



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Ηλεκτρικής Ισχύος
Εργαστήριο Υψηλών Τάσεων

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

ΑΠΩΛΕΙΕΣ CORONA ΣΕ ΓΡΑΜΜΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελεί, κατά τα γνωστά, το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο μονωτικό. Η μονωτική του ικανότητα καλύπτει το σύνολο των εναέριων ηλεκτρικών γραμμών. Ακόμη και στους μονωτήρες των γραμμών, το στερεό μονωτικό τους χρησιμεύει, κυρίως, σα μέσο στήριξης, γιατί καταπονείται ηλεκτρικά πολύ λιγότερο απ' ό,τι ο αέρας που το περιβάλλει. Έτσι, αν αυξηθεί η τάση μεταξύ του σημείου στηρίξεως του μονωτήρα και του αγωγού της γραμμής, δε θα γίνει διάσπαση του στερεού μονωτικού*, αλλά διάσπαση του στρώματος του αέρα που περιβάλλει το στερεό διηλεκτρικό του μονωτήρα (υπερπήδηση του μονωτήρα).

Όταν, λοιπόν, με την αύξηση της τάσεως, η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στην επιφάνεια των αγωγών μιας εναέριας γραμμής υπερβεί μία τιμή, η οποία εξαρτάται από τη μορφή της τάσεως (συνεχής ή εναλλασσόμενη), τις επικρατούσες ατμοσφαιρικές συνθήκες και την κατάσταση της επιφάνειας των αγωγών, τότε στο παρά τον αγωγό στρώμα του αέρα γίνεται έναρξη ηλεκτρικών εκκενώσεων, οι οποίες έχουν τις εξής συνέπειες:

1. παράσιτα στους γειτονικούς ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς δέκτες,
2. πρόσθετες απώλειες στη μεταφορά της ενέργειας,
3. χαρακτηριστικό τριγμό, ο οποίος ακούγεται εύκολα,
4. θυσανοειδείς εκκενώσεις κατά μήκος των αγωγών, ορατές κατά τη διάρκεια της νύχτας και
5. παραμόρφωση των επί της γραμμής οδεύοντων κυμάτων.

Οι εκκενώσεις αυτές ονομάζονται «στεμματοειδείς», διεθνώς δε Corona, και έχουν πολύ μεγάλη πρακτική σημασία, κυρίως γιατί συνεπαγόμενες απώλειες ενέργειας, επιβαρύνουν το κόστος μεταφοράς της.

Στη συνέχεια εξετάζεται το φαινόμενο Corona μόνο στις γραμμές εναλλασσόμενου ρεύματος, με τις οποίες μεταφέρεται και διανέμεται σήμερα κατά το μεγαλύτερο ποσοστό της η ηλεκτρική ενέργεια.

2. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ CORONA

Αυξανόμενης της τάσεως λειτουργίας εναερίου γραμμής ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνει η πεδιακή ένταση στην επιφάνεια των αγωγών της γραμμής και όταν αυτή (η πεδιακή ένταση) υπερβεί μία συγκεκριμένη τιμή εκδηλώνεται, όπως προαναφέρθηκε στην εισαγωγή, το φαινόμενο Corona. Λόγω της εναλλασσόμενης τάσης, η πολικότητα καθενός αγωγού της γραμμής αλλάζει ανά ημιπερίοδο, με αποτέλεσμα τη συνεχή μεταβολή των ηλεκτρικών συνθηκών πάνω στην επιφάνειά του. Οι συνθήκες αυτές αντιστοιχούν εν μέρει προς τις επικρατούσες υπό συνεχή τάση στο ανομοιογενές πεδίο, με τη διαφορά ότι τα συμβαίνοντα κατά ημιπερίοδο επηρεάζονται οπωσδήποτε, εν μέρει από την εξέλιξη της εκκενώσεως κατά την προηγούμενη ημιπερίοδο.

Χάριν απλότητας στην παρουσίαση του θεωρητικού υποβάθρου της παρούσης εργαστηριακής ασκήσεως, εξετάζουμε, κατ' αρχάς, την περίπτωση μονοφασικής γραμμής με έναν αγωγό, στην οποία το κύκλωμα κλείνει από το έδαφος. Τα φαινόμενα γύρω από τον αγωγό και η διαδοχή τους εξαρτώνται από την κατάσταση της επιφανείας του. Έτσι, όταν αυτός είναι απόλυτα καθαρός και λείος, αρχίζει για

* Πλην ειδικών περιπτώσεων, οπότε, συντρεχουσών ειδικών προϋποθέσεων (πολύ μεγάλη κλίση μετάπου και μεγάλη τιμή της εμφανιζόμενης υπερτάσεως), των οποίων η ανάπτυξη εκφεύγει των ορίων του παρόντος φυλλαδίου, λαμβάνει χώρα διάτρηση του στερεού μονωτικού.

