

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ



Α΄ ΤΑΞΗ ΕΠΑ.Λ. - ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Β΄ ΤΑΞΗ ΕΠΑ.Λ. - ΤΟΜΕΙΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ:

- Φίλιππος Δημόπουλος
- Χαράλαμπος Παγιάτης
- Σταύρος Πάγκαλος

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ:

- Ροζάκος Νικόλαος

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ:

- Κανελλόπουλος Χαράλαμπος
- Παλαιοκρασάς Σταμάτης
- Χατζηευστρατίου Ιγνάτιος

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ:

- Σηφάκη Μαρία

ATELIER:

- COSMOSWARE

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Φίλ. Δημόπουλος • Χαρ. Παγιάτης • Στ. Πάγκαλος

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

Α΄ ΤΑΞΗ ΕΠΑ.Λ.

ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Β΄ ΤΑΞΗ ΕΠΑ.Λ.

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο **Στοιχεία Ηλεκτρολογίας** αποσκοπεί στο να δώσει στους μαθητές του Μηχανολογικού Τομέα των ΤΕΕ τις απαραίτητες βασικές γνώσεις για τον Ηλεκτρισμό και τις εφαρμογές του, ώστε:

▲ Να αποφεύγουν ενέργειες οι οποίες μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο τους εαυτούς τους και τον εξοπλισμό που χρησιμοποιούν κατά την εργασία τους και να εφαρμόζουν τους κανονισμούς και τα κατάλληλα μέτρα ασφαλείας.

▲ Να γνωρίζουν τα επιτρεπόμενα όρια παρέμβασής τους στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και να συνεργάζονται αρμονικά με τους ηλεκτρολόγους τεχνικούς.

▲ Να χρησιμοποιούν τις γνώσεις τους, τις σχετικές με τη δομή και λειτουργία των ηλεκτρικών εφαρμογών, ώστε να αξιοποιούν καλύτερα τις δυνατότητες του συναρτώμενου, με αυτές, μηχανολογικού εξοπλισμού.

Κατά τη συγγραφή του βιβλίου βρεθήκαμε αντιμέτωποι με δύο προκλήσεις: Αφ' ενός τις περιορισμένες ώρες διδασκαλίας του μαθήματος, αφ' ετέρου το μεγάλο εύρος της διδακτέας ύλης, σύμφωνα με το Πλαίσιο Προγράμματος των Σπουδών του μαθήματος. Προσπαθήσαμε να συμβιβάσουμε τα δύο αλληλοσυγκρουόμενα δεδομένα, χωρίς αυτό να αποβεί σε βάρος της πληρότητας και της επιστημονικής ακρίβειας στην ανάπτυξη των θεμάτων.

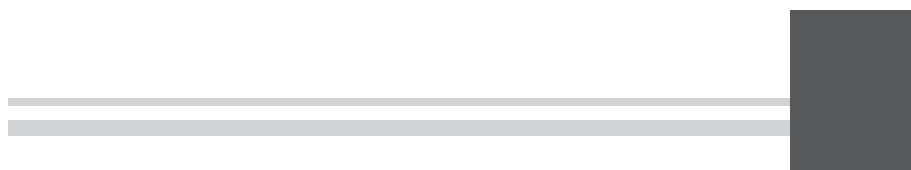
Στο βιβλίο έχουν περιληφθεί πολλά παραδείγματα, σχήματα, πίνακες, καθώς και ερωτήσεις, ασκήσεις, εργαστηριακές δραστηριότητες, που βοηθούν τους μαθητές στην καλύτερη κατανόηση και εμπέδωση της διδακτέας ύλης.

Ο διαθέσιμος χρόνος για τη συγγραφή του βιβλίου ήταν ελάχιστος. Είναι πιθανόν, λοιπόν, παρά τις προσπάθειές μας, να υπάρχουν ατέλειες, τις οποίες παρακαλούμε να μας επισημάνουν όσοι χρησιμοποιήσουν το βιβλίο, ώστε να διορθωθούν στην επόμενη έκδοση.

Ευχαριστούμε θερμά όλους, που με οποιονδήποτε τρόπο βοήθησαν, ώστε να καταστεί δυνατή η έκδοση αυτή και ιδιαίτερα τους κριτές του βιβλίου για τις εύστοχες υποδείξεις τους και τον συντονισμό των συγγραφικών ομάδων κ. Ν. Ροζάκο για την υποστήριξη που μας παρέσχε.

Οι συγγραφείς

Οι αναγνώστες, οι οποίοι θα διαπιστώσουν πιθανές παραλείψεις, αναγκαίες προσθήκες ή επιθυμούν να διατυπώσουν γενικότερες παρατηρήσεις, που θα βελτιώσουν το βιβλίο στην επόμενη έκδοσή του παρακαλούμε να απευθύνονται προς το: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Τομέας Μηχανολογικός, Μεσογείων 396, Αγία Παρασκευή 153 41, Αθήνα.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ.....	1
1.1 Δομή του ατόμου - Ηλεκτρικό φορτίο	5
1.2 Το ηλεκτρικό ρεύμα.....	9
1.3 Αγωγοί, μονωτές και ημιαγωγοί.....	11
1.4 Η ηλεκτρική τάση.....	13
1.5 Οι ηλεκτρικές πηγές	16
1.6 Το ηλεκτρικό κύκλωμα	23

1.7 Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος	28
1.8 Μέτρηση της τάσης και της έντασης του ρεύματος.....	30
1.9 Η ηλεκτρική αντίσταση	32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ - ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ . 43

2.1 Ο νόμος του Ωμ.....	46
2.2 Τρόποι σύνδεσης αντιστάσεων σε ηλεκτρικά κυκλώματα	51
2.3 Εφαρμογές του Νόμου του Ωμ και των ιδιοτήτων των συνδεδεμένων αντιστάσεων.....	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ..... 77

3.1 Μηχανική ενέργεια και ισχύς	80
3.2 Ηλεκτρική ισχύς.....	83
3.3 Ηλεκτρική ενέργεια	90
3.4 Μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας στο συνεχές ρεύμα....	91
3.5 Βαθμός απόδοσης.....	94

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ..... 101

4.1 Συνεχές και εναλλασσόμενο ρεύμα	105
4.2 Το εναλλασσόμενο ημιτονοειδές ρεύμα	108
4.3 Το τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα	111
4.4 Ο νόμος του Ωμ στο εναλλασσόμενο ρεύμα	115
4.5 Η ηλεκτρική ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα	117
4.6 Ο πυκνωτής.....	119

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ 131

5.1 Μαγνήτες.....	135
5.2 Το μαγνητικό πεδίο	139
5.3 Ηλεκτρικό ρεύμα και μαγνητικό πεδίο	142

5.4 Ο ηλεκτρονόμος	147
5.5 Η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.....	150
5.6 Η αυτεπαγωγή.....	154
5.7 Το πηνίο στο εναλλασσόμενο ρεύμα	156

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ..... 163

6.1 Η ρευματοδότηση από τη ΔΕΗ.....	166
6.2 Δομή μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης.....	172
6.3 Αγωγοί.....	176
6.4 Σωλήνες	182
6.5 Διακόπτες	188
6.6 Ασφάλειες.....	192
6.7 Ρευματοδότες - Ρευματολήπτες	197
6.8 Πίνακες διανομής	198

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ..... 207

7.1 Ηλεκτροπληξία	210
7.2 Πρώτες βοήθειες	213
7.3 Διατάξεις και μέσα προστασίας από την ηλεκτροπληξία	217
7.4 Ο ρόλος της γείωσης στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	227

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ 239

8.1 Γεννήτριες - κινητήρες (γενικά).....	243
8.2 Μηχανές συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος.....	244
8.3 Ηλεκτρικές μηχανές Ε.Ρ. (εναλλακτικές και κινητήρες).....	254
8.4 Ροπή και ισχύς των ηλεκτρικών κινητήρων	272
8.5 Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση των ηλεκτρικών κινητήρων	276
8.6 Συνήθεις βλάβες των ηλεκτρικών κινητήρων.....	285
8.7 Μετασχηματιστές (Μ/Σ)	287

8.8 Ανόρθωση εναλλασσόμενου ρεύματος	293
--	-----

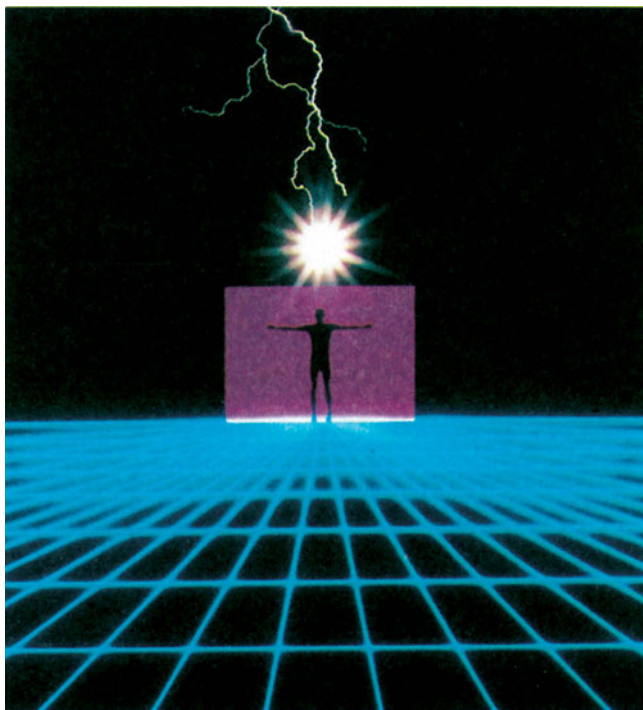
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ 301

9.1 Εισαγωγή	303
9.2 Διάκριση αυτοματισμών (συστήματα ανοικτού - κλειστού βρόχου)..	306
9.3 Ηλεκτρικοί αυτοματισμοί.....	311
9.4 Ηλεκτρονικά στοιχεία αυτοματισμών - Αισθητήρια	323
9.5 Πνευματικά συστήματα αυτοματισμών	331
9.6 Υδραυλικοί αυτοματισμοί.....	334
9.7 Σύνθετα συστήματα αυτοματισμού - Παραδείγματα	334

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 365

10.1 Ηλεκτρόλυση	368
10.2 Επιμετάλλωση	372
10.3 Επαγωγικοί φούρνοι.....	375
10.4 Ηλεκτροσυγκολλήσεις	377

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 385



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

- 1.1 Δομή του ατόμου - Ηλεκτρικό φορτίο
- 1.2 Το ηλεκτρικό ρεύμα
- 1.3 Αγωγοί, μονωτές και ημιαγωγοί
- 1.4 Η ηλεκτρική τάση
- 1.5 Οι ηλεκτρικές πηγές
- 1.6 Το ηλεκτρικό κύκλωμα

2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

1.7 Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος

1.8 Μέτρηση της τάσης και της έντασης του ρεύματος

1.9 Η ηλεκτρική αντίσταση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ηλεκτρισμός έχει εισέλθει τόσο πολύ στη ζωή μας, ώστε είναι πολύ δύσκολο να φανταστούμε τον κόσμο χωρίς τις εφαρμογές του. Θα ήταν ένας κόσμος χωρίς φώτα, τηλέφωνα, ραδιόφωνα, τηλεοράσεις, υπολογιστές, ψυγεία, ηλεκτρικές κουζίνες, ανελκυστήρες, κλιματιστικές συσκευές, πλυντήρια και τόσα άλλα. Ένας κόσμος όπου τα εργοστάσια θα είχαν ακόμη ατμομηχανές, αντί για ηλεκτροκινητήρες, και χιλιάδες καμινάδες θα κοσμούσαν τις πόλεις.

Το όνομά του ο ηλεκτρισμός το έχει πάρει από την ελληνική λέξη **ήλεκτρο**. Οι Αρχαίοι Έλληνες χρησιμοποιούσαν το υλικό αυτό, για να φτιάχνουν κοσμήματα και άλλα αντικείμενα τέχνης. (Ακόμη και σήμερα κατασκευάζονται κομπολόγια από κεχριμπάρι, όπως είναι γνωστό σήμερα το ήλεκτρο). Οι Αρχαίοι, λοιπόν, παρατήρησαν ότι, αν τρίψουν το ήλεκτρο με ένα μάλλινο ύφασμα, τότε αυτό αποκτά την ιδιότητα να έλκει μικρά αντικείμενα, όπως π.χ. πούπουλα και πριονίδια. Μπορούσε ακόμη να δημιουργεί και μικρούς σπινθήρες. Αυτή τη μυστηριώδη ιδιότητα του ήλεκτρου την ονόμασαν ηλεκτρισμό.

Πολύ αργότερα, τον 18ο και 19ο αιώνα, οι επιστήμονες μελέτησαν συστηματικά τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού. Η χρήση του όμως σε πρακτικές εφαρμογές ήταν πολύ περιορισμένη. Μόνο προς το τέλος του 19ου αιώνα, με τη μεγάλη ανάπτυξη της βιομηχανίας, δημιουργήθηκαν οι προϋποθέσεις για την εφεύρεση συσκευών, όπως ο ηλεκτρικός λαμπτήρας, η ηλεκτρογεννήτρια και ο ηλεκτρικός κινητήρας, που έδωσαν μεγάλη ώθηση στη διάδοση του ηλεκτρισμού.

