



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κατασκευή Ηλεκτροστατικής Γεννήτριας Van de Graaff

Παναγιώτης Κάλφας

A.M.: HN07070

Επιβλέπων: Ζαχαρίας Δάτσιος, Έκτακτο Εκπαιδευτικό Προσωπικό

(Υπογραφή)

.....

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΛΦΑΣ

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε., ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

© 2023 – All rights reserved

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η σχεδίαση και η κατασκευή μιας γεννήτριας Van de Graaff, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Αρχικά αναπτύσσεται το θεωρητικό μέρος της ηλεκτροστατικής γεννήτριας, με ιστορικά στοιχεία και περιγραφή της αρχής λειτουργίας της. Ακολουθεί ανάλυση της σχεδίασης και των προδιαγραφών της γεννήτριας, καθώς και η επιλογή των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν. Εν συνεχεία, παρουσιάζεται και περιγράφεται αναλυτικά η κατασκευή της διάταξης. Τέλος, συνοψίζονται τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας.

Λέξεις Κλειδιά: Ηλεκτροστατική γεννήτρια, Van de Graaff, Στατικός Ηλεκτρισμός, Υψηλές τάσεις.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

ABSTRACT

The subject of this thesis is the design and construction of a Van de Graaff generator. which will be used for educational purposes. Initially, the theoretical part of the electrostatic generator is developed, with historical data and a description of its operating principle. An analysis of the design and specifications of the device follows, along with material selection. Then the construction of the device is presented and described in detail. Finally, the conclusions of the thesis are presented.

Keywords: Electrostatic generator, Van de Graaff, Static Electricity, High voltages.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα πρώτα από όλα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Ζαχαρία Δάτσιο για την εμπιστοσύνη, τις πολύτιμες συμβουλές και την καθοδήγησή του για την υλοποίηση αυτής της πτυχιακής. Θερμές ευχαριστίες στον και στον θείο μου Κάλφα Αναστάσιο που μου με βοήθησε με την κατασκευή παραχωρώντας μου τα απαιτούμενα εργαλεία.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|---|-----|
| Περίληψη..... | i |
| Abstract | iii |
| Ευχαριστίες | v |
| Πίνακας Περιεχομένων | vii |
| Πίνακας Εικόνων..... | ix |
| Εισαγωγή..... | 1 |
| | |
| Κεφάλαιο 1: Γενικά στοιχεία – Αρχή λειτουργίας γεννητριών Van de Graaff | 3 |
| 1.1 Ιστορικά στοιχεία | 3 |
| 1.1.1 Η ιστορία του Ηλεκτρισμού | 3 |
| 1.1.2 Ο στατικός ηλεκτρισμός – Οι αγωγοί και οι μονωτές..... | 4 |
| 1.1.3 Ο R. J. Van de Graaff | 5 |
| 1.2 Αρχή λειτουργίας γεννητριών Van de Graff | 8 |
| 1.3 Στόχος της πτυχιακής εργασίας..... | 11 |
| | |
| Κεφάλαιο 2: Σχεδίαση γεννήτριας Van de Graaff | 13 |
| 2.1 Κριτήρια σχεδίασης..... | 13 |
| 2.2 Επιλογή υλικών | 14 |
| | |
| Κεφάλαιο 3: Κατασκευή γεννήτριας Van de Graaff..... | 13 |
| 3.1 Αρχική κατασκευή | 17 |
| 3.1.1 Στάδια κατασκευής..... | 17 |
| 3.2 Βελτιώσεις αρχικής κατασκευής..... | 22 |
| | |
| Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα και προτεινόμενες μελλοντικές βελτιώσεις | 25 |
| | |
| Βιβλιογραφία..... | 27 |

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1.1: Ο R. J. Van de Graaff [2]..... | 6 |
| Εικόνα 1.2: Η ηλεκτροστατική γεννήτρια των 7 MV [2] | 7 |
| Εικόνα 1.3 Σχηματική διάταξη μεταφοράς και συσσώρευσης ηλεκτρικού φορτίου [4] | 9 |
| Εικόνα 1.4 Σχηματική διάταξη εκφόρτισης της γεννήτριας Van de Graaff [4]..... | 9 |
| Εικόνα 3.1: Στιγμιότυπο κατασκευής I – Βάση | 17 |
| Εικόνα 3.2: Στιγμιότυπο κατασκευής II – Κάτω κύλινδρος | 17 |
| Εικόνα 3.3: Στιγμιότυπο κατασκευής III – Βάση με μονωτική στήλη | 18 |
| Εικόνα 3.4: Στιγμιότυπο κατασκευής IV – Επάνω κύλινδρος και η στήριξή του | 18 |
| Εικόνα 3.5: Στιγμιότυπο κατασκευής V – Κάτω χτένα και τοποθέτησή της..... | 19 |
| Εικόνα 3.6: Στιγμιότυπο κατασκευής VI – Επάνω χτένα | 19 |
| Εικόνα 3.7: Στιγμιότυπο κατασκευής VII – Εσωτερικό ημισφαιρικού ηλεκτροδίου | 20 |
| Εικόνα 3.8: Στιγμιότυπο κατασκευής VIII – Ράβδος εκκένωσης..... | 20 |
| Εικόνα 3.9: Στιγμιότυπο κατασκευής IX – Διπολική ασφάλεια και κινητήρας | 21 |
| Εικόνα 3.10: Γεννήτρια Van de Graaff που κατασκευάστηκε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας | 23 |

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηλεκτροστατική γεννήτρια Van de Graaff, που πήρε το όνομά της από τον εφευρέτη της Robert J. Van de Graaff, είναι μια αξιοσημείωτη επιστημονική συσκευή που έχει γοητεύσει ερευνητές, εκπαιδευτικούς και λάτρεις της επιστήμης για δεκαετίες. Αυτή η συσκευή παράγει υψηλές τάσεις και δημιουργεί ισχυρά ηλεκτρικά πεδία, επιτρέποντας πειράματα και έρευνα στο συναρπαστικό βασίλειο της ηλεκτροστατικής. Η ικανότητά της να παράγει ηλεκτρικά δυναμικά στην περιοχή μεγαβολτ (MV) έχει ανοίξει το δρόμο για πολυάριθμες ανακαλύψεις και προόδους σε διάφορους επιστημονικούς κλάδους.

Σε αυτή την εργασία, θα εισαχθούν αρχικά θεμελιώδεις έννοιες της ηλεκτροστατικής, εξηγώντας τη συμπεριφορά των ηλεκτρικών φορτίων και τις αρχές που διέπουν τις αλληλεπιδράσεις τους. Θα εξερευνηθεί το ιστορικό υπόβαθρο της γεννήτριας Van de Graaff, επισημαίνοντας τα ορόσημα και τις βασικές ανακαλύψεις που οδήγησαν στην ανάπτυξή της. Στη συνέχεια, θα γίνει εμβάθυνση στον σχεδιασμό και την κατασκευή της γεννήτριας. Και εν κατακλείδι η εργασία θα ολοκληρωθεί με τα συμπεράσματα και τις μελλοντικές προτάσεις βελτίωσης της γεννήτριας που κατασκευάστηκε για το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ VAN DE GRAAFF

1.1 Ιστορικά στοιχεία

Στο τρέχον κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα ιστορικά στοιχεία και η αρχή λειτουργίας των γεννητριών Van de Graaff. Οι πληροφορίες του κεφαλαίου έχουν αντληθεί σε μεγάλο βαθμό από τις αναφορές [1]-[3].