μία τιμή της τάσεως ενδεικνύμενης τιμής U_i , η οποία καλείται «τάση ενάρξεως», να καλύπτει τον αγωγό φωτεινή αίγλη, που είναι διανεμημένη ομοιόμορφα γύρω του. Όταν, αντίθετα, ο αγωγός είναι ακάθαρτος ή οξειδωμένος - όπως συμβαίνει σχεδόν πάντα στην πράξη - τότε, αντί της αίγλης, εμφανίζονται πρώτα θύσανοι μήκους μερικών χιλιοστών του μέτρου, οι οποίοι προέρχονται από προεξοχές, ανωμαλίες, περιοχές οξειδωσης, συγκεντρώσεως ή συμπυκνώσεως υγρασίας, ρύπανσης της επιφάνειάς του κ.λπ., θέσεις, δηλαδή, στις οποίες είτε ενισχύεται το ηλεκτρικό πεδίο (πύκνωση των δυναμικών γραμμών) είτε μειώνεται η διηλεκτρική αντοχή του περιβάλλοντος του αγωγού. Η τάση, στην οποία εμφανίζονται, είναι σημαντικά μικρότερη από την U_i . Οι υπό μορφή θυσάνων εκκενώσεις είναι διακεκομμένες μερικές εκκενώσεις και ο αριθμός τους ανά μονάδα επιφάνειας είναι περιορισμένος, εξ αιτίας της μείωσης της πεδιακής έντασης, η οποία προκαλείται στην περιοχή της κάθε εκκένωσης και αναστέλλει, έτσι το σχηματισμό γειτονικών θυσάνων. Όταν η τάση του αγωγού φθάσει την τιμή U_i , οι θυσανοειδείς εκκενώσεις γίνονται συνεχείς και καλύπτουν τον αγωγό υπό μορφή φωτεινής αίγλης. Η καθαρή αίγλη παρακολουθείται από ομαλό θόρυβο και δεν προκαλεί ραδιοφωνικά παράσιτα, αντίθετα οι θύσανοι συνοδεύονται από τριγμό και γίνονται αιτία ραδιοφωνικών παρενοχλήσεων. Ταυτόχρονα με την εμφάνιση της αίγλης αρχίζει να αυξάνει και η χωρητικότητα του αγωγού προς τη γη, γιατί αυξάνει η φαινόμενη διάμετρός του. Τόσο η αίγλη όσο και οι θύσανοι ενισχύονται με την αύξηση της τάσεως, προκαλούν απώλειες ισχύος και, εάν οι εν λόγω εκκενώσεις είναι συστηματικές και μεγάλης έντασης, μπορούν να προκαλέσουν τη διάβρωση του αγωγού, λόγω σχηματισμού οξειδίων στην επιφάνειά του. Η διάκριση μεταξύ απωλειών οφειλομένων στους θυσάνους και οφειλομένων στην αίγλη είναι, πρακτικά, εξαιρετικά δυσχερής, αν όχι αδύνατη. Επειδή, όμως, η τάση λειτουργίας των γραμμών τηρείται, σχεδόν πάντα, κάτω από την τάση ενάρξεως U_i , οι απώλειες οι οφειλόμενες στο φαινόμενο Corona μπορούν να θεωρηθούν ως οφειλόμενες αποκλειστικά στους θυσάνους.

Όταν ανυψούται βαθμιαίως η τάση U επί πειραματικής γραμμής, επειδή οι αγωγοί έχουν πάντοτε ανωμαλίες στην επιφάνειά τους, οι απώλειες, που εμφανίζονται αρχικά οφείλονται στους πρωτοεμφανιζόμενους θυσάνους. Έτσι, οι καμπύλες των απωλειών Corona των πειραματικών γραμμών παρουσιάζουν ένα πρώτο τμήμα, που αυξάνει με αργό ρυθμό με την τάση και αντιστοιχεί στις απώλειες των θυσάνων. Το επόμενο τμήμα των καμπυλών αυτών, που αυξάνει με ταχύτερο ρυθμό, αντιστοιχεί στην αίγλη, που εμφανίζεται γύρω από τους αγωγούς για ψηλότερες τιμές της τάσεως.

Αξιοσημείωτο είναι, επίσης, το φαινόμενο της παραμόρφωσης, από το φαινόμενο Corona, των οδευόντων κυμάτων τάσης, που εμφανίζεται με τη μετατροπή ενός μέρους της ενέργειας του κύματος σε απώλειες Corona, καθώς η τάση αυξάνει προς τη μέγιστη τιμή της.

Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου E επί του αγωγού της γραμμής σε συνάρτηση με την τάση U της γραμμής δίδεται από τη σχέση:

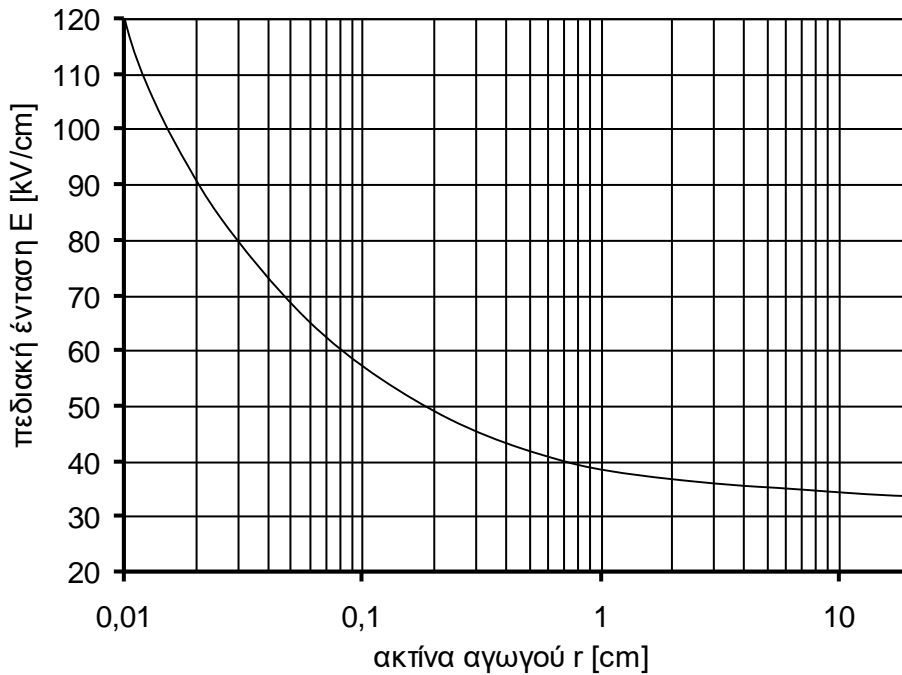
$$E = \frac{U}{r \cdot \ln\left(\frac{2H}{r}\right)} \quad (1)$$

όπου r η ακτίνα του αγωγού και H το ύψος του από την επιφάνεια του εδάφους. Υποτίθεται, βέβαια, ότι η επιφάνεια του αγωγού είναι λεία και καθαρή, αλλιώς η μέγιστη ένταση, υπό την αυτή τάση U , σε σημεία προεξοχών ή ανωμαλιών της επιφάνειας είναι μεγαλύτερη. Όταν γνωρίζουμε την ένταση ηλεκτρικού πεδίου ενάρξεως της Corona, στην περίπτωση της απλής, χωρίς θυσάνους, αίγλης

μπορούμε, με εφαρμογή της σχέσεως (1), να υπολογίσουμε την αντίστοιχη τάση της γραμμής.

Στο Σχήμα 1 δίνονται οι αναγκαίες πεδιακές εντάσεις ενάρξεως \hat{E} (μέγιστη τιμή) σε καθαρούς αγωγούς ακτινών r υπό κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες ($p=1013$ mbars, $\theta=20^\circ\text{C}$), οπότε, σε συνδυασμό με το Σχήμα 1 μπορούμε να βρούμε την αντίστοιχη τιμή U της εναλλασσόμενης τάσεως ενάρξεως για διάφορες τιμές της ακτίνας του αγωγού και του ύψους αναρτήσεως της γραμμής. Είναι, δηλαδή,

$$U = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \hat{E} \cdot r \cdot \ln\left(\frac{2H}{r}\right) \quad (2)$$



Σχήμα 1: Πεδιακή ένταση ενάρξεως \hat{E} κυλινδρικών αγωγών υπό τάση συχνότητας 50Hz και κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσεως ($\theta=20^\circ\text{C}$, $p=1013$ mbars)

Σε συνθήκες πίεσεως και θερμοκρασίας αποκλίνουσες από τις κανονικές η U πρέπει να πολλαπλασιάζεται με τη σχετική πυκνότητα του αέρα δ , όπου

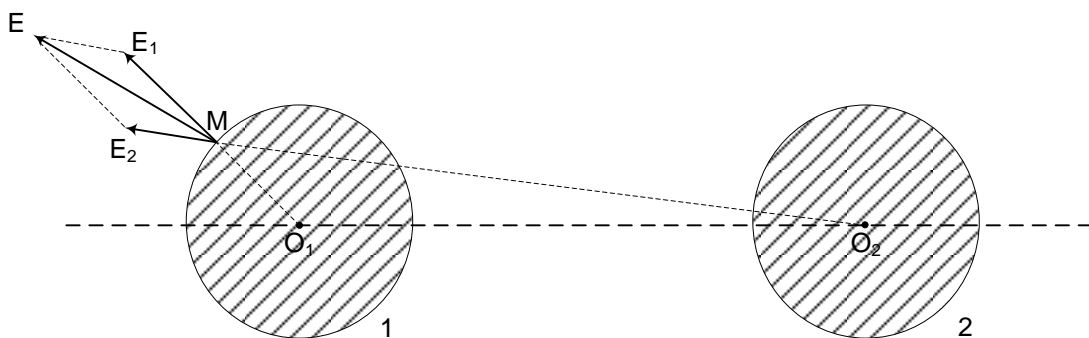
$$\delta = \frac{p}{1013} \cdot \frac{293}{273 + \theta} \quad (3)$$