Σήμερα γνωρίζουμε ότι ο ηλεκτρισμός είναι μια **μορφή ενέργειας**, που ονομάζεται **ηλεκτρική ενέργεια**. Χαρακτηριστικό αυτής της μορφής ενέργειας είναι ότι δεν την αντιλαμβανόμαστε άμεσα, με τις αισθήσεις μας, όπως π.χ. τη θερμότητα, το φως (τη φωτεινή ενέργεια), την κινητική ενέργεια. Αντιλαμβανόμαστε όμως πολύ καλά την παρουσία της, όταν τη **μετατρέπουμε** σε άλλες μορφές ενέργειας: στον ηλεκτροκινητήρα σε κινητική ενέργεια, στον ηλεκτρικό λαμπτήρα σε φωτεινή ενέργεια, στον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα σε θερμότητα, στην ηλεκτρόλυση σε χημική ενέργεια κ.λπ.

Γνωρίζουμε, ακόμη, ότι η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από άλλες μορφές ενέργειας: Στα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, η θερμαντική ενέργεια του καυσίμου (άνθρακα, πετρελαίου κ.λπ.) μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια, η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από τη δυναμική ενέργεια των υδατοπτώσεων, στα φωτοβολταϊκά στοιχεία, από την ενέργεια του ήλιου, στις αιολικές μηχανές (ανεμογεννήτριες), από την ενέργεια του ανέμου κ.λπ.

Η μεγάλη διάδοση της **ηλεκτρικής ενέργειας** οφείλεται στα σημαντικά **πλεονεκτήματα** που παρουσιάζει, σε σύγκριση με τις άλλες μορφές ενέργειας:

- **Μεταφέρεται εύκολα και ταχύτατα, μέσα από αγωγούς, όπου και αν την χρειαζόμαστε.**
- **Μετατρέπεται εύκολα, μέσα σε κατάλληλες συσκευές, σε άλλες χρήσιμες μορφές ενέργειας.**



Επιδιωκόμενοι στόχοι:

Με τη συμπλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου, θα μπορείτε:

- ☒ Να εξηγείτε τον ηλεκτρισμό με βάση την ηλεκτρονική δομή των ατόμων.
- ☒ Να ορίζετε τους αγωγούς και τους μονωτές.
- ☒ Να χρησιμοποιείτε στους συλλογισμούς σας τις έννοιες: ηλεκτρικό φορτίο, ηλεκτρικό ρεύμα, ηλεκτρική τάση, ηλεκτρική αντίσταση.
- ☒ Να αναφέρετε διάφορες πηγές ηλεκτρικού ρεύματος.
- ☒ Να ορίζετε την ηλεκτρεγερτική δύναμη και την πολική τάση μιας πηγής.
- ☒ Να περιγράφετε την αρχή λειτουργίας του ηλεκτρικού στοιχείου.
- ☒ Να περιγράφετε από τι αποτελείται ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα.
- ☒ Να ορίζετε τις μονάδες μέτρησης των βασικών ηλεκτρικών μεγεθών.
- ☒ Να αναφέρετε τα όργανα μέτρησης της τάσης και της έντασης του ρεύματος και τον τρόπο σύνδεσής τους στα ηλεκτρικά κυκλώματα.



Να αναφέρετε τους παράγοντες που καθορίζουν την ηλεκτρική αντίσταση των αγωγών.

1.1 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

Αν πάρουμε ένα οποιοδήποτε τμήμα ύλης (κάτι δηλαδή που να έχει μάζα και να καταλαμβάνει χώρο) και το κόβουμε συνεχώς, σε όλο και πιο μικρά κομμάτια, θα φτάσουμε κάποια στιγμή σε ένα στοιχειώδες τμήμα της ύλης, που δεν θα μπορούμε να το χωρίσουμε σε μικρότερα τμήματα. Σύμφωνα με την ατομική θεωρία για τη δομή της ύλης, το στοιχειώδες αυτό τμήμα της ύλης ονομάζεται **άτομο** (α-τέμνω), δηλαδή αδιαίρετο.

Υπάρχουν στη φύση εκατό περίπου διαφορετικοί τύποι ατόμων, που ενώνονται μεταξύ τους, για να συγκροτήσουν τα **μόρια**, σε διαφορετικούς συνδυασμούς δύο, τριών ή και περισσότερων ατόμων. Κάθε μόριο αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη ουσία (στοιχείο ή χημική ένωση), με συγκεκριμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες. Δισεκατομμύρια μόρια συγκροτούν όλα τα φυσικά σώματα, τον κόσμο δηλαδή, στον οποίο ζούμε.

Η σύγχρονη επιστήμη απέδειξε ότι και το άτομο αποτελείται από μικρότερα σωματίδια. Μοιάζει με μικρογραφία του ηλιακού συστήματος. Έχει έναν **πυρήνα** και **ηλεκτρόνια**, που περιστρέφονται σε καθορισμένες τροχιές γύρω από τον πυρήνα.

Ο πυρήνας, με τη σειρά του, αποτελείται από δύο ειδών σωματίδια: τα **πρωτόνια** και τα **νετρόνια** (ή **ουδετερόνια**). Τα πρωτόνια και τα νετρόνια έχουν μάζα πολύ βαρύτερη από τα ηλεκτρόνια.

Τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια είναι οι φορείς του Ηλεκτρισμού. Η ποσότητα Ηλεκτρισμού που φέρουν επάνω τους ονομάζεται **ηλεκτρικό φορτίο**.



Η ποσότητα του Ηλεκτρισμού ονομάζεται ηλεκτρικό φορτίο

Δεχόμαστε ότι τα ηλεκτρόνια είναι ηλεκτρικά φορτισμένα με **αρνητικό** φορτίο, τα πρωτόνια με **θετικό** φορτίο, ενώ τα νετρόνια **δεν φέρουν κανένα ηλεκτρικό φορτίο** (είναι ηλεκτρικά ουδέτερα).

Μάλιστα, παρά τη διαφορά μάζας που έχουν, το ηλεκτρικό φορτίο των ηλεκτρονίων είναι ακριβώς **ίσο** με το ηλεκτρικό φορτίο των πρωτονίων, έχει όμως αντίθετο πρόσημο (– στα ηλεκτρόνια, + στα πρωτόνια).

Το ηλεκτρικό φορτίο συμβολίζεται με το γράμμα **Q**.

Μονάδα μέτρησής του είναι το **C (Coulomb – Κουλόμπ)**.

Ηλεκτρικό Φορτίο	Σύμβολο Q	Μονάδα C (Coulomb – Κουλόμπ)
------------------	---------------------	--

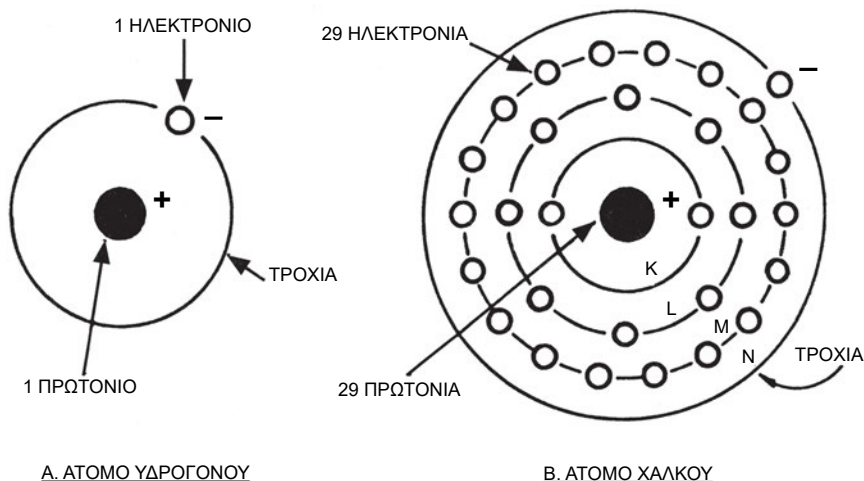
Έχει βρεθεί ότι κάθε ηλεκτρόνιο έχει αρνητικό φορτίο ίσο με

$$-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Κάθε πρωτόνιο, επομένως, έχει θετικό φορτίο ίσο με

$$+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Το άτομο εμφανίζεται στη φύση συνήθως ως ηλεκτρικά ουδέτερο, έχει δηλαδή **ίσο** αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων. Στο Σχ. 1.1.α απεικονίζεται ένα άτομο υδρογόνου και ένα άτομο χαλκού.



Σχήμα 1.2.α. Δομή των ατόμων υδρογόνου και χαλκού

Το κανονικό υδρογόνο* έχει πυρήνα που αποτελείται από ένα μόνο πρωτόνιο. Γύρω του περιστρέφεται ένα μόνο ηλεκτρόνιο. Στον πυρήνα

* Εκτός από το κανονικό υδρογόνο υπάρχει το δευτέριο (με ένα πρωτόνιο και ένα νετρόνιο στον πυρήνα του), καθώς και το τρίτιο (με ένα πρωτόνιο και δύο νετρόνια).

του ατόμου του χαλκού υπάρχουν 29 πρωτόνια και ίσος περίπου αριθμός νετρονίων. Γύρω του περιστρέφονται 29 ηλεκτρόνια.

Αφού ο αριθμός των θετικά φορτισμένων πρωτονίων είναι ίσος με τον αριθμό των αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων, το άτομο είναι κανονικά **ηλεκτρικά ουδέτερο**. Αν όμως, για κάποιο λόγο, **αφαιρεθούν** ηλεκτρόνια, τότε στο άτομο περισσεύουν τα θετικά φορτία. Σε αυτή την περίπτωση το άτομο, ως σύνολο, είναι θετικά φορτισμένο και ονομάζεται **θετικό ιόν**. Αν, αντίθετα, **προστεθούν** ηλεκτρόνια στο άτομο, τότε το άτομο φορτίζεται αρνητικά και ονομάζεται **αρνητικό ιόν**.

Ανάλογα μπορούμε να μιλάμε και για σώματα θετικά ή αρνητικά φορτισμένα, εφόσον, στην επιφάνειά τους, βρίσκονται άτομα θετικά ή αρνητικά φορτισμένα.

Χαρακτηριστική ιδιότητα των ηλεκτρικά φορτισμένων σωμάτων ή σωμάτων είναι ότι **ασκούν δυνάμεις** το ένα στο άλλο.

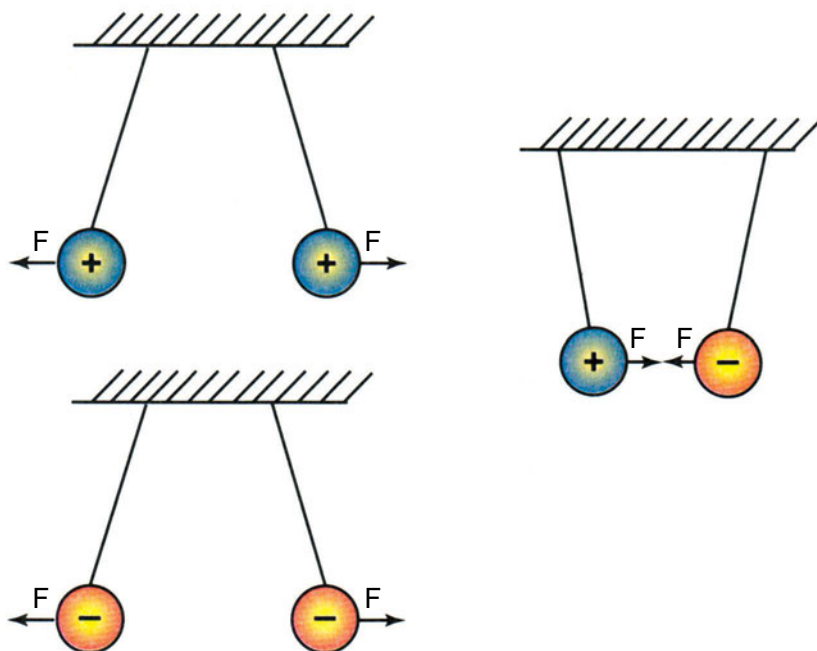
Αν δύο θετικά φορτία βρεθούν το ένα κοντά στο άλλο **απωθούνται**. Το ίδιο συμβαίνει, αν πλησιάσουν μεταξύ τους δύο αρνητικά φορτία. Αντίθετα, το θετικό φορτίο **έλκει** το αρνητικό φορτίο.

Το Σχ. 1.1.β. παρουσιάζει σχηματικά αυτές τις σχέσεις, που συμπυκνώνονται σε μία φράση:



**Τα ομώνυμα ηλεκτρικά φορτία απωθούνται,
τα ετερόνυμα έλκονται.**

Όσο πιο **μεγάλη** είναι η ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου στα σώματα και όσο πιο **κοντά** είναι τα ηλεκτρικά φορτία το ένα στο άλλο, τόσο **μεγαλύτερες** δυνάμεις, ελκτικές ή απωθητικές, αναπτύσσονται.