1.1.1 Η ιστορία του ηλεκτρισμού

Αν και ο ηλεκτρισμός, με τη μορφή που είναι γνωστός σήμερα, χρησιμοποιείται τα τελευταία εκατόν είκοσι χρόνια, η ιστορία του ξεκίνησε πριν περίπου 2500 χρόνια όταν οι αρχαίοι Έλληνες παρατήρησαν και πειραματίστηκαν με φαινόμενα που σχετίζονται με τον ηλεκτρισμό, όπως ο στατικός ηλεκτρισμός που δημιουργείται από το τρίψιμο υλικών μεταξύ τους.

Μία από τις πρώτες καταγεγραμμένες παρατηρήσεις στατικού ηλεκτρισμού έγινε από τον Έλληνα φιλόσοφο Θαλή από τη Μίλητο τον 6ο αιώνα π.Χ. Παρατήρησε ότι το τρίψιμο ορισμένων υλικών, όπως το κεχριμπάρι, θα μπορούσε να τα κάνει να προσελκύουν ελαφριά αντικείμενα όπως τα φτερά, ξερά φύλλα, ύφασμα και άλλα ελαφρά υλικά. Την ιδιότητα αυτή, που αποκτάει το κεχριμπάρι όταν τριφτεί με άλλα υλικά, την ονόμασαν Ηλεκτρισμό, από την αρχαιοελληνική ονομασία «ήλεκτρο» του κεχριμπαριού.

Τον 17ο και τον 18ο αιώνα, επιστήμονες όπως ο William Gilbert, ο Charles DuFay και ο Benjamin Franklin βασίστηκαν στο έργο των αρχαίων Ελλήνων για να μελετήσουν τον ηλεκτρισμό πιο συστηματικά με τα μέσα της εποχής τους. Συγκεκριμένα, ο William Gilbert, στις αρχές του 1600, ανακάλυψε και άλλα υλικά, πέρα από το κεχριμπάρι, που μπορούσαν να φορτιστούν και να έλκουν άλλα αντικείμενα. Τα υλικά αυτά τα ονόμασε Ηλεκτρικά ενώ τα υπόλοιπα που δεν μπορούσαν να φορτιστούν τα ονόμασε μη Ηλεκτρικά. Πολύ αργότερα, το 1733, ο Γάλλος Charles DuFay, ανακάλυψε ότι τα υλικά όταν φορτίζονται δεν συμπεριφέρονται με τον ίδιο τρόπο όλα, συγκεκριμένα ανακάλυψε ότι ένα κομμάτι φορτισμένο γυαλί όταν πλησιάσει σε ορισμένα φορτισμένα υλικά, τα απωθεί ενώ όταν πλησιάσει σε άλλα φορτισμένα υλικά, τα έλκει. Έτσι, διαχώρισε τα ηλεκτρικά υλικά σε δύο ομάδες, την Ομάδα Α και την Ομάδα Β. Κάθε υλικό της ομάδας Α μπορούσε να έλκει οποιοδήποτε υλικό της ομάδας Β αλλά όλα τα υλικά της ομάδας Α απωθούνταν μεταξύ τους,

όπως και της ομάδας B. Αργότερα, ο Αμερικανός εθνοπατέρας και εφευρέτης Benjamin Franklin, θα ονομάσει τα υλικά της ομάδας A, Θετικά και τα υλικά της ομάδας B, Αρνητικά. Ονομασία που έχει παραμείνει μέχρι και σήμερα.

Στην κατανόηση του φαινομένου του στατικού ηλεκτρισμού βοήθησε καταλυτικά η ανακάλυψη της δομής του ατόμου, η οποία είχε σταδιακή πορεία. Ο πρώτος που αποπειράθηκε να την εξηγήσει ήταν ο John Dalton στις αρχές του 1800. Πρότεινε ότι τα άτομα ήταν αδιαίρετα και ότι όλα τα στοιχεία αποτελούνταν από μοναδικά άτομα. Ωστόσο, αυτή η ιδέα αναθεωρήθηκε αργότερα από τον J. J. Thomson το 1897, ο οποίος ανακάλυψε το ηλεκτρόνιο και πρότεινε το μοντέλο του ατόμου «πουτίγκα δαμάσκηνου» (“plum pudding model”), το οποίο πρότεινε ότι τα άτομα αποτελούνταν από μια θετικά φορτισμένη σφαίρα με αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια ενσωματωμένα μέσα σε αυτήν. Αυτό το μοντέλο στη συνέχεια αναθεωρήθηκε ξανά από τον Ernest Rutherford το 1911, ο οποίος πραγματοποίησε το περίφημο πείραμα με φύλλο χρυσού που έδειξε ότι το άτομο είχε έναν μικρό, πυκνό, θετικά φορτισμένο πυρήνα που περιβάλλεται από ένα νέφος αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων. Έτσι, κατέληξαν στη δομή του ατόμου όπως είναι γνωστή σήμερα, με τον πυρήνα που αποτελείται από τα πρωτόνια που φέρουν θετικό φορτίο και τα ουδέτερα νετρόνια και τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια που περιστρέφονται στις εξωτερικές στοιβάδες του ατόμου. Η εξήγηση της δομής των ατόμων, των μορίων, της διάταξης αυτών αλλά και της διαφορετικότητας από υλικό σώμα σε άλλο υλικό σώμα συντέλεσε να καθοριστούν πολλές από τις φυσικές ιδιότητες των σωμάτων όπως η αντοχή, η σκληρότητα, η πυκνότητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα αλλά και να εξηγηθεί γιατί άλλα υλικά φορτίζονται θετικά και άλλα αρνητικά όταν επέλθει τριβή αυτών άλλα και γιατί άλλα όσο και αν τα υφίστανται τριβή δεν φορτίζονται.