(p και θ είναι οι τιμές πίεσης και θερμοκρασίας εκφρασμένες σε mbars και βαθμούς Κελσίου αντίστοιχα). Σημειώνεται σχετικά ότι το γεγονός πως, η σχετική πυκνότητα του αέρα επηρεάζει την τάση έναρξης, έχει σα συνέπεια την ευχέρεια των ηλεκτρικών επιχειρήσεων να προβαίνουν σε αλλαγές διατομής των αγωγών γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας των οδευουσών δια μεγάλων υψομέτρων (δεδομένου ότι η ατμοσφαιρική πίεση, επομένως και η σχετική πυκνότητα του αέρα, μειώνεται με ρυθμό 1,2% ανά 100 m αύξηση του υψομέτρου).

3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Η υπόθεση, που έγινε στην προηγούμενη παράγραφο, ότι η επιφάνεια του αγωγού είναι λεία και καθαρή, είναι προφανές ότι, σπανίως ή ουδέποτε πληρούται στην πράξη. Στους αγωγούς των γραμμών προκαλούνται κατά την εγκατάστασή τους διάφορες ανωμαλίες, όπως εκδορές και άλλες παραμορφώσεις, με αποτέλεσμα την τοπική αύξηση της πεδιακής έντασης και την αύξηση των απωλειών Corona. Προεξοχές προκαλούν επίσης ο κονιορτός, τα στρώματα λίπους, η επικάθιση καπνού κ.λπ.. Οι ανωμαλίες αυτές επιφέρουν αύξηση των απωλειών Corona σε σχέση με τις εκδηλούμενες στην περίπτωση καθαρού και λείου αγωγού. Με την πάροδο του χρόνου οι προεξοχές αυτές εξομαλύνονται εν μέρει (φαινόμενο γήρανσης του αγωγού). Η γήρανση αυτή, η οποία οφείλεται στην επενέργεια του όζοντος της ατμόσφαιρας, που απανθρακώνει τα οργανικά συστατικά του κονιορτού, είναι, προφανώς, ευνοϊκή από απόψεως απωλειών.

Οι καιρικές συνθήκες επηρεάζουν, επίσης, πάρα πολύ τις απώλειες Corona. Σε ασθενή βροχή οι απώλειες ελάχιστα διαφέρουν από τις απώλειες ακάθαρτου αγωγού. Η τιμή τους όμως αυξάνει γρήγορα με την αύξηση της εντάσεως της βροχής και φθάνει έως ένα μέγιστο όριο. Μετά την παύση της βροχής οι αυξημένες απώλειες μειώνονται και μετά περίπου μία ώρα φτάνουν στα επίπεδα που ήταν πριν αρχίσει η βροχή. Εξ ίσου σοβαρή, αν και μικρότερη από τη λόγω βροχής, είναι η αύξηση των απωλειών από την επικάθιση στον αγωγό δροσιάς ή χιονιού. Επίσης, αύξηση των απωλειών Corona μικρότερη απ' ότι η βροχή προκαλούν η πάχνη, η ομίχλη, η υγρασία και η ατμοσφαιρική ρύπανση. Για την μεταφορά της ενέργειας με μείωση της επιβάρυνσης του κόστους της οφειλομένης στις απώλειες Corona, χρησιμοποιούνται αγωγοί με μεγάλη διάμετρο, ώστε, υπό ομαλές συνθήκες, η πεδιακή ένταση στην επιφάνειά τους να είναι μικρότερη από την ένταση ενάρξεως. Η συνεχής αύξηση των τάσεων μεταφοράς ενέργειας (ήδη γίνεται μεταφορά με τάση 750kV) απαίτησε τη χρησιμοποίηση αγωγών με διαρκώς μεγαλύτερη διάμετρο, πλην, όμως, η αύξηση της διαμέτρου με σκοπό τη μείωση της επιφανειακής πεδιακής έντασης γίνεται οικονομικά ασύμφορη. Εισήχθησαν λοιπόν οι λεγόμενοι «πολλαπλοί αγωγοί», οι οποίοι αποτελούνται από δύο, τρεις ή τέσσερις (έως και δώδεκα) απλούς αγωγούς ανά φάση, οι οποίοι είναι διατεταγμένοι στις κορυφές ενός αντίστοιχου κανονικού n -πλεύρου σε μικρές μεταξύ τους αποστάσεις. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μείωση της επιφανειακής πεδιακής εντάσεως, χωρίς την ανάγκη αύξησης της διαμέτρου (Σχήμα 2).