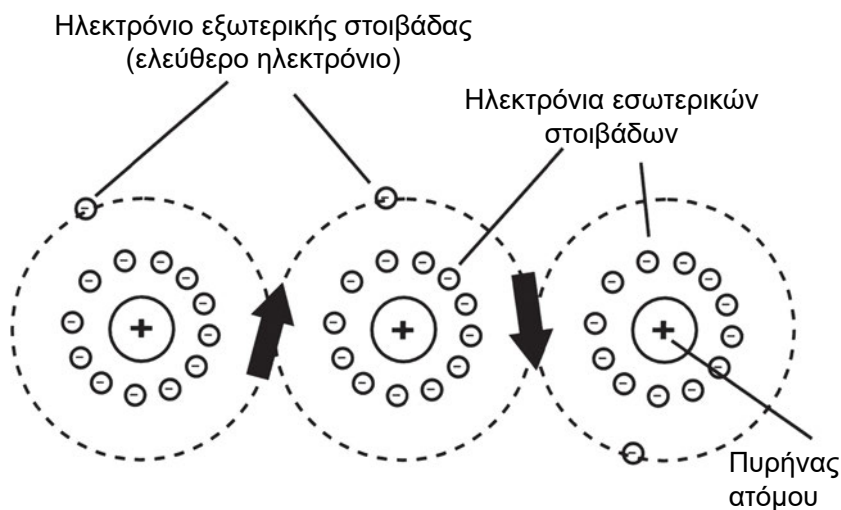
Σχήμα 1.1.β. Στις ομώνυμα φορτισμένες σφαίρες ασκούνται απωστικές δυνάμεις. Στις ετερόνυμα φορτισμένες σφαίρες ασκούνται ελκτικές δυνάμεις.

Αφού εξοικειωθήκαμε με την έννοια και τις ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου, μπορούμε να πούμε περισσότερα πράγματα για τη δομή του ατόμου.

Αναφέραμε, ήδη, ότι τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται σε καθορισμένες τροχιές. Οι τροχιές αυτές σχηματίζουν ομόκεντρες επιφάνειες με κέντρο τον πυρήνα, οι οποίες καθορίζονται με τον ίδιο τρόπο για όλα τα άτομα και ονομάζονται **στοιβάδες**. Κάθε στοιβάδα περιέχει έναν ορισμένο αριθμό ηλεκτρονίων. Όταν συμπληρωθεί με ηλεκτρόνια η πρώτη στοιβάδα, συμπληρώνεται η επόμενη, και ούτω καθ' εξής. Η τελευταία (εξωτερική) στοιβάδα του ατόμου ονομάζεται και στοιβάδα σθένους, μπορεί να έχει από 1 έως 8 ηλεκτρόνια και, όπως θα δούμε στη συνέχεια, είναι υπεύθυνη για την ηλεκτρική συμπεριφορά των ατόμων. Στο Σχ. 1.1.α, στο άτομο του χαλκού, έχουν συμπληρωθεί με ηλεκτρόνια οι εσωτερικές στοιβάδες και η εξωτερική του στοιβάδα έχει ένα μόνο ηλεκτρόνιο.

Οι δυνάμεις που κρατούν τα ηλεκτρόνια στις τροχιές τους είναι οι **ελκτικές** δυνάμεις, που αναπτύσσονται ανάμεσα στα θετικά φορτισμένα πρωτόνια του πυρήνα και στα αρνητικά ηλεκτρόνια. Οι δυνάμεις αυτές είναι πολύ ισχυρές για τα ηλεκτρόνια των εσωτερικών στοιβάδων, που βρίσκονται πιο κοντά στον πυρήνα. Αντίθετα, στα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας οι ελκτικές δυνάμεις είναι ασθενέστερες.

Αν δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες, μπορούν τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας να **απομακρυνθούν** από το άτομο. Το ηλεκτρόνιο που απελευθερώνεται από το άτομο ονομάζεται **ελεύθερο ηλεκτρόνιο**. Το άτομο που απομένει με λιγότερα ηλεκτρόνια γίνεται **θετικό ιόν** και έλκει με τη σειρά του ηλεκτρόνια από γειτονικά άτομα, προσπαθώντας να ξαναγίνει ηλεκτρικά ουδέτερο. Προκαλείται έτσι μια συνεχής κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων από άτομο σε άτομο. (Σχ. 1.1.γ)



Σχήμα 1.1.γ. Τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας των ατόμων μπορούν να γίνουν ελεύθερα ηλεκτρόνια και να μετακινηθούν από άτομο σε άτομο.

1.2 ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Είδαμε ότι τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας των ατόμων μπορούν να αποσπώνται και να κυκλοφορούν από άτομο σε άτομο, ως ελεύθερα ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια αυτά κινούνται με τυχαίο τρόπο, χωρίς κάποια τάξη, γι' αυτό και η κίνησή τους ονομάζεται άτακτη κίνηση.

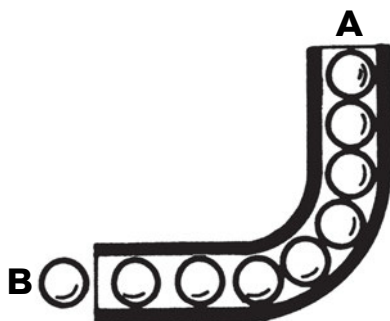
Κάτω όμως από ειδικές συνθήκες, τα ελεύθερα αυτά ηλεκτρόνια είναι δυνατόν να κινηθούν ομοιόμορφα, ν' αποκτήσουν δηλαδή κίνηση προσανατολισμένη σε μια κατεύθυνση.

Αυτή η **κατευθυνόμενη κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα**.

Η κίνηση των ηλεκτρονίων είναι αργή. Κινούνται με την ταχύτητα ενός μυρμηγκιού (μερικά χιλιοστά του μέτρου ανά δευτερόλεπτο). Δεν πρέπει

όμως να συγχέουμε την ταχύτητα των ηλεκτρονίων με το χρόνο που χρειάζεται το ρεύμα, για να φθάσει από το ένα άκρο ενός σύρματος στο άλλο. Γνωρίζουμε ότι όταν στο σπίτι μας πατήσουμε το διακόπτη, για ν' ανάψουμε το φως, η λάμπα ανάβει αμέσως.

Για να καταλάβουμε τι συμβαίνει, ας δούμε το μηχανικό ανάλογο που παρουσιάζεται στο Σχ. 1.2.α. Ο αγωγός του ηλεκτρισμού μπορεί να παρασταθεί με σωλήνα και τα ηλεκτρόνια με μικρές σφαίρες μέσα στον σωλήνα. Αν εξασκήσουμε μια ώθηση στη σφαίρα που βρίσκεται στο άκρο Α του σωλήνα, η ώθηση θα μεταδοθεί στη σφαίρα Β στο τέλος του σωλήνα.



Σχήμα 1.2.α. Μηχανικό ανάλογο για την ερμηνεία της ταχύτητας διάδοσης του ηλεκτρικού ρεύματος. Αν σπρώξουμε τη σφαίρα Α στο άκρο του σωλήνα, η κίνηση μεταδίδεται αμέσως στη σφαίρα Β στο τέλος του σωλήνα.

Το ίδιο συμβαίνει με το πάτημα του διακόπτη στην ηλεκτρική εγκατάσταση του σπιτιού. Τα ηλεκτρόνια που είναι κοντά στον διακόπτη, αρχίζουν να κινούνται ταυτόχρονα με τα ηλεκτρόνια που είναι κοντά στη λάμπα και την ανάβουν.

Το ηλεκτρικό ρεύμα, λοιπόν, μεταδίδεται με πάρα πολύ μεγάλη ταχύτητα (την ταχύτητα του φωτός).

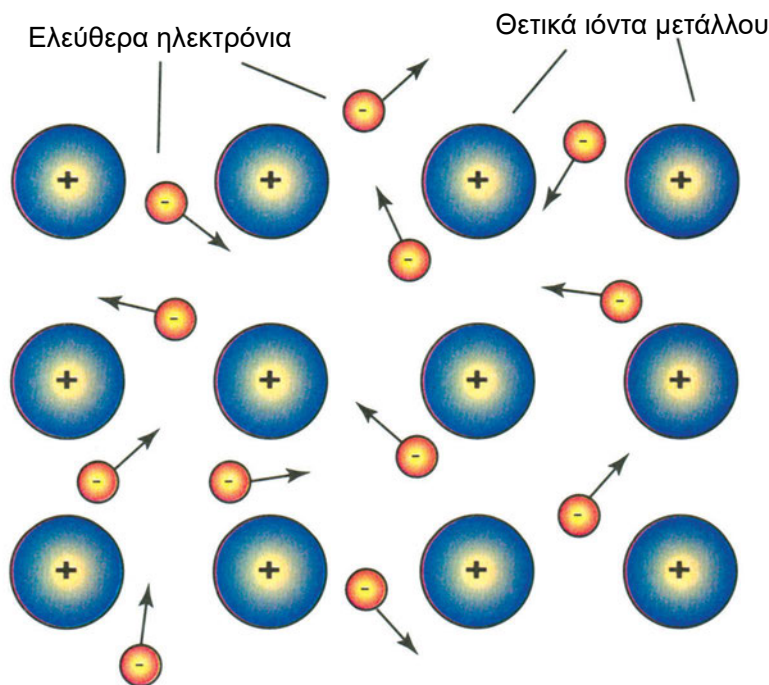
Εκτός από την κίνηση των ηλεκτρονίων στα στερεά σώματα, ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να δημιουργηθεί και από την **κίνηση ατόμων και μορίων**, τα οποία είναι **ηλεκτρικά φορτισμένα (θετικά και αρνητικά ιόντα)**. Αυτό συμβαίνει π.χ. στην ηλεκτρόλυση, όπου θετικά και αρνητικά ιόντα βρίσκονται σε υγρό διάλυμα και έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν ελεύθερα μέσα στο διάλυμα. Όπως είναι γνωστό, στα υγρά, τα μόρια κινούνται συνεχώς, κατά τυχαίο τρόπο, προς όλες τις κατευθύνσεις. Αν δημιουργηθούν όμως κατάλληλες συνθήκες, τα ιόντα αυτά αποκτούν κίνηση, προσανατολισμένη σε ορισμένη κατεύθυνση, πράγμα που ισοδυναμεί με ηλεκτρικό ρεύμα.

Για να συμπεριλάβουμε και αυτή την περίπτωση, το ηλεκτρικό ρεύμα ορίζεται γενικότερα, ως κατευθυνόμενη **κίνηση ηλεκτρικών φορτίων**.

1.3 ΑΓΩΓΟΙ, ΜΟΝΩΤΕΣ ΚΑΙ ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

Όλα τα υλικά δεν έχουν την ίδια ηλεκτρική συμπεριφορά. Σε υλικά, όπως τα μέταλλα, τα άτομα βρίσκονται πολύ κοντά το ένα στο άλλο. Αυτή η πυκνή δομή των ατόμων των μετάλλων ονομάζεται **κρυσταλλικό πλέγμα**. Τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στην εξωτερική στοιβάδα των ατόμων, απέχουν από τους πυρήνες των γειτονικών ατόμων, όσο και από τον πυρήνα του δικού τους ατόμου. Έτσι, οι ελκτικές δυνάμεις από τους πυρήνες αλληλοαναιρούνται και τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας γίνονται ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Τα μέταλλα δηλαδή αποτελούνται από άτομα που έχουν χάσει ηλεκτρόνια (**θετικά ιόντα**) και βρίσκονται σε καθορισμένες θέσεις στο κρυσταλλικό πλέγμα τους και από **ελεύθερα ηλεκτρόνια** που **περιφέρονται** ανάμεσα στα άτομα. Ο αριθμός των ελεύθερων ηλεκτρονίων είναι ίσος με τον αριθμό των θετικών ιόντων, ώστε τα θετικά και αρνητικά φορτία να εξουδετερώνονται. (Σχ. 1.3.α)



Σχήμα 1.3.α. Το κρυσταλλικό πλέγμα των μετάλλων αποτελείται από τα θετικά ιόντα και τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που περιφέρονται ανάμεσά τους.

Αν προσθέσουμε ηλεκτρόνια σε ένα σημείο του μετάλλου, θα συμβεί το εξής: Τα ηλεκτρόνια είναι ομώνυμα φορτισμένα (έχουν όλα αρνητικό φορτίο), απωθούν επομένως το ένα το άλλο. Έτσι, δεν θα μείνουν συγκεντρωμένα

στο σημείο που τα τοποθετήσαμε, αλλά θα διαχυθούν στο μέταλλο για να κατανεμηθούν ομοιόμορφα στη μάζα του μετάλλου. Με τη γλώσσα του ηλεκτρικού φορτίου, θα πούμε ότι τα αρνητικά φορτία μετακινήθηκαν μέσα από τη μάζα του σώματος.

Αν πάλι αφαιρέσουμε ηλεκτρόνια από κάποιο σημείο του μετάλλου, θα έρθουν ηλεκτρόνια από άλλες περιοχές, για να καλύψουν το κενό. Δηλαδή, το θετικό φορτίο (το έλλειμμα ηλεκτρονίων) που στην αρχή ήταν συγκεντρωμένο σε μια περιοχή, στη συνέχεια μετακινείται σε άλλες περιοχές.

Σώματα, όπως τα μέταλλα, που επιτρέπουν τη μετακίνηση ηλεκτρικών φορτίων μέσα από τη μάζα τους ονομάζονται αγωγίμα σώματα ή καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού ή απλά αγωγοί.