1.1.2 Ο στατικός ηλεκτρισμός – Οι αγωγοί και οι μονωτές

Η κατακλείδα όλων των ανακαλύψεων ήταν πως όλα τα υλικά σώματα γύρω μας, αποτελούνται από δομές και ενώσεις μορίων που εμπεριέχουν τα άτομα και ότι στη «φυσική» τους κατάσταση είναι ηλεκτρικά ουδέτερα δηλαδή φέρουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων. Επίσης, η μελέτη της δομής των σωμάτων οδήγησε στην κατηγοριοποίηση αυτών σε δύο σημαντικές ομάδες τους Αγωγούς και τους Μονωτές. Οι αγωγοί είναι τα υλικά σώματα που στη μάζα τους φέρουν μεγάλο αριθμό «ελεύθερων ηλεκτρονίων» λόγω των ασθενών δυνάμεων συγκράτησης των ηλεκτρονίων στις στοιβάδες των ατόμων αντίθετα οι μονωτές είναι τα υλικά στα οποία τα ηλεκτρόνια συγκρατούνται στις στοιβάδες των ατόμων και οποιαδήποτε κίνηση αυτών στη μάζα τους είναι αδύνατη.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι τα σώματα που μπορούν να εμφανίσουν στατικό (ακίνητο) ηλεκτρισμό (ηλεκτρικό φορτίο), είναι οι μονωτές. Καθώς, δια της τριβής αυτών με άλλα υλικά είτε θα συσσωρεύσουν ηλεκτρόνια στο σημείο τριβής είτε λόγω αποβολής και μεταφοράς αυτών στο άλλο σώμα, φορτίζεται θετικά το σημείο λόγω της αριθμητικής υπεροχής των πρωτονίων. Αντίθετα, οι αγωγοί στο σώμα των οποίων η κίνηση των ηλεκτρονίων είναι δυνατή και εύκολη, δεν μπορούν να συσσωρεύσουν αρνητικό ή θετικό φορτίο με αποτέλεσμα να μην εμφανίζουν στατικό ηλεκτρισμό.

Ένας ορισμός λοιπόν για τον στατικό ηλεκτρισμό θα μπορούσε να είναι η συσσώρευση ηλεκτρικού φορτίου στην επιφάνεια ενός αντικειμένου. Εναλλακτικά, στατικός ηλεκτρισμός είναι ένας τύπος ηλεκτρικού φορτίου που εμφανίζεται όταν δύο αντικείμενα τρίβονται μεταξύ τους, προκαλώντας τη μεταφορά ηλεκτρονίων από το ένα αντικείμενο στο άλλο. Το ένα αντικείμενο φορτίζεται θετικά ενώ το άλλο φορτίζεται αρνητικά. Αυτό το στατικό φορτίο μπορεί να συσσωρευτεί στην επιφάνεια των αντικειμένων και μπορεί να προκαλέσει ποικίλα αποτελέσματα όπως η γεφύρωση της απόστασης μεταξύ δύο αντικειμένων με σπινθήρα, ειδικά σε ξηρό αέρα. Πρόκειται δηλαδή για ηλεκτρική διάσπαση του αέρα (απώλεια της μονωτικής του ικανότητας) και εξουδετέρωση των φορτίων στα δύο αντικείμενα.

Η συσσώρευση αυτή φορτίου ονομάζεται ηλεκτροστατικό φορτίο και συναντιέται συχνά στην καθημερινή ζωή. Σχεδόν όλοι μας έχουμε υποστεί ηλεκτρικό σοκ όταν, μετά από περπάτημα πάνω σε χαλί, έρθουμε σε επαφή με μεταλλικό αντικείμενο ή με το χερούλι της πόρτας του αυτοκινήτου ή έχουμε τρίψει ένα πλαστικό μπαλόνι στα μαλλιά. Τα ηλεκτροστατικά φορτία μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να είναι ενοχλητικά ή και επικίνδυνα όπως όταν χειρίζεστε εύφλεκτα υλικά ή όταν εργάζεστε με ηλεκτρονικό εξοπλισμό αλλά έχουν και πολύ σημαντικές εφαρμογές. Μια από αυτές τις σημαντικές εφαρμογές είναι η ηλεκτροστατική γεννήτρια Van de Graaff αλλά και τα φωτοαντιγραφικά μηχανήματα που χρησιμοποιούν τον στατικό ηλεκτρισμό, τα ηλεκτροστατικά φίλτρα στις βιομηχανίες όπου υπάρχουν αέρια που μεταφέρουν σκόνη όπως η ιπτάμενη τέφρα κ.ά.

1.1.3 O R. J. Van de Graaff

O Robert Jemison Van de Graaff (Εικόνα 1.1) ήταν Αμερικανός φυσικός και εφευρέτης, γεννήθηκε στις 20/12/1901 στην Tuscaloosa της Αλαμπάμα στις ΗΠΑ. Γονείς του ήταν ο Adrian Sebastian Van de Graaff και η Minnie Cherokee Jemison. Ο πατέρας του ήταν Ολλανδικής καταγωγής. Είχε τρία μεγαλύτερα αδέρφια τον Adrian, Jr., Hargrove και William. Έγινε ευρέως γνωστός για την εφεύρεσή του τη γεννήτρια Van de Graaff.



Εικόνα 1.1. R. J. Van de Graff [2]

Ο Van de Graaff αποφοίτησε από το Πανεπιστήμιο της Αλαμπάμα το 1922 και στη συνέχεια έλαβε μεταπτυχιακό δίπλωμα στη μηχανολογία - μηχανική. Μετά το πανεπιστήμιο εργάστηκε για ένα έτος στην εταιρεία Alabama Power. Το 1924 ξεκίνησε τις σπουδές του στο Πανεπιστήμιο της Σορβόνης στο πεδίο της ατομικής φυσικής. Στη Γαλλία παρέμεινε έως το 1925 παρακολουθώντας μεταξύ άλλων και τις διαλέξεις της Marie Curie για την ακτινοβολία. Στη συνέχεια επεδίωξε και εν τέλει πήρε το διδακτορικό του στη Φυσική από το Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης το 1928 με επιβλέποντα καθηγητή τον Sir John Townsend. Στην Οξφόρδη ήρθε σε επαφή με τη δουλειά του E. Rutherford σχετικά με την πυρηνική φυσική. Έτσι διαπίστωσε ότι για να προχωρήσει η έρευνα της σωματιδιακής φυσικής απαιτούνταν μεγάλες επιταχύνσεις των σωματιδίων και επομένως μεγάλες διαφορές δυναμικού (υψηλή τάση). Με βάση αυτά ο Van de Graaff σκέφτηκε να ασχοληθεί με την παραγωγή συνεχούς υψηλής τάσης για τη χρήση σε επιταχυντές σωματιδίων.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1920, επέστρεψε στις ΗΠΑ και άρχισε να πειραματίζεται με ηλεκτροστατικές διατάξεις παραγωγής υψηλής τάσης. Σχεδίασε και κατασκεύασε το 1929, με τη βοήθεια του Nicholas Burke, ενώ εργαζόταν ως βοηθός ερευνητής στο Πανεπιστήμιο του Πρίνστον, τον πρώτο ηλεκτροστατικό επιταχυντή που είχε τη δυνατότητα να παράγει τάση 80 kV, την ηλεκτροστατική γεννήτρια υψηλών τάσεων που ονομάστηκε, γεννήτρια Van de Graaff, για να τιμηθεί ο εφευρέτης. Αυτή τη γεννήτρια την κατασκεύασε με μια μεταξωτή κορδέλα χαμηλού κόστους στη θέση του ιμάντα μεταφοράς φορτίου. Η κορδέλα κινούνταν ανάμεσα σε δύο μεταλλικά ρουλεμάν. Τον 11/1931 παρουσίασε στο Αμερικανικό Ινστιτούτο Φυσικής (AIP) τη γεννήτρια η οποία πλέον μπορούσε να παράγει 1 MV. Το 1931 παρουσίασε επίσης στην Αμερικάνικη Ένωση Φυσικής την εργασία του για τον ηλεκτροστατικό επιταχυντή. Είναι σημαντικό ότι το 1932, οι J. D. Cockcroft και E. Walton έφτιαξαν τον δικό τους σωματιδιακό επιταχυντή στο Cavendish Laboratory του Πανεπιστημίου του Cambridge, χρησιμοποιώντας ηλεκτρικά κυκλώματα πολλαπλασιασμού τάσης αντί για ηλεκτροστατική γεννήτρια. Η διάταξή τους ήταν όμως ογκώδης και η τάση που παραγόταν ήταν μικρότερη. Υπό την προεδρία του K. T. Compton στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT),

ο Van de Graaff προσελήφθη στο Ινστιτούτο. Το διάστημα από το 1931 ως το 1934 ο Van de Graaff ήταν ερευνητής εκεί από το 1934 επίκουρος καθηγητής. Εν τέλει παρέμεινε μέχρι το 1960.