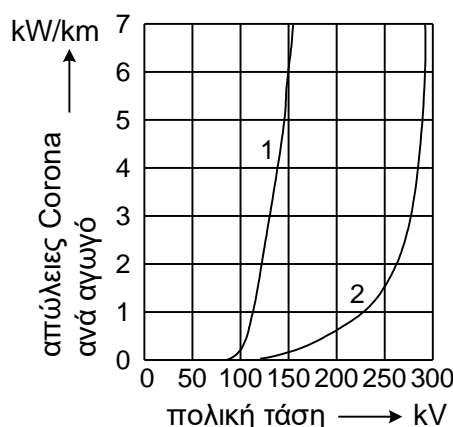
Σχήμα 2 : Διπλός αγωγός σε γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσεως για μείωση της πεδιακής έντασης και των απωλειών Corona.

Η απόδειξη τούτου ανατίθεται στους σπουδαστές ως μέρος της κατ' οίκον επεξεργασίας της παρούσης εργαστηριακής ασκήσεως. Οι πολλαπλοί αγωγοί χρησιμοποιούνται σε εναέριες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ονομαστικής τάσεως άνω των 220 kV. Στην Ελλάδα και για τις γραμμές μεταφοράς των 400 kV εφαρμόζεται η λύση του διπλού αγωγού ανά φάση.

4. ΑΠΩΛΕΙΕΣ CORONA ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Στις τριφασικές γραμμές μεταφοράς είναι αδύνατο να επιτευχθεί γεωμετρική (και ηλεκτρική) συμμετρία των τριών αγωγών μεταξύ τους και ταυτόχρονα με τη γη. Στη συνήθη π.χ. περίπτωση της οριζόντιας διατάξεως τριών αγωγών υφίσταται μεν συμμετρία προς τη γη, όχι όμως και μεταξύ των αγωγών. Αποτέλεσμα αυτής της ασυμμετρίας είναι ότι ο κεντρικός αγωγός εμφανίζει μεγαλύτερη επιφανειακή πεδιακή ένταση από ότι οι πλευρικοί. Σε σύγκριση με μονοφασική γραμμή με έναν αγωγό, ο οποίος βρίσκεται υπό τάση προς γην ίση με τη φασική τάση της υπ' όψη τριφασικής γραμμής, οι εξωτερικοί αγωγοί της τελευταίας εμφανίζουν ένταση μεγαλύτερη κατά 10%, ενώ ο κεντρικός κατά 15%. Οι αυξημένες αυτές εντάσεις οφείλονται, προφανώς, στη γεινίαση των δύο άλλων αγωγών. Αποτέλεσμα είναι ότι η απώλεια ενέργειας, η οφειλόμενη στο φαινόμενο Corona, είναι σημαντικώς μεγαλύτερη (άνω του τριπλασίου) της εμφανιζόμενης σε μονοφασική γραμμή υπό την αυτή τάση προς γη.

Στο Σχήμα 3 παριστάνεται η μεταβολή των απωλειών τριφασικών γραμμών με αγωγούς διαφόρων διαμέτρων σε τριγωνική διάταξη, σε συνάρτηση με την ενδεικνύμενη τιμή της πολικής τάσεως λειτουργίας. Όπως, ήδη, ανεφέρθη στην παράγραφο 1, οι καμπύλες αποτελούνται από δύο τμήματα, από τα οποία το ένα αυξάνει μάλλον βραδέως με την αύξηση της τάσεως, ενώ το άλλο πολύ γρήγορα. Το πρώτο τμήμα αντιστοιχεί στις απώλειες τις οφειλόμενες στους θυσάνους, οι οποίοι, όπως είπαμε, εμφανίζονται όταν η τάση είναι, ακόμη, μικρότερη από την τάση ενάρξεως, το δε δεύτερο στις απώλειες της εμφανιζόμενης στη συνέχεια, περί τους αγωγούς, αίγλης. Η τάση λειτουργίας εκλέγεται τέτοια, ώστε η γραμμή να εργάζεται στο πρώτο τμήμα. Απώλειες Corona μεταξύ 0,3 και 1 kW/km (υπό αίθριο καιρό) θεωρούνται αποδεκτές.



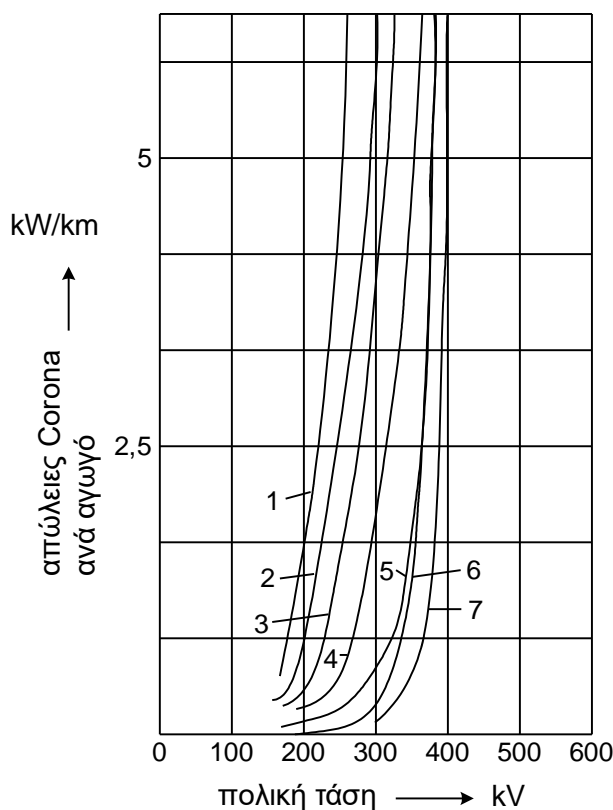
Σχήμα 3: Απώλειες Corona τριφασικής γραμμής 50Hz σε κανονικές συνθήκες. Απόσταση αγωγών σε τριγωνική διάταξη: 8m. α: Διάμετρος αγωγών 5,1mm, β: Διάμετρος αγωγών 19,6mm