Αντίθετα, αν σε σώματα που δεν διαθέτουν ελεύθερα ηλεκτρόνια προσθέσουμε ή αφαιρέσουμε από κάποιο σημείο τους ηλεκτρόνια, θα επηρεασθούν μόνο τα άτομα που είναι κοντά στο σημείο αυτό. Θα φορτιστούν αρνητικά ή θετικά, ανάλογα, αν τα σώματα προσλάβουν ή δώσουν ηλεκτρόνια. Μη διαθέτοντας ελεύθερα ηλεκτρόνια, δεν έχουν μηχανισμό για τη μετακίνηση των ηλεκτρικών φορτίων. Τα ηλεκτρικά φορτία μένουν **εντοπισμένα** στα σημεία που δημιουργήθηκαν αρχικά.

Σώματα που δεν επιτρέπουν τη μετακίνηση ηλεκτρικών φορτίων μέσα από τη μάζα τους, ονομάζονται μονωτικά σώματα ή απλά μονωτές.

Μονωτές είναι το γυαλί, η πορσελάνη, το ξύλο, το καουτσούκ, πολλά πλαστικά υλικά, ο ξηρός αέρας κ.λπ.

Γενικά, από τα χημικά στοιχεία, μονωτικές ιδιότητες έχουν εκείνα που το άτομό τους, στην εξωτερική στοιβάδα, έχει 5 ή περισσότερα ηλεκτρόνια. Τέτοιου τύπου άτομα δύσκολα δημιουργούν ελεύθερα ηλεκτρόνια. Αντίθετα, στα μέταλλα η εξωτερική στοιβάδα έχει 1, 2 ή 3 ηλεκτρόνια, τα οποία συγκρατούνται χαλαρά και εύκολα μετατρέπονται σε ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Τέλος υπάρχει και μια τρίτη κατηγορία σωμάτων, οι **ημιαγωγοί**. Πρόκειται για σώματα που διαθέτουν μικρό αριθμό ελεύθερων ηλεκτρονίων και επιτρέπουν την περιορισμένη κίνηση ηλεκτρικών φορτίων. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα στοιχεία **πυρίτιο** και **γερμάνιο**, που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ηλεκτρονικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Τα δύο αυτά στοιχεία έχουν στην εξωτερική στοιβάδα των ατόμων τους 4 ηλεκτρόνια, πράγμα που εξηγεί τη θέση τους ανάμεσα στους αγωγούς και τους μονωτές.

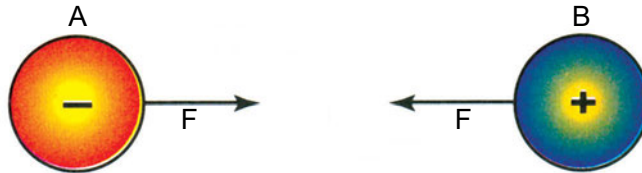
Στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν τέλει αγωγοί, ούτε τέλει μονωτές. Όλα τα σώματα όταν βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες επιτρέπουν, σε κάποιο βαθμό, τη μετακίνηση ηλεκτρικών φορτίων μέσα από αυτά.



1.4 Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΑΣΗ

Έχουμε ήδη εξηγήσει ότι θετικό φορτίο σημαίνει έλλειμμα ηλεκτρονίων και αρνητικό φορτίο, περίσσειμα ηλεκτρονίων.

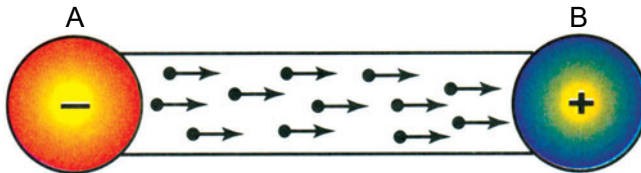
Ας υποθέσουμε ότι έχουμε δύο σώματα ετερόνυμα φορτισμένα (π.χ. δύο όμοιες σφαίρες), όπως φαίνεται στο Σχ. 1.4.α (I).



Σχήμα 1.4.α (I): Οι δύο σφαίρες A και B είναι ετερόνυμα φορτισμένες και έλκονται.

Ανάμεσα στα αρνητικά φορτία της σφαίρας A και τα θετικά φορτία της σφαίρας B, γνωρίζουμε ότι ασκούνται **ελκτικές** δυνάμεις. Τα δύο φορτία όμως παραμένουν στις θέσεις τους, όσο μεταξύ τους υπάρχει ο μονωτικός αέρας.

Τι θα συμβεί αν ενώσουμε τις δύο σφαίρες με ένα αγωγίμο (π.χ. χάλκινο) σύρμα; (Σχ. 1.4.α (II))



Σχήμα 1.4.α (II): Όταν οι δύο σφαίρες ενωθούν με αγωγίμο σύρμα, τα ηλεκτρόνια από την αρνητικά φορτισμένη σφαίρα A, κατευθύνονται προς τη θετικά φορτισμένη σφαίρα B.

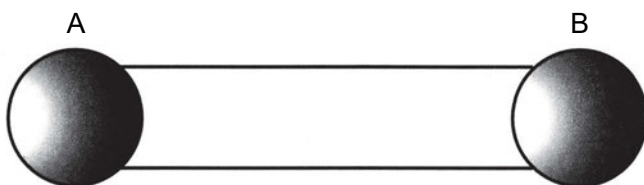
Μέσα από τον αγωγό κινούνται τα θετικά φορτία προς τα αρνητικά και τα αρνητικά προς τα θετικά. Κάθε φορά που ένα θετικό φορτίο συναντά ένα αρνητικό, τα δύο φορτία **εξουδετερώνονται**.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα το φαινόμενο μπορούμε να αναφερθούμε στα ηλεκτρόνια:

Στο σώμα A επικρατεί “συνωστισμός” ηλεκτρονίων. Αντίθετα, στο σώμα B που έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων, τα ηλεκτρόνια είναι αραιά κατανεμημένα. Τα ηλεκτρόνια του σώματος A είναι ομώνυμα φορτισμένα (έχουν όλα αρνητικό φορτίο), επομένως απωθεί το ένα το άλλο. Μόλις βρεθεί διέξοδος μέσα από το χάλκινο σύρμα, μετακινούνται προς το σώμα B για να αραιώσουν.

Κάθε φορά που ένα ηλεκτρόνιο εγκαταλείπει το σώμα Α, μειώνεται το αρνητικό φορτίο και κάθε φορά που ένα ηλεκτρόνιο φθάνει στο σώμα Β, μειώνεται το θετικό φορτίο του σώματος Β. Στο τέλος τα ηλεκτρόνια και στα δύο σώματα αποκτούν την ίδια πυκνότητα. Τότε θα έχουν εξουδετερωθεί τα αρχικά φορτία των δύο σωμάτων, αφού τα σώματα δεν παρουσιάζουν περίσσειμα ή έλλειμμα ηλεκτρονίων.

Για ένα μικρό χρονικό διάστημα, μέσα στο χάλκινο σύρμα θα υπάρχει προσανατολισμένη ροή ηλεκτρονίων προς μία κατεύθυνση, δηλαδή **ηλεκτρικό ρεύμα**. Όταν τα φορτία των δύο σωμάτων εξουδετερωθούν, το ρεύμα παύει. (Σχ. 1.4.α (III))



Σχήμα 1.4.α (III): Το ηλεκτρικό ρεύμα παύει, όταν εξουδετερωθούν τα φορτία των δύο σφαιρών.

Ας επανέλθουμε στις δύο σφαίρες, όπως ήταν, πριν τις ενώσουμε με το χάλκινο σύρμα.

Είναι προφανές ότι τα ηλεκτρόνια **έχουν την τάση** να κινηθούν από το σώμα Α, στο σώμα Β, αλλά τα εμποδίζει ο μονωτικός αέρας.

Αυτή η τάση ονομάζεται **ηλεκτρική τάση**. Δημιουργείται, όταν το ένα σώμα αποκτήσει περίσσειμα ηλεκτρονίων και το άλλο έλλειμμα. Με άλλα λόγια, όταν κρατάμε **διαχωρισμένα** μεταξύ τους ετερόνυμα ηλεκτρικά φορτία. Για να κρατάμε όμως σε απόσταση δύο φορτισμένα σώματα που **έλκονται μεταξύ τους**, πρέπει να δαπανήσουμε κάποιο έργο (να προσφέρουμε ενέργεια). Τα φορτισμένα σώματα αποκτούν έτσι ενέργεια και δημιουργείται η ηλεκτρική τάση.

Η ηλεκτρική τάση είναι τόσο **μεγαλύτερη**, όσο **περισσότερα** είναι τα **φορτία** και όσο **μεγαλύτερη** είναι η μεταξύ τους **απόσταση**.

Στην αρχή της διαδικασίας που περιγράψαμε με το Σχ. 1.4.α, ανάμεσα στα σώματα Α και Β υπήρχε ηλεκτρική τάση. Η τάση μειωνόταν όσο έρρεε ηλεκτρικό ρεύμα. Όταν η τάση μηδενίστηκε, σταμάτησε και το ηλεκτρικό ρεύμα.

Μπορούμε λοιπόν να πούμε:



Η ηλεκτρική τάση είναι η αιτία που προκαλεί τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος.

Η ηλεκτρική τάση συμβολίζεται με το γράμμα **U** και μετρίεται σε **V (Volt - Βολτ)**.

Ηλεκτρική τάση	Σύμβολο U	Μονάδα V (Volt - Βολτ)
----------------	---------------------	----------------------------------

Χρησιμοποιούνται ακόμα και οι μονάδες:

$$1 \text{ kV (kilovolt)} = 1000 \text{ V} = 10^3 \text{ V}$$

$$1 \text{ mV (millivolt)} = \frac{1}{1000} \text{ V} = 10^{-3} \text{ V}$$

Μερικές από τις πιο συνήθεις τάσεις που συναντάμε στην καθημερινή ζωή, φαίνονται στον πίνακα 1.4.α:

Πίνακας 1.4.α: Διάφορες τάσεις που συναντάμε στην καθημερινή ζωή

Εφαρμογή:	Τάση:
Μπαταρία αυτοκινήτου:	6V ή 12V
Κοινές μπαταρίες και συσσωρευτές:	1,5V έως 9V
Ο ρευματοδότης (πρίζα) στο σπίτι:	220V
Γραμμές υψηλής τάσης της ΔΕΗ:	150kV και 400kV
Τάση ανάμεσα στα σύννεφα και ανάμεσα στα σύννεφα και τη γη:	μέχρι 1.000.000.000V

Πολλές φορές, αντί του όρου ηλεκτρική τάση, χρησιμοποιείται ο όρος **διαφορά δυναμικού**.

Το **δυναμικό** χαρακτηρίζει την ηλεκτρική κατάσταση κάθε σώματος ή σημείου στο χώρο. Κάθε σώμα ή σημείο έχει μια τιμή δυναμικού που μετρίεται σε Volt, όπως και η τάση και μπορεί να είναι θετική ή αρνητική. Τα θετικά φορτισμένα σώματα έχουν θετικό δυναμικό, τα αρνητικά, αρνητικό.

Το δυναμικό της γης λαμβάνεται ίσο με το μηδέν.

Για να βρούμε τη διαφορά δυναμικού μεταξύ δύο σημείων A και B που έχουν αντίστοιχα δυναμικό U_A και U_B , αφαιρούμε το δυναμικό του δεύτερου από το δυναμικό του πρώτου και έχουμε τη **διαφορά δυναμικού** $U_A - U_B$. Η διαφορά δυναμικού $U_A - U_B$ είναι η ηλεκτρική τάση μεταξύ των σημείων

Α και Β. Αν η διαφορά δυναμικού είναι μηδέν, τότε και η ηλεκτρική τάση είναι μηδέν και δεν μπορεί να περάσει ηλεκτρικό ρεύμα ανάμεσα στα δύο σημεία, αν συνδεθούν με έναν αγωγό.

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ας υποθέσουμε ότι ένα θετικά φορτισμένο σώμα έχει δυναμικό

$U_A = +15V$ και ένα άλλο σώμα αρνητικά φορτισμένο $U_B = -10V$.

Ανάμεσά τους υπάρχει διαφορά δυναμικού ή ηλεκτρική τάση:

$$U_A - U_B = +15V - (-10V) = 25V$$

1.5 ΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Για να δημιουργηθεί ηλεκτρικό ρεύμα, πρέπει να έχουμε δύο σημεία, μεταξύ των οποίων να υπάρχει **ηλεκτρική τάση**, δηλαδή ένα σημείο με έλλειμμα και ένα σημείο με περίσσειμα ηλεκτρονίων. Αν ενώσουμε τα σημεία αυτά με έναν αγωγό, τότε θα περάσει ηλεκτρικό ρεύμα. Γρήγορα όμως το ρεύμα θα σταματήσει, μόλις εξουδετερωθούν τα ηλεκτρικά φορτία. Αν βρούμε επομένως έναν τρόπο να διατηρούμε σταθερή την ηλεκτρική τάση, τότε θα διατηρείται σταθερό και το ηλεκτρικό ρεύμα, όσο χρόνο θέλουμε.