Ο Van de Graaff το 1933 κατασκεύασε την πρώτη γεννήτρια συνεχούς υψηλής τάσης μεγάλης κλίμακας σε ένα μεγάλο υπόστεγο στο South Dartmouth της Μασαχουσέτης στις ΗΠΑ. Η γεννήτρια είχε δύο σφαίρες από αλουμίνιο με 4.57 m διάμετρο. Οι σφαίρες ήταν εγκατεστημένες σε μονωτικές κυλινδρικές στήλες ύψους 7.62 m και διαμέτρου 1.83 m. Οι στήλες αυτές με τη σειρά τους είχαν εγκατασταθεί σε βαγόνια τρένου με αποτέλεσμα το συνολικό τους ύψος να είναι 13.1 m. Η γεννήτρια ήταν ικανή να δημιουργεί τάση 7 MV (Εικόνα 1.2). Σήμερα η γεννήτρια αυτή βρίσκεται στο μουσείο επιστήμης στη Βοστώνη (Museum of Science, Boston, USA) και χρησιμοποιείται για επιδείξεις παράγοντας τάση έως 2 MV.



Εικόνα 1.2 Η ηλεκτροστατική γεννήτρια των 7 MV [2]

Τον 02/1935 ο Van de Graaff πήρε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τη γεννήτριά του, κατόπιν παραίνεσης του K. T. Compton και του V. Bush, αντιπροέδρου του MIT. Από τους λίγους που ενδιαφέρθηκαν για την εφεύρεση του Van de Graaff ήταν ο N. Tesla που έγραψε άρθρο για το θέμα στο Scientific American το 1934. Το 1937 η Ιατρική του Πανεπιστημίου του Harvard χρησιμοποίησε πρώτη τη γεννήτρια Van de Graaff για την παραγωγή ακτινών X.

Ο Van de Graaff υπήρξε διευθύνων του High Voltage Radiographic Project κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Κατόπιν, έλαβε χρηματοδότηση από το Rockefeller Foundation για την σχεδίαση και κατασκευή βελτιωμένου επιταχυντή σωματιδίων και πάλι στο MIT. Τον 12/1946, ο Van de Graaff ίδρυσε την High Voltage Engineering Corporation μαζί με τον J. G.

Trump στο Burlington της Μασαχουσέτης για την εμπορική πλέον σχεδίαση, κατασκευή και πώληση επιταχυντών σωματιδίων. Πρόεδρος της εταιρείας αυτής υπήρξε ο καθηγητής από την Αγγλία D. M. Robinson. Ο J. G. Trump υπήρξε τεχνικός διευθυντής και ο ίδιος ο Van de Graaff επικεφαλής ερευνητής και παράλληλα μέλος του διοικητικού συμβουλίου. Η εταιρία αποτέλεσε τον κορυφαίο κατασκευαστή ηλεκτροστατικών γεννητριών γιαόπου απαιτείτο η παραγωγή συνεχούς υψηλής τάσης. Παραδείγματα περιλαμβάνουν ιατρικές εφαρμογές όπως η θεραπεία του καρκίνου, αλλά και ερευνητικές εφαρμογές όπως η μελέτη της πυρηνικής δομής. Τη δεκαετία του 1950 εφηύρε τον μετασχηματιστή απομονωμένου πυρήνα που παρήγαγε συνεχείς υψηλές τάσεις.

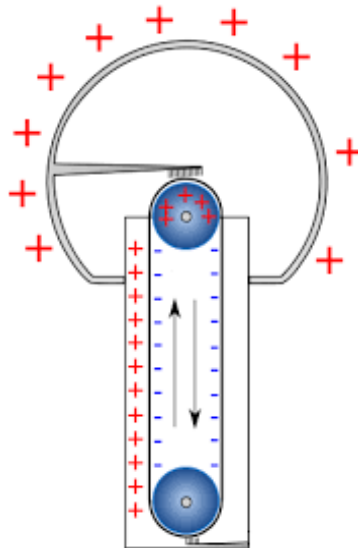
Ο Van de Graaff έλαβε πολυάριθμα βραβεία και διακρίσεις για το έργο του, συμπεριλαμβανομένου του βραβείου T. Bonner το 1965, από την Αμερικάνικη ένωση Φυσικής, για τη συμβολή του στην ανάπτυξη των ηλεκτροστατικών επιταχυντών. Ήταν επίσης μέλος της Αμερικανικής Εταιρείας Φυσικής και μέλος της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών.

Πέθανε στις 16 Ιανουαρίου του 1967 στη Βοστώνη της Μασαχουσέτης, σε ηλικία 66 ετών. Μέχρι τότε είχε κατοχυρώσει επτά πατέντες ευρεσιτεχνίας για τις εφευρέσεις του.

1.2 Αρχή λειτουργίας γεννητριών Van de Graaff

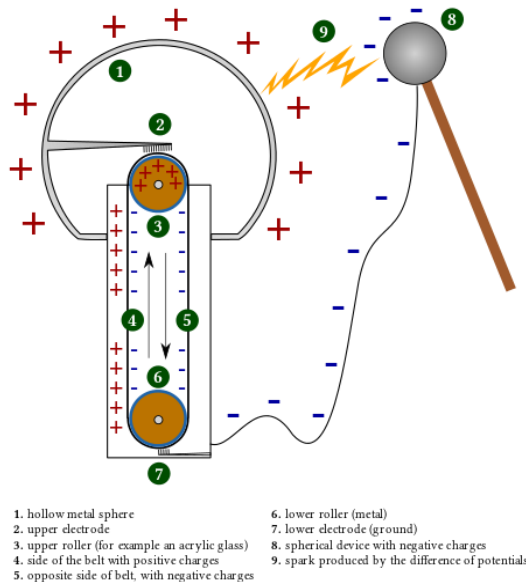
Μια γεννήτρια Van de Graaff είναι μια ηλεκτροστατική γεννήτρια που μπορεί να παράγει συνεχείς υψηλές τάσεις συσσωρεύοντας ηλεκτρικό φορτίο σε μια κοίλη μεταλλική σφαίρα στη κορυφή μιας μονωτικής στήλης. Ο βασικός τρόπος λειτουργίας μιας γεννήτριας Van de Graaff μπορεί να εξηγηθεί, συνοπτικά, ως εξής:

Η γεννήτρια έχει έναν μηχανοκίνητο ιμάντα που κινείται μέσω δύο κυλίνδρων ή τροχαλιών, εκ των οποίων ο ένας φορτίζεται θετικά και ο άλλος αρνητικά. Καθώς ο ιμάντας κινείται, παίρνει ηλεκτρικό φορτίο από τον θετικά φορτισμένο κύλινδρο μέσω ενός σετ μεταλλικών χτενών ή βουρτσών που ονομάζονται «χτένα φόρτισης». Το ηλεκτρικό φορτίο μεταφέρεται στον ιμάντα, ο οποίος το μεταφέρει προς την κορυφή της γεννήτριας. Στην κορυφή της γεννήτριας, το ηλεκτρικό φορτίο εναποτίθεται σε μια κοίλη μεταλλική σφαίρα ή θόλο. Όσο περισσότερο ηλεκτρικό φορτίο συσσωρεύεται στη σφαίρα, τόσο η τάση (διαφορά δυναμικού) αυξάνεται. Η τάση μπορεί να φτάσει αρκετές εκατοντάδες χιλιάδες V ή ακόμα και εκατομμύρια V. Η Εικόνα 1.3 παρουσιάζει τη βασική αρχή λειτουργίας της γεννήτριας Van de Graaff.



Εικόνα 1.3 Σχηματική διάταξη μεταφοράς και συσσώρευσης ηλεκτρικού φορτίου [4]

Μια γειωμένη μονωτική ράβδος με μεταλλική κεφαλή, που ονομάζεται «ράβδος εκκένωσης», φέρεται κοντά στη σφαίρα. Όταν το ηλεκτρικό φορτίο στην κοίλη μεταλλική σφαίρα γίνει αρκετά υψηλό, διασπάται το διάκενο αέρα μεταξύ της σφαίρας και της ράβδου εκκένωσης, δημιουργώντας μια ορατή σπίθα (εκκένωση, Εικόνα 1.4). Τότε το φορτίο εξουδετερώνεται μέχρι να φορτιστεί η γεννήτρια ξανά.



Εικόνα 1.4 Σχηματική διάταξη εκφόρτισης της γεννήτριας Van de Graaff [4]

Η διαδικασία συσσώρευσης και εκφόρτισης φορτίου μπορεί να επαναληφθεί, δημιουργώντας μια συνεχή ροή σπινθήρων ή εκκενώσεων.

Τα κύρια εξαρτήματα, λοιπόν, μιας γεννήτριας Van de Graaff είναι τα εξής:

1) Κοίλη μεταλλική σφαίρα: Αυτό είναι το κύριο συστατικό της γεννήτριας και είναι συνήθως κατασκευασμένο από αλουμίνιο ή ορείχαλκο ή χάλυβα. Η σφαίρα στηρίζεται πάνω σε μια μονωτική στήλη που τη χωρίζει από τη βάση της γεννήτριας και επομένως τη γη. Η μεταλλική σφαίρα έχει τυπικά διάμετρο αρκετές ίντσες και είναι πολύ γυαλισμένη για να ελαχιστοποιηθεί η εκκένωση κορώνα και φέρει μόνωση στο εσωτερικό της για να μη χάνει φορτία.

2) Ένα συγκρότημα κινητήρα και ιμάντα: Η γεννήτρια κινείται από έναν κινητήρα που είναι συνδεδεμένος σε ένα συγκρότημα ιμάντα – τροχαλιών. Το συγκρότημα αυτό αποτελείται από δύο τροχαλίες που περιστρέφουν τον ιμάντα. Ο ιμάντας είναι κατασκευασμένος από υλικό που μπορεί να μεταφέρει ηλεκτρικό φορτίο, όπως μετάξι ή καουτσούκ. Το συγκρότημα ιμάντα έχει σχεδιαστεί για να μεταφέρει φορτία από το κάτω μέρος της γεννήτριας στο επάνω μέρος.

3) Δύο μεταλλικές χτένες: Η κάτω μεταλλική χτένα βρίσκεται κοντά στο κάτω μέρος της γεννήτριας και σε μικρή πολύ μικρή απόσταση από τον ιμάντα και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά φορτίων στον ιμάντα καθώς κινείται. Η χτένα αυτή είναι γειωμένη και αγωγίμα συνδεδεμένη με τη γείωση του κινητήρα και της ράβδου εκκένωσης. Τα χτένια είναι συνήθως κατασκευασμένα από μέταλλο και χωρίζονται μεταξύ τους με ένα μικρό κενό. Η πάνω χτένα βρίσκεται πολύ κοντά από τον πάνω κύλινδρο και τον ιμάντα και συνδέεται αγωγίμα την μεταλλική σφαίρα. Έτσι, προσλαμβάνει το μεταφερόμενο φορτίο και το διαχέει στην κοίλη επιφάνεια της σφαίρας.

4) Μονωτική στήλη: Η μονωτική στήλη είναι συνήθως κατασκευασμένη από υλικό όπως πλαστικό. Στηρίζει τη μεταλλική σφαίρα και τη χωρίζει από τη βάση της γεννήτριας. Η μονωτική στήλη είναι σημαντική γιατί αποτρέπει τη διαρροή των φορτίων από τη μεταλλική σφαίρα στο έδαφος.

5) Η «ράβδος εκκένωσης» αποτελείται επίσης από κοίλη μεταλλική σφαίρα αλλά μικρότερης διαμέτρου και από ένα στέλεχος στήριξης της σφαίρας από μονωτικό υλικό. Η μεταλλική σφαίρα γειώνεται μέσω της αγωγίμης σύνδεσής της με τη γείωση του ηλεκτροκινητήρα. Σημειώνεται ότι η ράβδος υπάρχει για λόγους επίδειξης και δεν απαιτείται για τη λειτουργία της γεννήτριας Van de Graaff.

1.3. Στόχος της πτυχιακής εργασίας

Ο επιθυμητός στόχος της πτυχιακής εργασίας είναι να σχεδιαστεί και να πραγματοποιηθεί η κατασκευή γεννήτριας Van de Graaff. Η γεννήτρια αυτή θα χρησιμοποιηθεί για λόγους επίδειξης στα μαθήματα Υψηλών Τάσεων του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ VAN DE GRAAFF

2.1 Κριτήρια σχεδίασης

Τα κριτήρια σχεδιασμού για μια γεννήτρια Van de Graaff είναι συνήθως τα ακόλουθα:

1) Έξοδος τάσης: Η γεννήτρια πρέπει να είναι ικανή να παράγει υψηλές τάσεις, συνήθως στην περιοχή από δεκάδες έως εκατοντάδες kV. Στην κατασκευή της γεννήτριας αυτής δεν υπάρχει συγκεκριμένη απαίτηση τάσης καθώς πρόκειται να αξιοποιηθεί για σκοπούς επίδειξης.

2) Χωρητικότητα φόρτισης: Η γεννήτρια πρέπει να έχει επαρκή χωρητικότητα φόρτισης για να συσσωρεύει και να αποθηκεύει σημαντική ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου. Αυτό επιτρέπει τη δημιουργία υψηλής διαφοράς δυναμικού (τάσης).