Η τάση έναρξης του φαινομένου Corona στις τριφασικές γραμμές μπορεί να προσδιορισθεί από τη σχέση (4) :

$$U_i = E_o \cdot \delta^{2/3} \cdot r \cdot m \cdot \ln \frac{D}{r} \quad (4)$$

- όπου: U_i : τάση έναρξεως της Corona (φασική τάση),
 E_o : πεδιακή ένταση έναρξης του αγωγού,
 δ : σχετική πυκνότητα του αέρα,
 r : ακτίνα του αγωγού,
 D : απόσταση μεταξύ των αγωγών της γραμμής και
 m : συντελεστής επιφάνειας, που έχει σχέση με τον τύπο του αγωγού
(π.χ. για αγωγούς από συνεστραμμένους κλώνους $m= 0,80...0,85$,
ενώ για εντελώς λεία κυλινδρική επιφάνεια αγωγού $m=1$)

Στο Σχήμα 4 φαίνεται η επίδραση των καιρικών συνθηκών στις απώλειες Corona· το σχήμα αυτό αναφέρεται σε τριφασική γραμμή με αγωγούς χάλυβα-συνεστραμμένου αλουμινίου (ACSR) συνολικής διαμέτρου 28 mm.

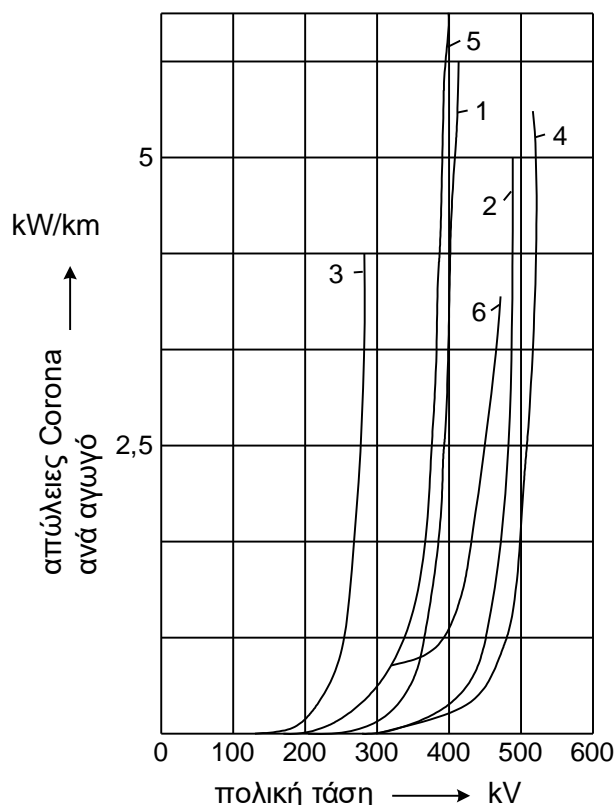


Σχήμα 4 : Επίδραση των καιρικών συνθηκών στις απώλειες Corona.

- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| 1: συννεφιά, πάχνη και ομίχλη | 5: σχεδόν καλός καιρός |
| 2: βροχή | 6: καλός καιρός |
| 3: ασθενής βροχή | 7: λιακάδα |
| 4: ασθενής χιονόπτωση | |

Οι απώλειες ισχύος που προκαλούνται από την εμφάνιση των εκκενώσεων Corona στις εναέριες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτώνται, επίσης, σημαντικά από τον τύπο του αγωγού. Στο Σχήμα 5 φαίνονται οι καμπύλες μεταβολής των απωλειών Corona μιας τριφασικής γραμμής για αγωγούς διαφόρων τύπων, υπό

διάφορες συνθήκες ελαφρώς, μόνον αποκλίνουσες μεταξύ τους. Στο ίδιο Σχήμα φαίνεται και η μεταβολή των απωλειών Corona όταν ένας αγωγός ελεγχθεί υπό διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες (πρβλ. καμπύλες 2 και 4 του Σχήματος 5).



Σχήμα 5: Απώλειες Corona για διάφορους τύπους αγωγών.