Αυτή τη δουλειά κάνουν οι ηλεκτρικές πηγές ή καλύτερα οι πηγές ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι κυριότερες πηγές ηλεκτρικού ρεύματος είναι:

- **Οι ηλεκτρικές γεννήτριες**
- **Τα ηλεκτρικά στοιχεία και οι συσσωρευτές (μπαταρίες)**

Απ' αυτές οι σπουδαιότερες είναι οι ηλεκτρικές γεννήτριες, που μετατρέπουν κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική. Όλη η ηλεκτρική ενέργεια που μας προμηθεύει η ΔΕΗ προέρχεται από ηλεκτρικές γεννήτριες.

Με τις ηλεκτρικές γεννήτριες θα ασχοληθούμε σε επόμενο κεφάλαιο του βιβλίου.

1.5.1 Τα ηλεκτρικά στοιχεία

Μια απλοποιημένη παράσταση ηλεκτρικού στοιχείου φαίνεται στο Σχ. 1.5.α.

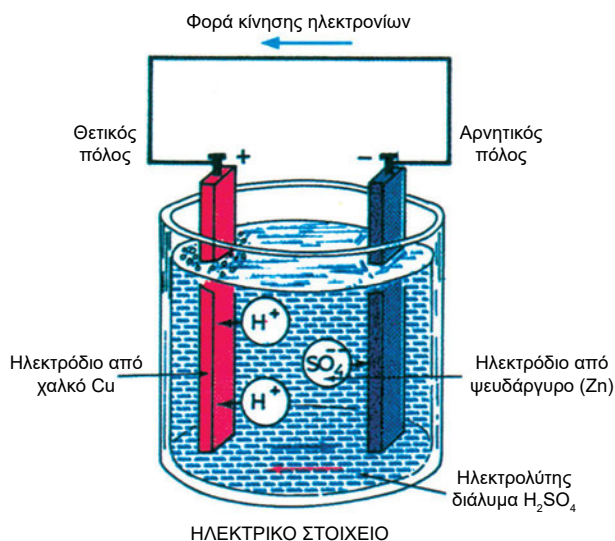
Αποτελείται από ένα δοχείο μέσα στο οποίο υπάρχει διάλυμα **ηλεκτρολύτη** (π.χ. διάλυμα θειικού οξέος H_2SO_4).

Στο διάλυμα είναι τοποθετημένες δύο μεταλλικές ράβδοι ή λάμες, που ονομάζονται **ηλεκτρόδια**. Τα ηλεκτρόδια είναι κατασκευασμένα από διαφορετικό υλικό. Στο παράδειγμά μας, το ένα είναι από χαλκό (Cu) και το άλλο από ψευδάργυρο (Zn). Τα ηλεκτρόδια καταλήγουν σε δύο **πόλους** έξω από τον ηλεκτρολύτη.

Μέσα στο διάλυμα του ηλεκτρολύτη συμβαίνουν τα εξής: Το μόριο του ηλεκτρολύτη, στην περίπτωση μας, του θειικού οξέος (H_2SO_4), διασπάται και σχηματίζει **ιόντα**. Δύο **θετικά** ιόντα υδρογόνου, H^+ και H^+ και ένα **αρνητικό** ιόν SO_4^{--} (θειική ρίζα).

Το ιόν του υδρογόνου H^+ είναι ένα άτομο υδρογόνου, που του λείπει ηλεκτρόνιο, ενώ στο ιόν SO_4^{--} περισσεύουν δύο ηλεκτρόνια.

Τα ιόντα κινούνται μέσα στο διάλυμα σε αντίθετες κατευθύνσεις. Τα ιόντα του H^+ κατευθύνονται στο ηλεκτρόδιο του χαλκού (Cu), ενώ τα ιόντα του SO_4^{--} κατευθύνονται στο ηλεκτρόδιο του ψευδαργύρου (Zn).



Σχήμα 1.5.α. Σχηματική παράσταση ηλεκτρικού στοιχείου για την περιγραφή της αρχής λειτουργίας του.

Συγκεντρώνονται έτσι στο ηλεκτρόδιο του χαλκού (Cu) ιόντα με έλλειμμα ηλεκτρονίων και στο ηλεκτρόδιο του ψευδαργύρου ιόντα με περίσσειμα ηλεκτρονίων.

Το αποτέλεσμα είναι το ηλεκτρόδιο του χαλκού (Cu) να φορτιστεί θετικά. Γίνεται έτσι ο **θετικός πόλος** του ηλεκτρικού στοιχείου, ενώ το ηλεκτρόδιο του ψευδαργύρου (Zn) φορτίζεται αρνητικά και γίνεται ο **αρνητικός πόλος** του στοιχείου.

Έτσι, ανάμεσα στους δύο πόλους του ηλεκτρικού στοιχείου δημιουργείται **ηλεκτρική τάση**.

Αν συνδέσουμε εξωτερικά τους πόλους του ηλεκτρικού στοιχείου με ένα αγωγίμο σύρμα, τότε θα αρχίσει να κυκλοφορεί ρεύμα ανάμεσα στους πόλους του στοιχείου. Ηλεκτρόνια δηλαδή από τον αρνητικό πόλο του στοιχείου μετακινούνται μέσα από το σύρμα προς το θετικό πόλο.

Μέσα στο διάλυμα του ηλεκτρολύτη έχουμε μετακίνηση των θετικών και αρνητικών ιόντων, προς αντίθετες κατευθύνσεις, έτσι ώστε να συντηρείται η περίσσεια ηλεκτρονίων στον αρνητικό πόλο και η έλλειψη ηλεκτρονίων στο θετικό πόλο.

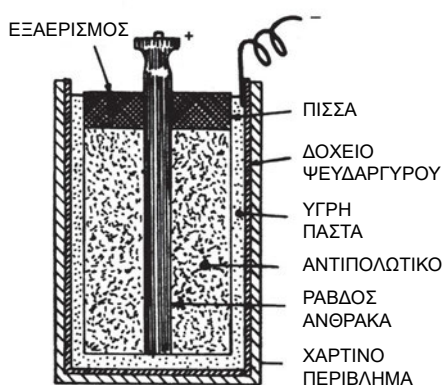
Αυτή η διαδικασία δε θα συνεχιστεί επ' άπειρο. Όσο περνάει το ρεύμα, τα ιόντα του διαλύματος αντιδρούν χημικά με τα ηλεκτρόδια και σιγά-σιγά τα καταστρέφουν. Τα ηλεκτρόδια διαλύονται σταδιακά στο διάλυμα ή δημιουργούνται επικαθίσεις στην επιφάνειά τους. Τότε λέμε ότι το ηλεκτρικό στοιχείο εξαντλήθηκε, δεν μπορεί, δηλαδή, να δώσει ηλεκτρική τάση.

Το ηλεκτρικό στοιχείο που περιγράψαμε ονομάζεται υγρό ηλεκτρικό στοιχείο. Υπάρχουν και ξηρά ηλεκτρικά στοιχεία, οι γνωστές “μπαταρίες”, που χρησιμοποιούμε στις διάφορες εφαρμογές της καθημερινής ζωής, ραδιόφωνα, ηλεκτρικούς φακούς κ.λπ. (Σχ. 1.5.β)



Σχήμα 1.5.β. Διάφοροι τύποι ξηρών ηλεκτρικών στοιχείων (μπαταρίες) που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές της καθημερινής ζωής.

Ο πιο συνηθισμένος τύπος είναι το ξηρό στοιχείο Λεκλανσιέ. (Σχ. 1.5.γ) Σ' αυτό, ο θετικός πόλος του στοιχείου είναι από άνθρακα και βρίσκεται στο κέντρο, ενώ ο αρνητικός πόλος είναι από ψευδάργυρο και αποτελεί το δοχείο που περιέχει τον ηλεκτρολύτη. Μέσα στο δοχείο ο ηλεκτρολύτης είναι σε μορφή παχύρρευστης **πάστας**, μαζί με μια ουσία που βελτιώνει τη λειτουργία του στοιχείου και ονομάζεται **αντιπολωτικό** υλικό. Στο πάνω μέρος η μπαταρία σφραγίζεται με πίσσα ή άλλο μονωτικό υλικό. Το δοχείο ψευδαργύρου καλύπτεται επίσης με μονωτικό (χαρτί ή πλαστικό φύλλο), εκτός από ένα κεντρικό μέρος στη βάση του στοιχείου, που αποτελεί τον αρνητικό πόλο.



α) ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ



β) ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΟΨΗ

Σχήμα 1.5.γ. Ξηρό στοιχείο Λεκλανσιέ.

Εκτός από τις κλασικές μπαταρίες ξηρού τύπου χρησιμοποιούνται πολύ και οι **αλκαλικές** μπαταρίες, που έχουν μεγαλύτερο κόστος. Παρουσιάζουν όμως ορισμένα πλεονεκτήματα: έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, δεν βγάζουν υγρά και παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή σε αντίξοες συνθήκες λειτουργίας. Αλκαλικές είναι και οι μικροσκοπικές μπαταρίες που χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές, όπως τα ωρολόγια χειρός, οι φωτογραφικές μηχανές, οι αναπτήρες κ.λπ.

Τα ηλεκτρικά στοιχεία, όταν εξαντληθούν, αχρηστεύονται. Υπάρχουν όμως και **επαναφορτιζόμενα** ηλεκτρικά στοιχεία που ονομάζονται **συσσωρευτές**, όπως η μπαταρία του αυτοκινήτου. Οι συσσωρευτές χρησιμοποιούνται ως **αποθήκες** ηλεκτρικής ενέργειας. **Φορτίζονται** με ρεύμα από το δίκτυο της ΔΕΗ, το οποίο αποδίδουν κατά τη λειτουργία τους. Έχουν τη δυνατότητα να φορτιστούν και να εκφορτιστούν πολλές φορές, μέχρι να καταστραφούν.

Για τους συσσωρευτές θα πούμε περισσότερα πράγματα σε επόμενο κεφάλαιο του βιβλίου.

1.5.2 Ηλεκτρεγερτική δύναμη και πολική τάση πηγής

Κάθε πηγή ηλεκτρικού ρεύματος, αναπτύσσει, όπως είδαμε, μια ηλεκτρική τάση μεταξύ του θετικού και του αρνητικού πόλου της.



Η τάση μεταξύ των πόλων της πηγής, όταν η πηγή δεν συνδέεται με εξωτερικό κύκλωμα, ονομάζεται **ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ)**.

Προσοχή, παρά το ότι ονομάζεται δύναμη, η ΗΕΔ δεν έχει καμία σχέση με τη δύναμη που μάθαμε στη Φυσική, δεν μετρείται δηλαδή σε N (Newton), αλλά σε **V (Volt)**.

Η ΗΕΔ έχει καθορισμένη τιμή για κάθε πηγή και εξαρτάται από τα **κατασκευαστικά στοιχεία** της πηγής.

Στα ηλεκτρικά στοιχεία η ΗΕΔ είναι η αιτία που αναγκάζει τα θετικά και αρνητικά ιόντα του διαλύματος να κινούνται προς τα ηλεκτρόδια. Η τιμή της είναι συνήθως μερικά V και εξαρτάται από τη χημική σύσταση του ηλεκτρολύτη και των ηλεκτροδίων.

Στις γεννήτριες, η ΗΕΔ εξαρτάται από το πώς έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί η γεννήτρια. Μπορεί να πάρει τιμές από μερικά mV έως μερικά kV, ανάλογα με τον τύπο της γεννήτριας.

Σχετικό μέγεθος με την Ηλεκτρεγερτική Δύναμη είναι η **πολική τάση** της πηγής.

Είναι η τάση που μετράμε στους πόλους της πηγής όταν η πηγή συνδέεται εξωτερικά με αγωγούς και τροφοδοτεί με ρεύμα κάποιο κύκλωμα.

Η πολική τάση είναι συνήθως ελαφρώς μικρότερη από την ΗΕΔ. Μειώνεται, όσο αυξάνεται το ρεύμα, που δίνει η πηγή στο εξωτερικό κύκλωμα.

1.5.3 Άλλοι τρόποι παραγωγής ηλεκτρεγερτικής δύναμης

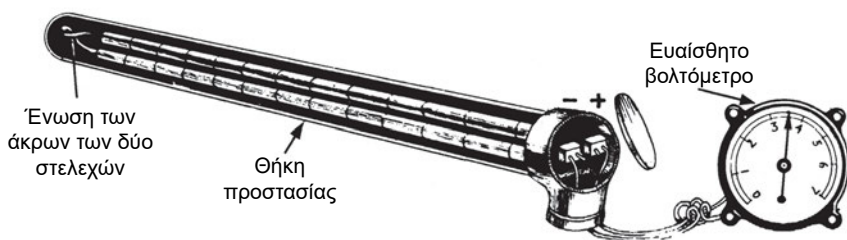
Εκτός από τους βασικούς τρόπους, που αναφέραμε, για την παραγωγή ηλεκτρικής δύναμης (γεννήτριες, ηλεκτρικά στοιχεία, συσσωρευτές), υπάρχουν και άλλοι τρόποι που μπορούν να δημιουργήσουν ηλεκτρεγερτική δύναμη. Αναφέρουμε συνοπτικά μερικούς από αυτούς:

α) Ηλεκτρισμός με τριβή

Αν τρίψουμε δυο σώματα μεταξύ τους, το ένα σώμα μπορεί να αποκτήσει ηλεκτρόνια και να τα χάσει το άλλο. Το ένα δηλαδή φορτίζεται αρνητικά και το άλλο θετικά. Επειδή τα φορτία παραμένουν στις επιφάνειες των σωμάτων, τον ηλεκτρισμό που δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο τον ονομάζουμε **στατικό ηλεκτρισμό**. Αν το φορτισμένο σώμα πλησιάσει σε μη φορτισμένο σώμα, μπορεί να δημιουργηθεί σπινθήρας (δηλαδή ηλεκτρικό ρεύμα). Στον στατικό ηλεκτρισμό που υπάρχει στα σύννεφα, οφείλονται οι κεραυνοί και οι αστραπές.