3) Επεκτασιμότητα - Προσαρμοστικότητα: Ο σχεδιασμός θα πρέπει να επιτρέπει την επεκτασιμότητα, που σημαίνει ότι θα πρέπει να είναι δυνατή η αύξηση ή η μείωση του μεγέθους και της χωρητικότητας της γεννήτριας όπως απαιτείται. Αυτό είναι σημαντικό για την προσαρμογή της γεννήτριας σε διαφορετικές εφαρμογές ή απαιτήσεις ισχύος.

4) Μόνωση και διηλεκτρική αντοχή: Η γεννήτρια πρέπει να είναι σχεδιασμένη με κατάλληλη μόνωση για να αποτρέπεται η διαρροή φορτίου και να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες, οι οποίες περιορίζουν τη μέγιστη τάση και τη φόρτιση της γεννήτριας. Η επιλογή των υλικών και η διηλεκτρική αντοχή θα πρέπει να διασφαλίζουν αποτελεσματική συσσώρευση φορτίου και να ελαχιστοποιούν την πιθανότητα ηλεκτρικής διάσπασης και επομένως βλάβης.

5) Μηχανισμός φόρτισης: Η γεννήτρια θα πρέπει να ενσωματώνει έναν αποτελεσματικό μηχανισμό φόρτισης, όπως ένα σύστημα κίνησης με ιμάντα ενδεχομένως σε συνδυασμό με ένα τροφοδοτικό υψηλής τάσης, για τη μεταφορά φορτίου στο τερματικό της γεννήτριας. Αυτός ο μηχανισμός πρέπει να είναι αξιόπιστος και ικανός να παρέχει συνεχή ροή φόρτισης.

6) Διαμόρφωση ηλεκτροδίων: Το σχήμα, το μέγεθος και η τοποθέτηση των ηλεκτροδίων διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην απόδοση της γεννήτριας. Ο σχεδιασμός τους και η

κατασκευή τους θα πρέπει να διευκολύνει τη μεταφορά φορτίου στον μάντα και στην κοίλη μεταλλική σφαίρα.

7) Μέτρα ασφάλειας: Η γεννήτρια πρέπει να περιλαμβάνει κατάλληλους μηχανισμούς ελέγχου για τη διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει γείωση και προστατευτικά μέτρα για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας ή ζημιάς στη γεννήτρια.

8) Μηχανική αντοχή: η γεννήτρια Van de Graaff περιλαμβάνει ηλεκτρικό κινητήρα και μηχανικά μέρη τα οποία πρέπει να αντέχουν στη λειτουργία της γεννήτριας.

Αυτά τα κριτήρια αποτελούν τη βάση για το σχεδιασμό μιας γεννήτριας Van de Graaff.

2.2. Επιλογή υλικών

Η επιλογή των σωστών υλικών για την κατασκευή μιας ηλεκτροστατικής γεννήτριας Van de Graaff είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της απόδοσης, της αξιοπιστίας και της ασφάλειάς της.

Στην αρχή της εργασίας έγινε η επιλογή να κατασκευαστεί ηλεκτροστατική γεννήτρια που να κινείται με μονοφασικό κινητήρα 0,37 kW ή μισού ίππου, ονομαστικού ρεύματος 2.63 A και ονομαστικών στροφών 1348 rpm. Ο κινητήρας αυτός είναι απόλυτα επαρκής για μία γεννήτρια που θα χρησιμοποιηθεί για επίδειξη κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Βάσει αυτής της επιλογής διαμορφώθηκαν και τα κριτήρια επιλογής των υπολοίπων υλικών.

Ακολουθούν τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή διαφορετικών εξαρτημάτων και τη συναρμολόγηση της γεννήτριας:

1) Βάση στήριξης: Για βάση στήριξης χρησιμοποιήθηκε ένα παλιό μελίσσι.

2) Μονωτικός μάντας: Επιλέχθηκε ένα λάστιχο γυμναστικής από συνθετικό υλικό. Αναμένεται να έχει επαρκή μηχανική αντοχή, αν και από πλευράς φόρτισης ίσως θα μπορούσαν να βρεθούν πιο αποδοτικά υλικά.

3) Μονωτική στήλη: η μονωτική στήλη ή κορμός στήριξης της κοίλης μεταλλικής σφαίρας φτιάχτηκε με υδραυλικούς σωλήνες PVC.

-
- 4) Οι μεταλλικές χτένες: Για την κατασκευή της κάτω χτένας χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικά καρφιά ενώ για την πάνω απογυμνωμένα χάλκινα σύρματα από πολύκλωνο καλώδιο.
 - 5) Κοίλες μεταλλικές σφαίρες: Για την κοίλη μεταλλική σφαίρα επιλέχτηκε ένα μεταλλικό μπολ από ανοξείδωτο ατσάλι ακτίνας 14 cm ενώ για τον ρόλο του γειωμένου ηλεκτροδίου (ράβδος εκκένωσης) ένα μικρότερο μεταλλικό μπολ ακτίνας 6 cm.
 - 6) Η γείωση της συσκευής έγινε μέσω του τριπολικού καλωδίου τροφοδοσίας του μονοφασικού κινητήρα.
 - 7) Αυτόματη διπολική ασφάλεια SCHRACK AM617206 2x6A 6kA καμπύλη C
 - 8) Εργαλεία, βίδες και διάφορα υλικά συναρμολόγησης.

Τα παραπάνω πρέπει να ικανοποιούν τις βασικές απαιτήσεις της γεννήτριας από ηλεκτρικής και μηχανικής σκοπιάς.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ VAN DE GRAAFF

3.1 Αρχική κατασκευή

3.1.1 Στάδια κατασκευής

Η βάση της γεννήτριας φτιάχτηκε από ένα παλιό μελίσσι, το οποίο κόπηκε με σέγα στις κατάλληλες διαστάσεις και εν συνέχεια βάφτηκε με μπογιά ξύλου. Στη βάση επίσης προστέθηκαν δύο μικρότερες βάσεις στήριξης, η μια για την τοποθέτηση του ηλεκτροκινητήρα και η άλλη για την στήριξη της κάτω χτένας. Οι βάσεις αυτές έχουν τη δυνατότητα προσαρμογής του ύψους τοποθέτησης μέσω βιδών και παξιμαδιών, όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία.



Εικόνα 3.1 Στιγμιότυπο κατασκευής I – Βάση

Στη συνέχεια ο κινητήρας στερεώθηκε πάνω στη βάση και τοποθετήθηκε στον άξονά του ένας πλαστικός κύλινδρος, περιμετρικά του οποίου κολλήθηκε ένα λεπτό γυαλόχαρτο (Εικόνα 3.2) προκειμένου να υπάρχει η απαραίτητη τριβή με τον ιμάντα και η ομαλή περιστροφή αυτού.