- 1: Αγωγός λείος χαλκού, διαμέτρου 35 mm, σε $p=1 \text{ atm}$, $\theta=25^\circ\text{C}$,
- 2: Αγωγός λείος αλουμινίου, διαμέτρου 50 mm, σε $p=1 \text{ atm}$, $\theta=25^\circ\text{C}$,
- 3: Αγωγός λείος ACSR, διαμέτρου 35 mm, βρεγμένος,
- 4: Αγωγός λείος αλουμινίου διαμέτρου 50 mm, βρεγμένος,
- 5: Αγωγός χάλυβα-αλουμινίου διαμέτρου 31 mm, για $\delta \approx 1$,
- 6: Αγωγός χάλυβα-συνεστραμμένου αλουμινίου 4/20/40 (αριθμός συνεστραμμένων αγωγών/διάμετρος κάθε αγωγού/απόσταση μεταξύ αγωγών σε mm) για $\delta \approx 1,1$.

5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ CORONA ΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΓΡΑΜΜΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

Το φαινόμενο Corona λαμβάνεται υπ' όψη κατά τη σχεδίαση των γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης λόγω: α) των ραδιοφωνικών παρασίτων και β) των απωλειών.

Τα ραδιοφωνικά παράσιτα από το φαινόμενο Corona προέρχονται από τους θυσάνους, που κατά κανόνα προηγούνται της αίγλης, και συχνά είναι ενοχλητικά για τις επικοινωνίες. Τα ραδιοφωνικά παράσιτα αυξάνονται με την υγρασία και με την τάση, ο δε ρυθμός αυξήσεώς τους είναι υψηλότερος για λείους αγωγούς, αυξάνει δε και με τη διάμετρο του αγωγού.

Σχετικά με τα ραδιοφωνικά παράσιτα συνιστάται στους σπουδαστές η μελέτη του

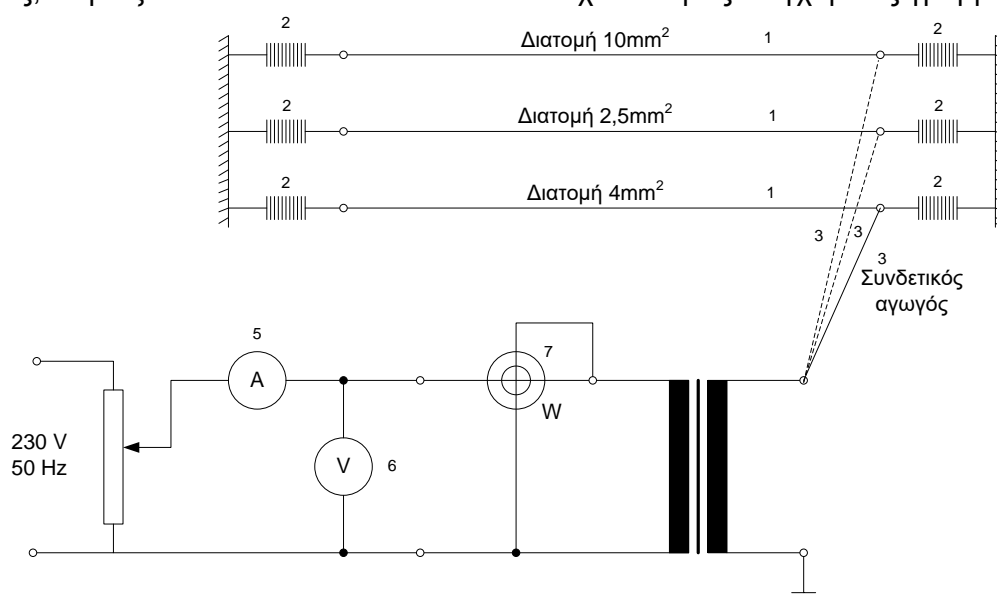
κεφαλαίου «Επίδραση Δικτύων Εναλλασσόμενης Τάσεως σε Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα» του διδακτικού βιβλίου του μαθήματος.

Οι απώλειες Corona μπορούν να περιοριστούν με τη χρήση κατάλληλου αγωγού ώστε να διατηρηθεί η τάση ενάρξεως U_i σε υψηλά επίπεδα. Μία οικονομοτεχνική μελέτη είναι αναγκαία για κάθε περίπτωση στην οποία θα λαμβάνονται υπ' όψη, φυσικά, το κόστος της ενέργειας που χάνεται, των αγωγών και των πυλώνων που εγκαθίστανται, οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή εγκατάστασης της γραμμής (π.χ. οι ημέρες βροχής ανά έτος) κ.λπ..

6. ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Κατά την παρούσα εργαστηριακή άσκηση εξετάζονται τρεις μονοφασικές γραμμές, που χρησιμοποιούν ως επιστροφή τη γη. Κάθε μία από τις τρεις ελεγχόμενες γραμμές έχει μήκος περί τα 6 m και αποτελείται από μονόκλωνο χαλκό κυκλικής διατομής 2,5 mm², 4,0 mm² και 10 mm² αντίστοιχα. Κατά τη μέτρηση των απωλειών της μίας γραμμής οι άλλες θα γειώνονται, ώστε να λαμβάνουν γνωστό δυναμικό (εκείνο της γης).