β) Το θερμοηλεκτρικό στοιχείο ή θερμοζεύγος

Αποτελείται από δύο μεταλλικά σύρματα, κατασκευασμένα από διαφορετικό υλικό, τα οποία είναι ενωμένα μεταξύ τους στο ένα άκρο τους (Σχ.1.5.3.α). Όταν το σημείο της ένωσης θερμανθεί, τότε μεταξύ των δύο άλλων άκρων δημιουργείται **ηλεκτρεγερτική δύναμη**. Η ηλεκτρεγερτική αυτή δύναμη είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του σημείου της ένωσης. Για το λόγο αυτό, τα θερμοζεύγη χρησιμοποιούνται ως θερμόμετρα για τη μέτρηση υψηλών θερμοκρασιών.



Σχήμα 1.5.3.α Θερμοηλεκτρικό στοιχείο

γ) Το φωτοβολταϊκό στοιχείο

Στο φωτοβολταϊκό στοιχείο ή φωτοστοιχείο ή ηλιακή κυψέλη (solar cell), παράγεται ηλεκτρεγερτική δύναμη από τη φωτεινή ακτινοβολία.

Ένα τέτοιο στοιχείο αποτελείται από μια λεπτή πλάκα κατασκευασμένη από διαφορετικές στρώσεις ημιαγωγικού υλικού (π.χ. πυριτίου). Όταν πέσει φωτεινή ακτινοβολία στην εξωτερική επιφάνεια του φωτοστοιχείου, δημιουργείται ανάμεσα στις δυο πλευρές της πλάκας **ηλεκτρεγερτική δύναμη**. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία χρησιμοποιούνται, όλο και περισσότερο, για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Σε συνδυασμό με συσσωρευτές, για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, όταν δεν υπάρχει ήλιος,

χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροδότηση απομονωμένων κατοικιών, φάρων, τηλεπικοινωνιακών σταθμών, αντλιοστασίων, ηλεκτρικών ψυγείων, τεχνητών δορυφόρων κ.λπ.

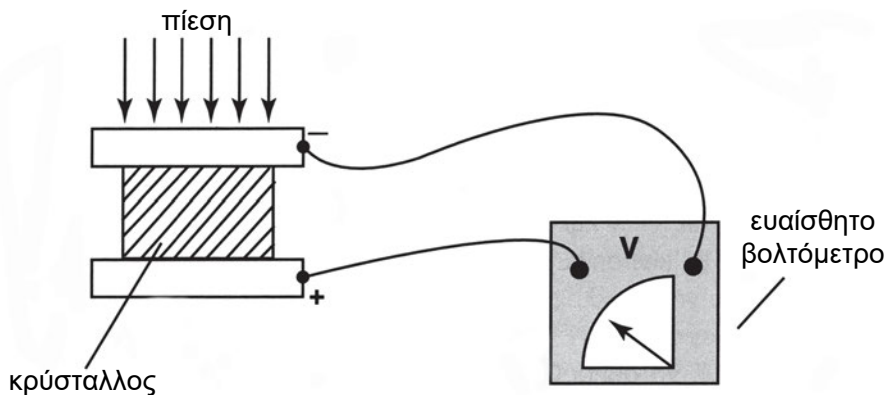
Τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευαστεί φωτοβολταϊκά συγκροτήματα που μπορούν να καλύψουν με ηλεκτρική ενέργεια ολόκληρες περιοχές. (Σχ. 1.5.3.β.)



Σχήμα 1.5.3.β. Συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων.

δ) Το πιεζοηλεκτρικό στοιχείο

Αν συμπιεσθούν πλακίδια από χαλαζία ή άλλο κατάλληλο κρύσταλλο, αναπτύσσεται ηλεκτρεγερτική δύναμη. Τα στοιχεία που κατασκευάζονται με τέτοιους κρυστάλλους, ονομάζονται πιεζοηλεκτρικά στοιχεία. Έχουν εφαρμογή στην κατασκευή μικροφώνων, ηλεκτρονικών ζυγών, αισθητήρων κραδασμών κ.λπ.

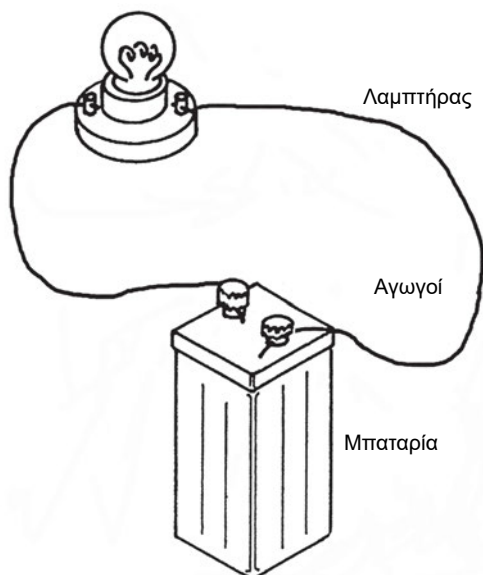


Σχήμα 1.5.3.γ. Αρχή λειτουργίας του πιεζοηλεκτρικού στοιχείου.

1.6 ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ

Ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα φαίνεται στο Σχ. 1.6.α. Αποτελείται από:

- α) Μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος (στο παράδειγμα μια μπαταρία).
- β) Μια συσκευή που καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια (στο παράδειγμα έναν ηλεκτρικό λαμπτήρα).
- γ) Τους αγωγούς σύνδεσης.

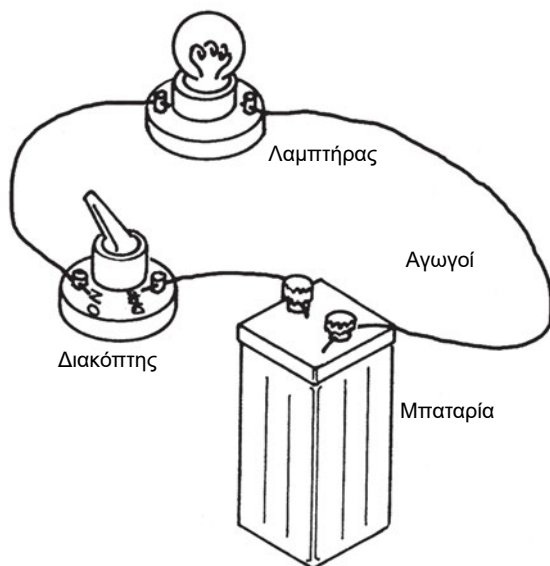


Σχήμα 1.6.α Απλό ηλεκτρικό κύκλωμα

Σε ένα τέτοιο κύκλωμα, τα ηλεκτρόνια μετακινούνται συνεχώς μέσα από τους αγωγούς και τον λαμπτήρα, με φορά από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο της πηγής. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη της πηγής, όπως είδαμε, διατηρεί τον αρνητικό πόλο της πηγής με περίσσειμα ηλεκτρονίων και το θετικό πόλο με έλλειμμα ηλεκτρονίων.

Μέσα στην μπαταρία, το ηλεκτρικό ρεύμα σχηματίζεται από την αντίθετη κίνηση των θετικών και αρνητικών ιόντων προς τους πόλους, πράγμα που ισοδυναμεί με κίνηση των ηλεκτρονίων από το θετικό προς τον αρνητικό πόλο της πηγής. Κυκλοφορεί έτσι ένα ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα, που ανάβει το λαμπτήρα.

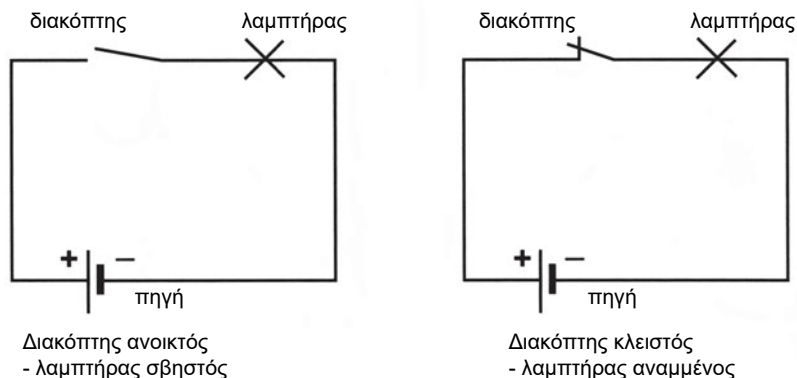
Αν θελήσουμε να σβήσουμε το λαμπτήρα, πρέπει να αποσυνδέσουμε σε κάποιο σημείο έναν από τους αγωγούς για να διακοπεί η ροή του ρεύματος στο κύκλωμα. Για να μην αποσυνδέουμε και επανασυνδέουμε τους αγωγούς κάθε φορά, προστίθεται στο ηλεκτρικό κύκλωμα ένας **διακόπτης**, ο οποίος μας επιτρέπει να διακόπτουμε και να επαναλειτουργούμε το κύκλωμα με το πάτημα ενός πλήκτρου (Σχ. 1.6.β).



Σχήμα 1.6.β. Απλό ηλεκτρικό κύκλωμα με την προσθήκη ενός διακόπτη.



Το ίδιο κύκλωμα σχεδιασμένο με χρήση ηλεκτρολογικών συμβόλων και με το διακόπτη στις δύο θέσεις του (ανοικτός - κλειστός) φαίνεται στο Σχ. 1.6.γ.



Σχήμα 1.6.γ. Συμβολική παράσταση ηλεκτρικού κυκλώματος με το διακόπτη στις δύο θέσεις του.

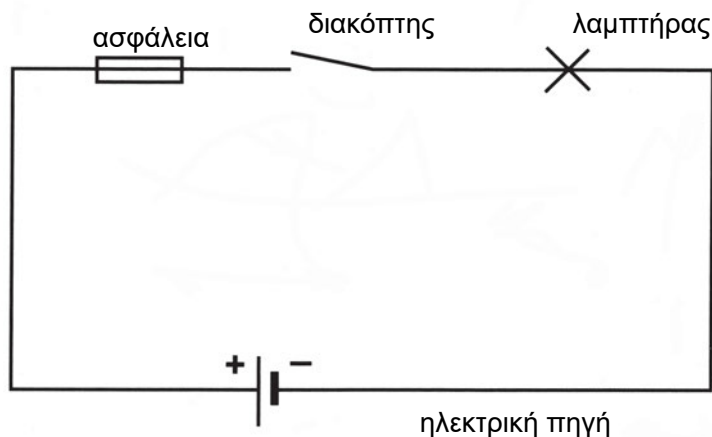
Τα ηλεκτρολογικά σύμβολα μας επιτρέπουν να αποφύγουμε πολύπλοκα σχέδια για τις ηλεκτρικές πηγές, τους λαμπτήρες και τις άλλες συσκευές και εξαρτήματα, που συνδέονται στο κύκλωμα.

Επισημαίνουμε ότι, για να **διακόψουμε** τη ροή του ρεύματος **ανοίγουμε** τον διακόπτη. Για να την **επαναφέρουμε, κλείνουμε** το διακόπτη.

Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την έκφραση που χρησιμοποιείται στην καθημερινή ζωή. Για να σβήσουμε το φως, λέμε “κλείνω το φως”, ή “κλείνω τον διακόπτη”, ενώ στην πραγματικότητα ανοίγουμε τον διακόπτη.

Για να είναι το κύκλωμα πλήρες, προσθέτουμε και μία ασφάλεια (Σχ.1.5.δ). Η ασφάλεια είναι ένα εξάρτημα που προστατεύει το κύκλωμα από την καταστροφή, αν για κάποιο λόγο, αυξηθεί υπερβολικά το ρεύμα, που διαρρέει το κύκλωμα. Για τις ασφάλειες θα μιλήσουμε με περισσότερες λεπτομέρειες σε επόμενο κεφάλαιο.

Όλα τα μέρη που απαρτίζουν το παραπάνω κύκλωμα προορίζονται να εξυπηρετήσουν το λαμπτήρα, γιατί αυτός θα μας δώσει το φως που χρειαζόμαστε. Ο λαμπτήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια της πηγής σε φωτεινή ενέργεια και μας φωτίζει. Γενικότερα, ο σκοπός κάθε ηλεκτρικού κυκλώματος είναι να προμηθεύει με ηλεκτρική ενέργεια μια συσκευή, η οποία μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε άλλη μορφή ενέργειας, που χρειαζόμαστε. Μια ηλεκτρική θερμάστρα που τροφοδοτείται με ρεύμα μας δίνει θερμότητα, ένας ανεμιστήρας μας προσφέρει την κινητική ενέργεια του αέρα, ένα ηλεκτρικό ψυγείο μας δίνει ψύξη κ.λπ.