Εικόνα 3.2 Στιγμιότυπο κατασκευής II – Κάτω κύλινδρος

Για τη κατασκευή της μονωτικής στήλης, χρησιμοποιήθηκαν υδραυλικοί σωλήνες από PVC, οι οποίοι κόπηκαν στο κατάλληλο μήκος, στη συνέχεια τους ενώθηκαν με τις κατάλληλες γωνίες, τύπου T, από το ίδιο υλικό (PVC). Τέλος η όλη κατασκευή στηρίχθηκε στη βάση με μεταλλικό τσέρκι και βίδες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3 Στιγμιότυπο κατασκευής III – Βάση με μονωτική στήλη

Για την τοποθέτηση του άνω κυλίνδρου, οποίος είναι πανομοιότυπος με τον κάτω, τρυπήθηκαν στο ίδιο ύψος οι δύο σωλήνες, περάστηκε μια ντίζα ως άξονας περιστροφής του κυλίνδρου και οι άκρες της ντίζας τεντώθηκαν με αυτοσχέδιους τεντωτήρες δεξιά και αριστερά (Εικόνα 3.4).



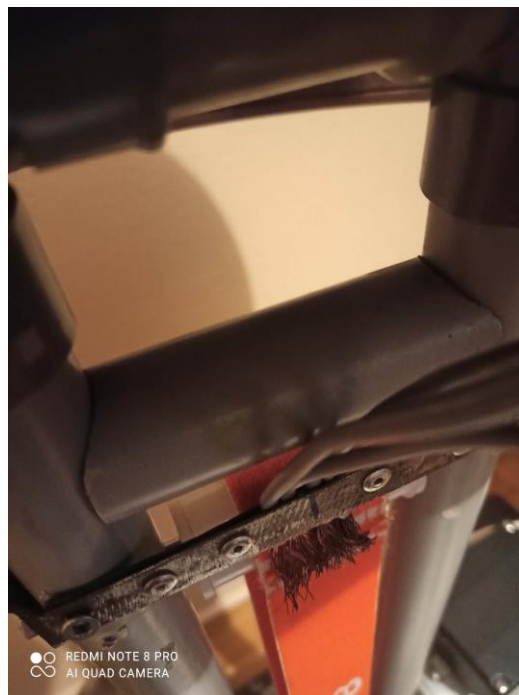
Εικόνα 3.4 Στιγμιότυπο κατασκευής IV – Επάνω κύλινδρος και η στήριξή του

Για την κατασκευή της κάτω χτένας χρησιμοποιήθηκαν μεταλλικά καρφιά, τα οποία συγκολλήθηκαν με αγωγούς για την αγωγίμη σύνδεση με τη γείωση του κινητήρα. Τα καρφιά τοποθετήθηκαν μέσα από κατάλληλες οπές που δημιουργήθηκαν στη βάση και στερεώθηκαν σε αυτήν (Εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5 Στιγμιότυπο κατασκευής V – Κάτω χτένα και τοποθέτησή της

Για την κατασκευή της πάνω χτένας χρησιμοποιήθηκαν χάλκινοι απογυμνωμένοι αγωγοί, οι οποίοι στερεώθηκαν με δύο μικρά αλουμιένια πλακίδια τα οποία ενώθηκαν μεταξύ τους αφού πρώτα τοποθετήθηκαν οι αγωγοί. Οι αγωγοί της χτένας ενώθηκαν αγωγή με τη μεταλλική σφαίρα. (Εικόνα 3.6)



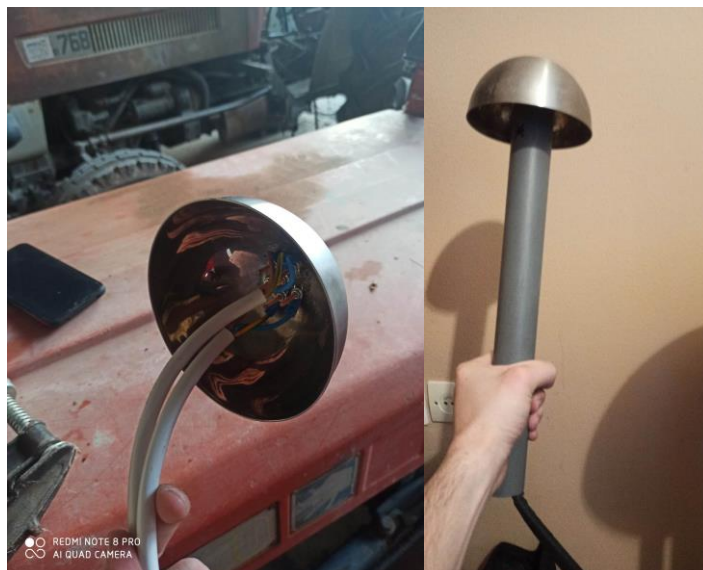
Εικόνα 3.6 Στιγμιότυπο κατασκευής VI – Επάνω χτένα

Για κοίλη μεταλλική σφαίρα επιλέχθηκε ένα μεταλλικό μπολ από κράμα αλουμινίου. Στο κέντρο της εσωτερικής πλευράς στηρίχθηκε με βίδα ένας ξύλινο κύλινδρος (Εικόνα 3.7), για τη στερέωση της σφαίρας με τη μονωτική στήλη, επίσης συγκολλήθηκαν με ειδική συσκευή συγκόλλησης μικρά τμήματα ντίζας στα οποία συνδέθηκαν αγωγίμα τα χάλκινα σύρματα της πάνω χτένας.



Εικόνα 3.7 Στιγμιότυπο κατασκευής VII – Εσωτερικό ημισφαιρικού ηλεκτροδίου

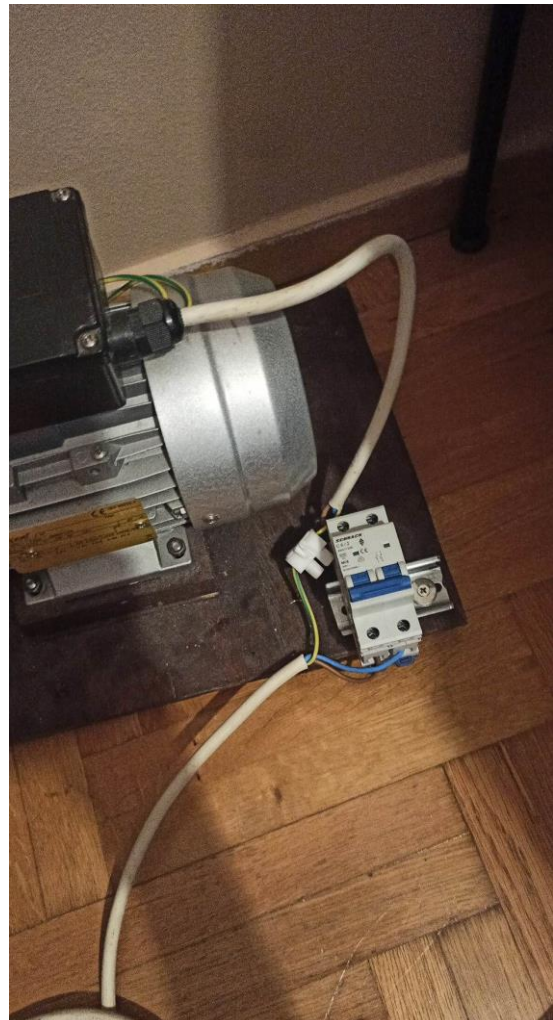
Για την κατασκευή του γειωμένου ηλεκτροδίου χρησιμοποιήθηκε ένα παρόμοιο μεταλλικό μπολ άλλα μικρότερο σε διατομή (Εικόνα 3.8). Αφού εγκαταστάθηκε το καλώδιο μέσα από έναν πλαστικό σωλήνα PVC, συνδέθηκαν οι αγωγοί με τον ίδιο τρόπο, όπως στη μεταλλική σφαίρα, και από την άλλη τους πλευρά τους συνδέθηκαν αγωγίμα με τη γείωση του κινητήρα.



