγχυσης του κεραυνικού ρεύματος στη μεταβατική συμπεριφορά πλεγμάτων γείωσης

- Η πρόταση τρόπων βελτίωσης της μεταβατικής αντίστασης συστημάτων γείωσης, με κατάλληλη επιλογή του σημείου σύνδεσης και των διαστάσεων του συστήματος
- Ο πειραματικός υπολογισμός της τιμής της κρίσιμης ηλεκτρικής έντασης για την έναρξη ιονισμού στο έδαφος
- Η εύρεση της επίδρασης της υγρασίας του εδάφους στην τιμή της κρίσιμης ηλεκτρικής έντασης για την έναρξη ιονισμού στο έδαφος
- Η εύρεση της μεταβολής της ειδικής αντίστασης του εδάφους κατά τη διάρκεια του έτους
- Η ανάπτυξη ενός γενετικού αλγορίθμου, με σκοπό την εφαρμογή του, γενικά μεν στην ελαχιστοποίηση πολυμεταβλητών συναρτήσεων, αλλά και ειδικά, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, για τον υπολογισμό των παραμέτρων της πολυστρωματικής δομής του εδάφους.
- Η μελέτη, η μεταξύ τους σύνδεση και σύγκριση, αλλά, κυρίως, η βελτίωση των υφιστάμενων μεθόδων προσομοίωσης των συστημάτων γείωσης
- Η ανάπτυξη μεθοδολογίας υπολογισμού της αντίστασης γείωσης πυλώνων γραμμής μεταφοράς μέσω της μεθόδου προσομοίωσης Monte-Carlo

Σκοπός της παρούσης διατριβής, όπως δηλώνεται με τον τίτλο της, είναι η μελέτη και διερεύνηση της μεταβατικής συμπεριφοράς των συστημάτων γείωσης. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη μεταβατική λειτουργία ενός συστήματος γείωσης είναι: η μορφή του συστήματος γείωσης, η ειδική αντίσταση του χώματος που το περιβάλλει, η ανάπτυξη ή όχι ιονισμού στο έδαφος, το σημείο έγχυσης και η κυματομορφή του εγχυόμενου ρεύματος. Για την ολοκληρωμένη μελέτη της συμπεριφοράς των συστημάτων γείωσης πραγματοποιήθηκαν πειράματα σε υπό κλίμακα μοντέλα γειώσεων, σε πραγματικά συστήματα γείωσης, καθώς και πειράματα για τον ιονισμό του εδάφους. Συγκεκριμένα, τα συστήματα γείωσης που μελετήθηκαν ήταν κατακόρυφες ράβδοι, οριζόντια ηλεκτρόδια και πλέγματα γείωσης.

Από τη βιβλιογραφία απουσιάζει η μελέτη της μεταβατικής συμπεριφοράς συστημάτων γείωσης κατά την έγχυση ρεύματος σε κάθε σημείο του πλέγματος. Το κενό αυτό προσπάθησε να καλύψει η παρούσα εργασία, με τη διεξαγωγή των πειραμάτων υπό κλίμακα, που περιγράφηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο. Από τη στατιστική επεξεργασία των πειραματικών αποτελεσμάτων για τα πλέγματα γείωσης προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα για τις τιμές των κρουστικών παραμέτρων της μεταβατικής σύνθετης αντίστασης. Οι τιμές των παραμέτρων της κρουστικής αντίστασης είναι μεγαλύτερες, όταν η έγχυση γίνεται στα εξωτερικά σημεία, σε σχέση με τις τιμές που παρατηρούνται όταν η έγχυση γίνεται στα εσωτερικά σημεία του πλέγματος. Γίνεται εκτίμηση της σχέσης που έχουν αφ' ενός μεταξύ τους οι τιμές των κρουστικών παραμέτρων και αφ' ετέρου με την τιμή της αντίστασης μονίμου καταστάσεως. Επίσης, αποδείχθηκε ότι οι μορφές των καμπυλών των κεραυνικών παραμέτρων που προκύπτουν από τα πειραματικά αποτελέσματα είναι παρόμοιες μεταξύ τους.

Η αύξηση του βάθους τοποθέτησης του πλέγματος γείωσης, καθώς και η αύξηση του μήκους των αγωγών του πλέγματος (πλέγμα με περισσότερους βρόχους) έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση, όχι μόνο της μόνιμης αντίστασης γείωσης, αλλά και των παραμέτρων της μεταβατικής αντίστασης, εφ' όσον οι διαστάσεις του πλέγματος είναι μικρότερες από το εκάστοτε καθοριζόμενο ενεργό μήκος.