Σχήμα 1.6.δ Το απλό κύκλωμα με την προσθήκη και ασφάλειας

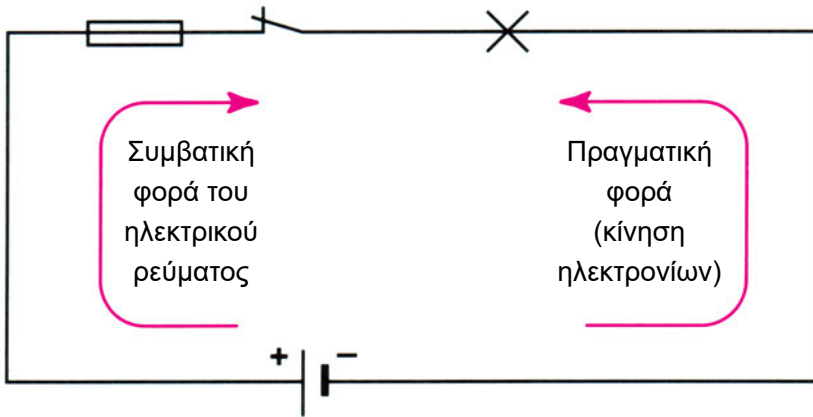
Μπορούμε λοιπόν να πούμε ότι:

Σκοπός της λειτουργίας ενός ηλεκτρικού κυκλώματος είναι η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε μια συσκευή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.

1.6.1 Η φορά του ρεύματος στο ηλεκτρικό κύκλωμα.

Μέχρι τώρα, αναφερθήκαμε στην κίνηση των ηλεκτρονίων, τα οποία κινούνται στο κύκλωμα από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο της πηγής. Αυτή είναι η **πραγματική** φορά του ρεύματος.

Στην Ηλεκτρολογία όμως θεωρούμε ότι το ρεύμα ακολουθεί την αντίθετη φορά. Κατευθύνεται δηλαδή από τον θετικό στον αρνητικό πόλο της πηγής. Τη φορά αυτή ονομάζουμε **συμβατική** φορά του ρεύματος. (Σχ.1.5.ε)

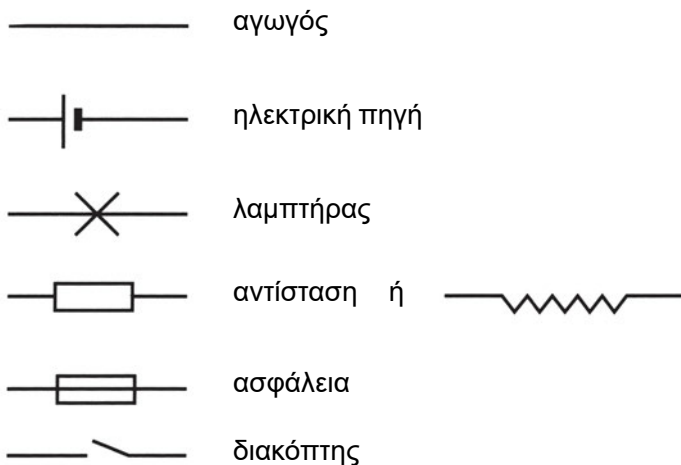


Σχήμα 1.6.ε. Πραγματική και συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος

Αυτό έγινε γιατί τα παλαιότερα χρόνια, όταν καθορίστηκε η φορά του ρεύματος δεν ήταν γνωστή η κίνηση των ηλεκτρονίων. Θα συμφωνούσε με την πραγματικότητα, αν τα ηλεκτρόνια είχαν θετικό φορτίο. Όταν όμως, αργότερα, καθορίστηκε ότι τα ηλεκτρόνια έχουν αρνητικό φορτίο, η πραγματική φορά του ρεύματος προέκυψε διαφορετική από τη συμβατική.

Τα κυκλώματα στην πράξη δεν είναι τόσο απλά, όπως αυτό του Σχ. 1.6.ε. Συχνά τροφοδοτούνται περισσότερες συσκευές κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας από το ίδιο κύκλωμα.

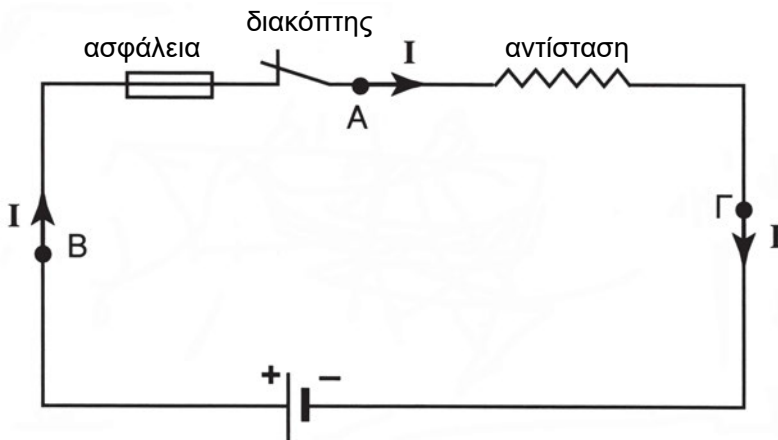
Τέτοια κυκλώματα αναφέρονται στο επόμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 1.6.στ Σύμβολα που χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό ηλεκτρικών κυκλωμάτων

1.7 Η ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, όπως στο Σχ. 1.7.α. Ας υποθέσουμε, ακόμη, ότι ένας παρατηρητής στέκεται σε μια τυχαία διατομή ενός αγωγού του κυκλώματος, π.χ. στο σημείο Α, και παρακολουθεί την κίνηση των ηλεκτρονίων.



Σχήμα 1.7.α Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ίδια σε κάθε σημείο του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος

Σε ένα χρονικό διάστημα θα έχει περάσει από τη διατομή κάποιος αριθμός ηλεκτρονίων. Αφού κάθε ηλεκτρόνιο είναι φορτισμένο με αρνητικό φορτίο, μπορούμε να πούμε ότι, στο ίδιο χρονικό διάστημα, έχει περάσει από τη διατομή μια ποσότητα ηλεκτρικού φορτίου Q , ίση με το άθροισμα των ηλεκτρικών φορτίων όλων των ηλεκτρονίων, που πέρασαν κατά το ίδιο χρονικό διάστημα.

Αν διαιρέσουμε το φορτίο με τον χρόνο που χρειάστηκε για να περάσει από τη διατομή, προκύπτει ένα φυσικό μέγεθος που μας δείχνει το **ρυθμό**, με τον οποίο περνούν τα ηλεκτρικά φορτία από τη διατομή.

Το μέγεθος αυτό ονομάζεται **ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος** και ορίζεται ως η **ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου που διέρχεται από τη διατομή ενός αγωγού στη μονάδα του χρόνου**.



$$\text{Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος} = \frac{\text{Ηλεκτρικό φορτίο}}{\text{Χρόνο}}$$

$$I = \frac{Q}{t}$$

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος συμβολίζεται με το γράμμα **I** και έχει μονάδα το **A (Ampere - Αμπέρ)**.

Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	Σύμβολο I	Μονάδα A (Ampere - Αμπέρ)
----------------------------	---------------------	-------------------------------------

Χρησιμοποιούνται ακόμα και οι μονάδες:

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A} = 1000 \text{ A}$$

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A} = \frac{1}{1000} \text{ A}$$

Σύμφωνα με τη σχέση $I = \frac{Q}{t}$, μεταξύ της μονάδας του ηλεκτρικού φορτίου **C** και της μονάδας του ηλεκτρικού ρεύματος **A** ισχύει η σχέση:

$$1\text{A} = \frac{1\text{C}}{1\text{s}} \text{ ή } 1\text{C} = 1\text{A} \times 1\text{s} \text{ (s = δευτερόλεπτο).}$$

Ας επανέλθουμε στο απλό κύκλωμα του Σχ. 1.7.α. Όσο το κύκλωμα είναι κλειστό κυκλοφορούν ηλεκτρόνια. Όπου και να κόψουμε νοητά το κύκλωμα, για να μετρήσουμε τα ηλεκτρόνια που περνούν π.χ. στα σημεία Β και Γ, θα βρούμε τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στη μονάδα του χρόνου. Αν βρίσκαμε διαφορετικό αριθμό, θα σήμαινε ότι, σε κάποιο σημείο του κυκλώματος χάνονται ή προστίθενται ηλεκτρόνια, πράγμα που δεν είναι δυνατόν να γίνει, καθώς γύρω από τους αγωγούς υπάρχει ο μονωτικός αέρας.

Επομένως,



Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος έχει την ίδια τιμή σε κάθε σημείο ενός κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος.

Η ένταση του ρεύματος σημειώνεται με βέλος πάνω ή δίπλα από τις γραμμές του ηλεκτρικού κυκλώματος με φορά από τον θετικό προς τον αρνητικό πόλο της πηγής (συμβατική φορά), όπως φαίνεται στο Σχ. 1.7.α.

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Πόσα ηλεκτρόνια περνούν κάθε δευτερόλεπτο από έναν αγωγό ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα έντασης 10A;

Απάντηση:

Από τον τύπο $I = \frac{Q}{t}$ ή $Q = I \times t$, βρίσκουμε το φορτίο που περνά από τον αγωγό σε ένα δευτερόλεπτο:

$$Q = 10 \text{ A} \times 1 \text{ s} = 10 \text{ A} \times 1 \text{ s} = 10 \text{ C}$$

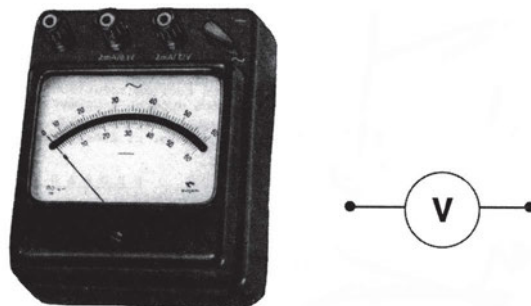
Διαιρώντας το φορτίο Q με το φορτίο κάθε ηλεκτρονίου

$Q_e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ βρίσκουμε τον αριθμό των ηλεκτρονίων που περνούν από τον αγωγό κάθε δευτερόλεπτο:

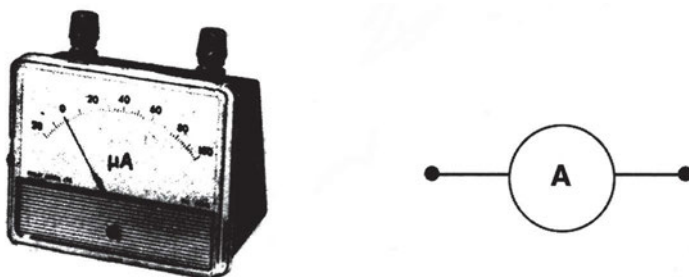
$$\frac{10 \text{ C}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 6,25 \times 10^{19} \text{ ηλεκτρόνια.}$$

1.8 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Η τάση και η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος μετρείται με ειδικά όργανα που ονομάζονται αντίστοιχα **Βολτόμετρα** και **Αμπερόμετρα**. Έχουν πάρει δηλαδή το όνομά τους από τη μονάδα μέτρησης του αντίστοιχου φυσικού μεγέθους.



Σχήμα 1.8.α Πραγματική μορφή βολτομέτρου και η συμβολική του παράσταση.

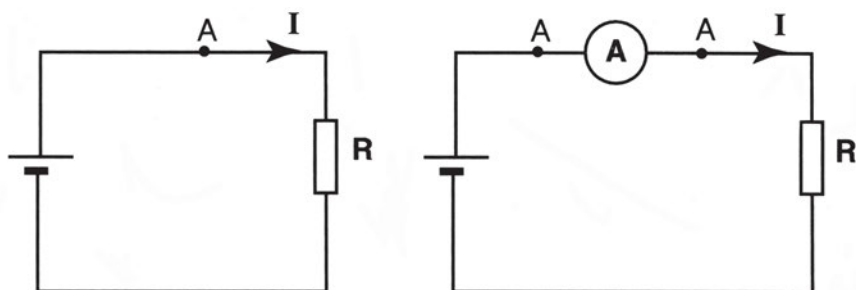


Σχήμα 1.8.β Πραγματική μορφή αμπερομέτρου και η συμβολική του παράσταση

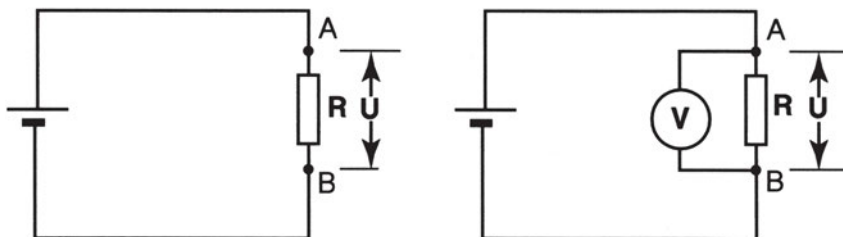
Και τα δύο όργανα έχουν κλίμακα βαθμολογημένη στις κατάλληλες μονάδες, πάνω στην οποία κινείται ένας δείκτης, ή δίνουν την ένδειξη ψηφιακά (με αναγραφή αριθμητικών ψηφίων). Και τα δύο όργανα έχουν δύο **ακροδέκτες** με τους οποίους συνδέονται στο ηλεκτρικό κύκλωμα. **Διαφέρουν** όμως ως προς τον **τρόπο σύνδεσης**.