Επειδή είναι δύσκολο να μετρηθούν οι απώλειες Corona στην πλευρά υψηλής τάσεως, αυτές μετρώνται στην πλευρά χαμηλής τάσεως του μετασχηματιστή υψηλής τάσεως, στην έξοδο του οποίου συνδέονται διαδοχικά οι τρεις ελεγχόμενες γραμμές.



Σχήμα 6: Πειραματική διάταξη της εργαστηριακής άσκησης.

- | | |
|----------------------|----------------|
| 1: Αγωγοί, | 5: Αμπερόμετρο |
| 2: Μονωτήρες | 6: Βολτόμετρο |
| 3: Συνδετικοί αγωγοί | 7: Βαττόμετρο |
| 4: Μετασχηματιστής | |

Η πειραματική διάταξη φαίνεται στο Σχήμα 6, οι δε χρησιμοποιούμενες συσκευές και όργανα είναι τα εξής: α) μετασχηματιστής δοκιμών 220V/200kV (Σχήμα 6, Νο. 4) β) τράπεζα χειρισμών, περιλαμβάνουσα αμπερόμετρο και βολτόμετρο στην πλευρά χαμηλής τάσεως και γ) βαττόμετρο (Σχήμα 6, Νο. 7).

Πρώτα προσδιορίζονται οι εν κενώ απώλειες του μετασχηματιστή, μετρούμενες στην πλευρά χαμηλής τάσεως αυτού, συναρτήσεως της τάσεως στο δευτερεύον, εν

συνεχία δε οι απώλειες ισχύος, όταν στην έξοδο του μετασχηματιστή είναι συνδεδεμένη διαδοχικά η κάθε μία από τις τρεις γραμμές. Η διαφορά μεταξύ των μετρούμενων υπό την αυτή τάση δευτερεύοντος απωλειών ισχύος (απώλειες με τη συνδεδεμένη τη γραμμή - απώλειες εν κενώ) αποτελεί τις απώλειες Corona της ελεγχόμενης γραμμής. Σημειώνεται ότι θεωρείται, όπως και πράγματι συμβαίνει, ότι η φόρτιση του μετασχηματιστή από τη χωρητικότητα της γραμμής είναι τελείως αμελητέα· αν η φόρτιση αυτή δεν ήταν αμελητέα θα συνεπήγετο και άλλες πρόσθετες απώλειες εντός του μετασχηματιστή, εκτός από εκείνες που οφείλονται στις εκκενώσεις Corona στη γραμμή.

Για να έχουμε ακρίβεια κατά τη μέτρηση πρέπει να αποκλείσουμε την εμφάνιση εκκενώσεως Corona στους συνδετικούς αγωγούς (Σχήμα 6, Νο. 3) μεταξύ μετασχηματιστού και γραμμής. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούμε σωληνωτούς αγωγούς μεγάλης διαμέτρου ή σπειροειδείς, οι οποίοι ενεργούν ως συμπαγείς με διάμετρο περίπου ίση με την εξωτερική διάμετρο των σπειρών.

Ζητούνται:

1. Να προσδιορισθούν οι απώλειες Corona (P_c) για διάφορες τιμές της τάσης, μετά τη λήψη των μετρήσεων στο Εργαστήριο. Δίνεται στη συνέχεια υπόδειγμα του Πίνακα Μετρήσεων, οι στήλες του οποίου πρέπει να συμπληρωθούν κατά τη διεξαγωγή της άσκησης στο Εργαστήριο.
2. Να προσδιορισθούν οι τάσεις έναρξης των εκκενώσεων Corona.
3. Να χαραχθούν οι καμπύλες των απωλειών του μετασχηματιστή εν κενώ και των απωλειών Corona των τριών γραμμών, συναρτήσει της τάσεως του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή.
4. Να δικαιολογηθούν τα πιο πάνω μεγέθη και καμπύλες και να διατυπωθούν τυχόν παρατηρήσεις.
5. Να αποδειχθεί το, περί της μείωσης της επιφανειακής πεδιακής εντάσεως δια της χρήσεως πολλαπλών αγωγών, ζητούμενο στην παράγραφο 3.
6. Να απαντηθούν οι ερωτήσεις που θα τεθούν από τον επιβλέποντα.

Απώλειες CORONA σε γραμμές υψηλής τάσης

Μ/Σ		Εν κενώ		Γραμμή 10 mm ²			Γραμμή 4 mm ²			Γραμμή 2,5 mm ²		
U ₁ (V)	U ₂ (kV)	I (A)	P (W)	I (A)	P (W)	P _c (W)	I (A)	P (W)	P _c (W)	I (A)	P (W)	P _c (W)
Έναρξη φαινομένου Corona												

ρ=.....mbar

θ=.....°C

φ_r=.....%

δ=.....

Όργανο					
Κατασκευαστής					
Σειριακός αριθμός					