Επομένως, τα πειράματα, που έγιναν, επιτρέπουν τη βελτίωση της μεταβατικής συμπεριφοράς ενός συστήματος γείωσης με την επιλογή του κατάλληλου σημείου σύνδεσης του "αγωγού καθόδου" στο πλέγμα γείωσης, βελτίωση η οποία, προφανώς, επιτυγχάνεται, όταν μειώνεται η μεταβατική αντίσταση γείωσης του πλέγματος. Επομένως, οι "αγωγοί καθόδου" θα πρέπει να συνδέονται στα εσωτερικά σημεία του πλέγματος, όσο γίνεται πλησιέστερα στο γεωμετρικό του κέντρο.

Στα πλαίσια της διατριβής πραγματοποιήθηκαν πειράματα μέτρησης της ειδικής αντίστασης του εδάφους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ειδική αντίσταση του εδάφους είναι: το είδος του εδάφους, η υγρασία και η θερμοκρασία. Οι μετρήσεις της ειδικής αντίστασης του εδάφους 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.

Από σειρά μετρήσεων που έγινε σε πραγματικά συστήματα γείωσης, τα οποία αποτελούνται από κατακόρυφες ράβδους, είναι προφανές ότι, η μεταβατική σύνθετη αντίσταση και οι κρουστικές παράμετροι του συστήματος γείωσης, καθώς και η αντίσταση μόνιμης κατάστασης μειώνονται αυξανόμενου του βάθους τοποθέτησης των στοιχείων του συστήματος. Το σύστημα γείωσης του ισοπλεύρου τριγώνου παρουσιάζει, όπως είναι γνωστό, μικρότερη αντίσταση μόνιμης κατάστασης σε σχέση με αυτή μιας κατακορύφου ράβδου για το ίδιο βάθος.

Οι κρουστικές παράμετροι παίρνουν τιμές που είναι πολλαπλάσιες της τιμής της αντίστασης μόνιμου καταστάσεως. Η μεταβολή των τεσσάρων κρουστικών παραμέτρων συναρτήσει της αντίστασης μόνιμου καταστάσεως είναι γραμμική: για κάθε περίπτωση, που μελετήθηκε, παρατηρείται ότι, προκύπτουν εξισώσεις της μορφής $Z_i = \alpha_i \cdot R + b_i$. Ο συντελεστής α_i των εξισώσεων έχει πεδίο τιμών αριθμούς μεγαλύτερους της μονάδας. Επομένως, οποιαδήποτε αύξηση της τιμής της αντίστασης μόνιμης κατάστασης προκαλεί μεγαλύτερη απόλυτη αύξηση στις κρουστικές παραμέτρους του συστήματος. Ο συντελεστής α_i μειώνεται προοδευτικά από το Z_1 προς το Z_4 . Επίσης, υπάρχει εντονότερη μείωση στον ως άνω συντελεστή σε έδαφος με χαμηλή τιμή ειδικής αντίστασης, απ' ό,τι σε έδαφος μεγάλης τιμής ειδικής αντίστασης.

Από τα πειράματα, που έγιναν σε οριζόντια ηλεκτρόδια γείωσης, προέκυψε το συμπέρασμα ότι, η αύξηση του μήκους του ηλεκτροδίου έχει ως συνέπεια τη μείωση τόσο της μόνιμης αντίστασης γείωσης, όσο και της μεταβατικής σύνθετης αντίστασης γείωσης, για μήκη ηλεκτροδίου μικρότερα από το ενεργό μήκος του. Η αύξηση, όμως, του μήκους του ηλεκτροδίου, πέραν του ενεργού μήκους, έχει ως συνέπεια τη μείωση μόνο της μόνιμης αντίστασης γείωσης, ενώ η μεταβατική σύνθετη αντίσταση συγκλίνει στις τιμές που αντιστοιχούν σε μήκος ηλεκτροδίου ίσο με το ενεργό, όπως φαίνεται από αποτελέσματα προσομοιώσεων και βιβλιογραφίας.

Στα πειράματα, που έγιναν για τη μελέτη του ιονισμού του εδάφους, η ειδική αντίσταση του χώματος μεταβαλλόταν με την προσθήκη κατάλληλης ποσότητας

νερού. Για διάφορα είδη χώματος 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 τον Mousa [124], μαζί με την υπόθεση ότι στο βρεγμένο έδαφος η κρίσιμη ένταση έναρξης ιονισμού πρέπει 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 μείωσης 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.

Στη διατριβή αυτή παρουσιάστηκαν 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, παρουσιάστηκε 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, αναπτύχθηκε μία μέθοδος προσομοίωσης Monte-Carlo, που επιτρέπει την εκτίμηση της αντίστασης γείωσης πυλώνων μίας γραμμής μεταφοράς.