Εικόνα 3.8 Στιγμιότυπο κατασκευής VIII – Ράβδος εκκένωσης

Τέλος, για την ασφάλεια του χρηστή αλλά και της γεννήτριας τοποθετήθηκαν:

- Αυτόματη διπολική ασφάλεια SCHRACK AM617206 2x6A 6kA, καμπύλη C (Εικόνα 3.9)
- Συνδέθηκε αγωγίμα η κάτω χτένα και το ραβδί εκκένωσης με τη γείωση στο σασί του κινητήρα, η οποία συνδέθηκε μέσω του καλωδίου τροφοδοσίας με τη γείωση της εγκατάστασης.
- Και πριν τη χρήση της γεννήτριας, ελέγχθηκε η ορθή λειτουργία του αντιηλεκτροπληξιακού διακόπτη διαρροής ηλεκτρικού ρεύματος της εγκατάστασης όπου δοκιμάστηκε η γεννήτρια Van de Graaff.



Εικόνα 3.9 Στιγμιότυπο κατασκευής IX – Διπολική ασφάλεια και κινητήρας

3.2 Βελτιώσεις αρχικής κατασκευής

Δοκιμές και προσαρμογές: Μόλις ολοκληρώθηκε η κατασκευή, πραγματοποιήθηκαν ενδελεχείς δοκιμές για να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία της γεννήτριας και έγιναν οι απαραίτητες προσαρμογές για τον σκοπό αυτό.

Να σημειωθεί ότι στον αρχικό σχεδιασμό είχε συνδεθεί σε σειρά με τη τροφοδοσία του κινητήρα ένα ποτενσιόμετρο, με σκοπό τη ρύθμιση της ταχύτητας του κινητήρα. Όμως, στον τελικό σχεδιασμό και κατασκευή αφαιρέθηκε το εν λόγω εξάρτημα καθώς η ρύθμιση γίνεται μέσω της μείωσης της τάσης τροφοδοσίας, μέθοδος που δεν συνίσταται γιατί ο κινητήρας στην προσπάθειά του να ανταπεξέλθει στο μηχανικό του φορτίο απορροφάει από το δίκτυο μεγαλύτερες εντάσεις ρεύματος της ονομαστικής του με αποτέλεσμα να καταπονείται και να υπάρχει κίνδυνος καταστροφής των τυλιγμάτων του λόγω υπερθέρμανσης. Ο ενδεδειγμένος τρόπος ρύθμισης των στροφών του είναι με την τοποθέτηση ενός inverter, όμως έχει σημαντικό οικονομικό κόστος.

Εν τέλει, η γεννήτρια που κατασκευάστηκε λειτουργεί σύμφωνα με τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Η τελική κατασκευή φαίνεται στην εικόνα της επόμενης σελίδας. Η γεννήτρια είναι ικανή να παράγει σπινθήρα μερικών εκατοστών μεταξύ του κυρίως ηλεκτροδίου και της ράβδου εκκένωσης.



Εικόνα 3.10 Γεννήτρια Van de Graaff που κατασκευάστηκε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

Ο στόχος της πτυχιακής εργασίας αυτής ήταν η κατασκευή μίας γεννήτριας Van de Graaff για να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς σκοπούς στο πλαίσιο των μαθημάτων Υψηλών Τάσεων του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας. Η κατασκευή ήταν επιτυχής. Συγκεκριμένα, το αποτέλεσμα της πτυχιακής εργασίας είναι μια λειτουργική ηλεκτροστατική γεννήτρια Van de Graaff. Μέσω προσεκτικής μελέτης, σχεδίασης, σχολαστικής συναρμολόγησης των εξαρτημάτων και τήρησης των θεμελιωδών αρχών της ηλεκτροστατικής, δημιουργήθηκε μια γεννήτρια ικανή να παράγει υψηλές τάσεις. Ο σπινθήρας μερικών εκατοστών που παράγεται κρίνεται επαρκής για τον σκοπό της γεννήτριας.

Για τη γεννήτρια σημαντικό ρόλο παίζει ο μάντας, η στήριξη του ηλεκτροδίου υψηλής τάσης και η ταχύτητα του κινητήρα. Το υλικό του μάντα καθορίζει τη μεταφορά φορτίων προς το ηλεκτρόδιο υψηλής τάσης. Η στήριξη είναι κρίσιμη γιατί μέσω ρευμάτων διαρροής εκφορτίζεται το ηλεκτρόδιο. Επίσης, πολύ σημαντική είναι και η μεταφορά φορτίων από τον μάντα προς το ηλεκτρόδιο υψηλής τάσης. Τα παραπάνω είναι τα στοιχεία που μπορούν να διερευνηθούν για πιθανή μελλοντική βελτίωση της συμπεριφοράς της γεννήτριας. Ως μελλοντικές βελτιώσεις προτείνονται:

- η χρησιμοποίηση τροφοδοτικού παραγωγής ηλεκτρικού φορτίου. Το οποίο θα συμβάλλει στην αποδοτικότερη λειτουργία της ηλεκτροστατικής γεννήτριας. Αυτό είναι μία διάταξη παραγωγής συνεχούς υψηλής τάσης μέσω ανόρθωσης. Η τάση αυτή εφαρμόζεται σε ένα επιπλέον ηλεκτρόδιο στη βάση του μάντα και παράγει εκκενώσεις κορώνα. Έτσι ο μάντας ψεκάζεται τεχνητά με φορτία αυξάνοντας τη συσσώρευση φορτίου και το δυναμικό στο ηλεκτρόδιο υψηλής τάσης.
- η αποτελεσματική ρύθμιση των στροφών του κινητήρα, η οποία θα βοηθούσε στον έλεγχο της μεταφοράς φορτίων προς το ηλεκτρόδιο υψηλής τάσης.

Η σελίδα αυτή είναι σκόπιμα λευκή

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Λίτος Β., (2008) Σχεδιασμός και Κατασκευή Γεννήτριας Van de Graaff, Διπλωματική Εργασία, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- [2] F. A. Furfari, A History of Van de Graaff Generator, IEEE Industry Applications Magazine, January-February (2005).
- [3] Κεζέμπογλου Γ., Κοτσομύτης Κ., (2011) Κατασκευή τροφοδοτικού συνεχούς υψηλής τάσης για τη γεννήτρια Van de Graaff του Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων του ΑΠΘ, Διπλωματική Εργασία, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Van_de_Graaff_generator, τελευταία πρόσβαση: Ιούνιος 2023.