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 στην παρούσα διατριβή και β) με αποτελέσματα πειραμάτων και προσομοίωσης άλλων ερευνητών.

Σε κάθε περίπτωση, που πρέπει να τοποθετηθεί ένα σύστημα γείωσης, είναι απαραίτητη η γνώση της δομής του εδάφους, αφού ο χώρος τοποθέτησής του είναι δεδομένος (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. 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, κατά την οποία, με χρήση των μετρήσεων της ειδικής αντίστασης του εδάφους, υπολογίζονται, με μεγαλύτερη ακρίβεια από τις υπάρχουσες μεθόδους, 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 πολύ καλύτερα 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 τοποθετηθεί στο συγκεκριμένο έδαφος.

Η πεδιακή προσομοίωση μπορεί να γίνει με τη χρήση του λογισμικού πακέτου PC Opera (ή παρόμοιο). Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο PC Opera επιτρέπει, με δεδομένη τη διαμόρφωση 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 ηλεκτρόδια, 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 τοποθετημένο το σύστημα γείωσης.

Τέλος, χρησιμοποιώντας την προσομοίωση Monte-Carlo, υπολογίζεται η αντίσταση γείωσης πυλώνων γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιώντας κατασκευαστικά στοιχεία των γραμμών, τον αριθμό σφαλμάτων που συμβαίνουν στις γραμμές, καθώς και τα απαραίτητα μετεωρολογικά δεδομένα των περιοχών, από τις οποίες διέρχονται οι γραμμές μεταφοράς.

5.2 Συμβολή της διατριβής

Η συμβολή της παρούσας διδακτορικής διατριβής στη μελέτη της μεταβατικής συμπεριφοράς συστημάτων γείωσης, προκύπτει συσχετίζοντας τα εκτεθέντα στην §5.1 (Ανακεφαλαίωση της διατριβής) κυριότερα συμπεράσματά της με αντίστοιχες εργασίες άλλων ερευνητών, που ορίζουν το σημερινό επίπεδο γνώσεων στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

Είναι αναμφισβήτητο γεγονός η έλλειψη επαρκών πειραματικών αποτελεσμάτων αναφερομένων στη διερεύνηση της μεταβατικής συμπεριφοράς συστημάτων γείωσης. Τα σχετικά πειράματα είναι χρονοβόρα και δαπανηρά, με συνέπεια να καθίσταται σχεδόν απαγορευτική η δυνατότητα ανεξάρτητων ερευνητών να πραγματοποιήσουν τέτοιου είδους πειράματα. Τα πειράματα υπό κλίμακα μπορεί να

αποτελέσουν μία εναλλακτική λύση, που, αφ' ενός μεν, θα τροφοδοτήσει με δεδομένα τους ερευνητές, για να μπορέσουν να προσομοιώσουν καλύτερα τα συστήματα γείωσης, αφ' ετέρου δε, θα βοηθήσει τους κατασκευαστές να βελτιστοποιήσουν τα συστήματα γείωσης.

Απ' όσο είναι σε θέση να γνωρίζει ο συγγραφέας, δεν έχει γίνει, μέχρι τώρα, μία πλήρης μελέτη της μεταβατικής συμπεριφοράς πλεγμάτων γείωσης, για έγχυση του ρεύματος διέγερσης σε όλα τα δυνατά σημεία του συστήματος. Η μελέτη αυτή έγινε στα πλαίσια της παρούσας διδακτορικής διατριβής και μας δίδει χρήσιμα συμπεράσματα για τη μεταβολή των κρουστικών παραμέτρων και της κρουστικής σύνθετης αντίστασης των πλεγμάτων γείωσης για όλα τα δυνατά σημεία έγχυσης του κεραυνικού ρεύματος. Πειράματα υπό κλίμακα, που έχουν γίνει από άλλους ερευνητές, εστιάζονται στον υπολογισμό της αντίστασης γείωσης μόνιμης κατάστασης [197], στη μέτρηση της ειδικής αντίστασης του υλικού (μέσου), στο οποίο τοποθετείται το σύστημα γείωσης [175, 196], (ακόμα παλαιότερα) στον υπολογισμό των ισοδυναμικών γραμμών στην επιφάνεια του εδάφους [175, 194-196] και στον υπολογισμό της μεταβατικής συμπεριφοράς για δύο μόνο διαφορετικά σημεία έγχυσης [82].

Σειρά πειραμάτων, που έγινε σε ευρέως χρησιμοποιούμενα πραγματικά συστήματα γείωσης (κατακόρυφη ράβδος, οριζόντιο ηλεκτρόδιο, τρίγωνο γείωσης), έδωσε χρήσιμα συμπεράσματα για την μεταβατική τους συμπεριφορά. Απλές, εμπειρικές σχέσεις προέκυψαν, που συνδέουν τη μόνιμη αντίσταση με τις κρουστικές παραμέτρους του συστήματος γείωσης.

Οι μετρήσεις αυτές αποτέλεσαν σημείο αναφοράς στην προσπάθεια για την προσομοίωση των συστημάτων γείωσης. Έτσι, προτάθηκε μία νέα μεθοδολογία για τον ακριβέστερο υπολογισμό των παραμέτρων των π-ισοδυνάμων κυκλωμάτων, στα οποία αναλύονται τα συστήματα γείωσης. Με τη χρήση αυτών των παραμέτρων, αποδεικνύεται η πολύ καλή σύγκλιση των υπολογισμών μας με τα πειραματικά δεδομένα αλλά και με προσεγγίσεις άλλων ερευνητών.

Πραγματοποιήθηκαν σειρές μετρήσεων της ειδικής αντίστασης του εδάφους, από τις οποίες διαπιστώθηκε η μεταβολή της κατά τη διάρκεια του χρόνου, η οποία και συσχετίστηκε με τη μεταβολή της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο ίδιο

διάστημα. Οι μετρήσεις κατέδειξαν την πολυστρωματική διαμόρφωση του εδάφους. Η ανάγκη για τον υπολογισμό των παραμέτρων της πολυστρωματικής δομής του εδάφους οδήγησε στην ανάπτυξη μιας κατάλληλης μεθοδολογίας, η οποία, ουσιαστικά, έπρεπε να επιλύσει ένα πρόβλημα ελαχιστοποίησης μιας πολυδιάστατης συνάρτησης. Ο γενετικός αλγόριθμος, που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της διδακτορικής εργασίας, δίνει αποτελέσματα, τα οποία συγκρινόμενα με αυτά από άλλους γνωστούς τρόπους επίλυσης πετυχαίνουν, σαφέστατα, λύση υψηλότερης ακρίβειας.

Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να εισαχθούν, στη συνέχεια, σε ένα λογισμικό πακέτο πεδιακής ανάλυσης (όπως π.χ. στο PC Opera), το οποίο υπολογίζει το δυναμικό στην επιφάνεια του εδάφους, υπό πραγματικές συνθήκες, με αντίστοιχα μεγαλύτερη ακρίβεια, αφού τα δεδομένα εισόδου του προγράμματος πλέον είναι ακριβέστερα υπολογισμένα σε σχέση με αποτελέσματα προερχόμενα από την εφαρμογή άλλων υφιστάμενων μεθοδολογιών.

Τέλος, προσδιορίστηκε νέα, ακριβέστερη τιμή της πεδιακής έντασης έναρξης του ιονισμού του εδάφους, λαμβάνοντας υπ' όψη πειράματα και υπολογισμούς, που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της παρούσης εργασίας.

5.3 Επέκταση της διατριβής

Κλείνοντας, παρατίθενται κάποιες σκέψεις, οι οποίες θα μπορούσαν να υλοποιηθούν, στα πλαίσια μιας, ενδεχόμενης, επέκτασης της παρούσας εργασίας.

Έτσι, θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν πειράματα σε συστήματα γειώσεων, σε όλα τα ενδιάμεσα στάδια κατασκευής τους, σε συνεργασία με μεγάλες τεχνικές εταιρείες ή τη ΔΕΗ, με στόχο την εύρεση της επίδρασης του τρόπου κατασκευής ενός συστήματος γείωσης στην τελική τιμή της μεταβατικής αντίστασης.

Επίσης, φαίνεται να είναι δυνατή η επέκταση της μεθοδολογίας, που εφαρμόστηκε στο PC Opera για τη μελέτη της μεταβατικής συμπεριφοράς συστημάτων γείωσης υπό οποιαδήποτε μορφή χρονομεταβλητής διέγερσης. Σχετικές συζητήσεις έχουν, ήδη, γίνει με την εταιρεία, που υποστηρίζει το πρόγραμμα, και αναμένεται η

δημιουργία του κατάλληλου επιλύτη και η ενσωμάτωσή του σε επόμενη έκδοση του λογισμικού.

Τέλος, θα ήταν δυνατή η ενσωμάτωση του φαινομένου του ιονισμού του εδάφους και των επιρροών του στην προσομοίωση της μεταβατικής συμπεριφοράς των συστημάτων γείωσης, αν υπάρξουν τα απαραίτητα δεδομένα εισόδου, τα οποία, φυσικά, θα προκύψουν από διεξαγωγή κατάλληλων πειραμάτων.