Για να συνδεθεί το **αμπερόμετρο** πρέπει να **παρεμβληθεί** στο κύκλωμα. Όπως παρεμβάλλεται ο υδρομετρητής στο σωλήνα ύδρευσης και μετρά την κατανάλωση του νερού. Δηλαδή το αμπερόμετρο συνδέεται **σε σειρά** στο κύκλωμα. (Σχ. 1.8.γ)

Αντίθετα, για τη σύνδεση του **βολτόμετρου** δεν διακόπτεται το κύκλωμα. Οι δύο ακροδέκτες του βολτόμετρου, συνδέονται στα **δύο σημεία Α και Β του κυκλώματος**, μεταξύ των οποίων θέλουμε να μετρήσουμε την τάση. Δημιουργείται δηλαδή για το βολτόμετρο μια **παράλληλη** διακλάδωση στο κύκλωμα. (Σχ. 1.8.δ)



Σχήμα 1.8.γ Σύνδεση αμπερομέτρου για τη μέτρηση της έντασης I του ρεύματος που διαρρέει την αντίσταση R



Σχήμα 1.8.δ Σύνδεση βολτομέτρου για τη μέτρηση της τάσης U στα άκρα A και B της αντίστασης R

1.9 Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσα από ένα μεταλλικό αγωγό, τότε τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται ανάμεσα στα άτομα του αγωγού. Τα άτομα στο μεταλλικό πλέγμα **δεν είναι ακίνητα. Πάλλονται** γύρω από τη θέση ισορροπίας τους. Η κίνηση αυτή των ατόμων είναι γνωστή ως **θερμική κίνηση**. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του αγωγού, τόσο πιο έντονη γίνεται η θερμική κίνηση των ατόμων.

Η θερμική κίνηση των ατόμων **παρεμποδίζει** τα ηλεκτρόνια στη δική τους κίνηση. Γι' αυτό το λόγο κάθε στοιχείο του ηλεκτρικού κυκλώματος, αγωγός, συσκευή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ασφάλεια, ακροδέκτης κ.λπ., δυσκολεύει, λιγότερο ή περισσότερο, το πέρασμα του ρεύματος. Προβάλλει δηλαδή κάποια **αντίσταση** στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος.



Το φυσικό μέγεθος που καθορίζει την αντίσταση που προβάλλει ένα στοιχείο του ηλεκτρικού κυκλώματος στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, ονομάζεται ηλεκτρική αντίσταση του στοιχείου και συμβολίζεται με το γράμμα R .

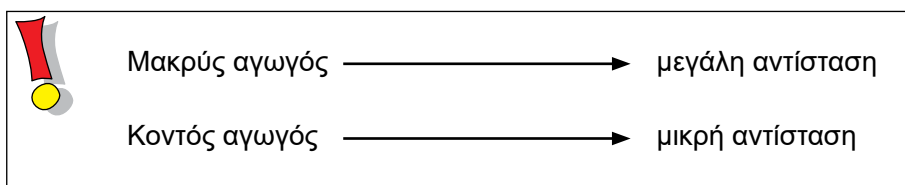
Μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης είναι το Ω (Ohm - $\Omega\mu$).

Ηλεκτρική αντίσταση ρεύματος	Σύμβολο R	Μονάδα Ω (Ohm - $\Omega\mu$)
---------------------------------	----------------	---

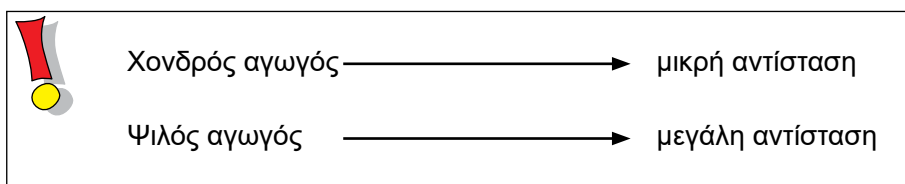
Η αντίσταση εξαρτάται από το υλικό του αγωγού και τις διαστάσεις του.

Από μετρήσεις της ηλεκτρικής αντίστασης διαφόρων αγωγών κατασκευασμένων από **το ίδιο υλικό**, οι οποίοι όμως έχουν **διαφορετικές διαστάσεις**, έχουν διαπιστωθεί τα εξής:

- Όσο πιο μακρύς είναι ο αγωγός, τόσο πιο μεγάλη είναι η αντίστασή του. Για να το θυμόμαστε εύκολα:



- Όσο πιο μεγάλη είναι η διατομή του αγωγού, τόσο πιο μικρή είναι η αντίστασή του:



Δύο αγωγοί με ίδιες διαστάσεις, π.χ. δύο σύρματα με το ίδιο μήκος και το ίδιο πάχος, αλλά κατασκευασμένα από **διαφορετικό υλικό**, δεν έχουν την ίδια ηλεκτρική αντίσταση.

Για να συγκρίνουμε την ηλεκτρική αντίσταση διαφορετικών υλικών χρησιμοποιούμε την **ειδική αντίσταση**.

Ειδική αντίσταση ενός υλικού είναι η ηλεκτρική αντίσταση, μετρημένη σε Ω , που παρουσιάζει ένα σύρμα από το συγκεκριμένο υλικό, το οποίο έχει μήκος 1m και διατομή 1mm^2 .

Για την ευκολία των υπολογισμών η ειδική αντίσταση μετριέται σε

$$\frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$$

αντί της κανονικής μονάδας στο Διεθνές Σύστημα, που είναι το $\Omega \times \text{m}$.

Ο πίνακας 1.9.α δείχνει την ειδική αντίσταση διαφόρων υλικών, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αγωγών:

Πίνακας 1.9.α. Ειδική αντίσταση μερικών υλικών σε θερμοκρασία 20 °C.

Υλικό	Ειδική αντίσταση ρ $\left(\frac{\Omega \times mm^2}{m}\right)$
Αλουμίνιο	0,0303
Άνθρακας	40 έως 100
Χρωμονικελίνη	1,12
Χαλκός	0,0178
Χρυσός	0,023
Χυτοσίδηρος	0,6 έως 1,6
Υδράργυρος	0,968
Άργυρος	0,0165
Χάλυβας	0,10 έως 0,25
Ψευδάργυρος	0,61

Στην κατασκευή ηλεκτρικών αγωγών για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, επιδιώκεται το υλικό των αγωγών να έχει όσο το δυνατόν μικρότερη αντίσταση.

Όπως φαίνεται στον πίνακα, τη μικρότερη ειδική αντίσταση ρ παρουσιάζει ο άργυρος και ακολουθούν ο χαλκός και το αλουμίνιο. Ο **άργυρος** (ασήμι) ανήκει στα ευγενή μέταλλα. Λόγω του κόστους του, χρησιμοποιείται μόνο σε πολύ ειδικές περιπτώσεις.

Οι περισσότεροι αγωγοί κατασκευάζονται από **χαλκό**, γιατί έχει και καλή μηχανική αντοχή. Το **αλουμίνιο** στοιχίζει φθηνότερα, αλλά παρουσιάζει μεγαλύτερη ηλεκτρική αντίσταση και έχει μικρή μηχανική αντοχή. Χρησιμοποιείται κυρίως στις εναέριες γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, όπου ανάμεσα στα σύρματα του αλουμινίου, τοποθετούνται και σύρματα από χάλυβα (ατσάλι) για την ενίσχυση της μηχανικής αντοχής του αγωγού.

Υπάρχει ένας πρακτικός τύπος με τον οποίο μπορεί να υπολογιστεί η **ηλεκτρική αντίσταση** οποιουδήποτε **σύρματος**, όταν γνωρίζουμε το **υλικό κατασκευής** του, το **μήκος** του και τη **διατομή** του:

$$R = \rho \times \frac{\ell}{S}$$

Όπου: ρ	η ειδική αντίσταση του υλικού σε $\frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$
ℓ	το μήκος του σύρματος σε m
S	η διατομή του σύρματος σε mm^2
R	η ηλεκτρική αντίσταση του σύρματος



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ποια είναι η αντίσταση ενός σύρματος από χαλκό που έχει μήκος 500 m και διατομή 2,5 mm^2 ;

Απάντηση

Ο τύπος είναι:

$$R = \rho \times \frac{\ell}{S}$$

Από τον πίνακα 1.9.α η ειδική αντίσταση του χαλκού είναι

$$\rho = 0,0178 \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Το μήκος είναι $\ell = 500 \text{ m}$.

Η διατομή του αγωγού $S = 2,5 \text{ mm}^2$

$$\text{Επομένως: } R = \frac{0,0178 \times 500}{2,5} = 3,56 \Omega$$

1.9.1 Μεταβολή της αντίστασης με τη θερμοκρασία

Η τιμή της αντίστασης των διαφόρων αγωγών μεταβάλλεται, όταν αλλάξει η θερμοκρασία τους.

Στα μέταλλα η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει, όπως αναφέραμε (παράγραφος 1.9), τη θερμική κίνηση των ατόμων, με αποτέλεσμα τα ελεύθερα ηλεκτρόνια να εμποδίζονται πιο έντονα, καθώς κινούνται ανάμεσα στα άτομα του μετάλλου. Επομένως:



Η αντίσταση των μεταλλικών αγωγών αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου συμβαίνει το αντίθετο. Στον άνθρακα και στους περισσότερους ημιαγωγούς (πυρίτιο, γερμάνιο), η αύξηση της θερμοκρασίας δημιουργεί και εδώ πιο έντονη θερμική κίνηση των ατόμων (αυξάνει το πλάτος των ταλαντώσεων των ατόμων). Η εντονότερη, όμως, κίνηση των ατόμων του ημιαγωγού έχει ως αποτέλεσμα να ελευθερώνονται, από την εξωτερική τους στοιβάδα περισσότερα ηλεκτρόνια. Αυξάνονται δηλαδή τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του ημιαγωγού και, επομένως, μειώνεται η αντίστασή του.



Η αντίσταση του άνθρακα και των περισσότερων ημιαγωγών μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Η ιδιότητα αυτή των μετάλλων και των ημιαγωγών έχει εφαρμογή στην κατασκευή **θερμομέτρων**. Ο ειδικός ημιαγωγός ή το κατάλληλο κράμα μετάλλου τοποθετείται στο στέλεχος του θερμομέτρου. Με ένα ηλεκτρικό κύκλωμα μέτρησης, ενσωματωμένο στο θερμόμετρο, μετρίεται συνεχώς η αντίσταση του ειδικού υλικού. Η τιμή της αντίστασης αυτής γίνεται, έτσι, το μέτρο της θερμοκρασίας του σώματος, στο οποίο είναι τοποθετημένο το θερμόμετρο.

1.9.2 Είδη ηλεκτρικών αντιστάσεων

Όπως είπαμε, κάθε στοιχείο ηλεκτρικού κυκλώματος παρουσιάζει κάποια αντίσταση. Με το πέρασμα του ρεύματος το στοιχείο ζεσταίνεται και, επομένως, ακτινοβολεί **θερμότητα** στο περιβάλλον. Αυτό οφείλεται στο ότι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που κινούνται μέσα στον αγωγό συγκρούονται με τα άτομα. Οι συγκρούσεις αυτές αυξάνουν τη **θερμική κίνηση** των ατόμων του μετάλλου, πράγμα που σημαίνει ότι η θερμοκρασία του αγωγού μεγαλώνει.

Στις γραμμές μεταφοράς του ηλεκτρικού δικτύου και στα σύρματα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων επιλέγουμε αγωγούς, με όσο το δυνατόν μικρότερη αντίσταση, προκειμένου οι **απώλειες ενέργειας** υπό μορφή θερμότητας να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες. Γι' αυτό χρησιμοποιούμε καθαρό χαλκό που παρουσιάζει πολύ μικρή ηλεκτρική αντίσταση.

Αντίθετα, στο μάτι της κουζίνας, στον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα κ.λπ. επιδιώκουμε να κατασκευάσουμε αντιστάσεις μεγάλης τιμής για να αξιοποιήσουμε τη θερμότητα, για το μαγείρεμα, τη θέρμανση του νερού κ.λπ. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται υλικά, όπως η **χρωμονικελίνη**,

που έχει μεγάλη ειδική αντίσταση $\left(\rho = 1,12 \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$.

Οι αντιστάσεις που κατασκευάζονται με αυτό τον τρόπο, χρησιμοποιούνται δηλαδή ως **θερμαντικά στοιχεία**, ονομάζονται και **αντιστάτες**.

Για τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, κατασκευάζονται αντιστάσεις μικρού μεγέθους, οι οποίες περιέχουν άνθρακα και άλλα στρώματα υλικών. Έχει καθιερωθεί ειδικός **κώδικας** χρωμάτων και γραμμών με τον οποίο μπορεί κανείς να βρίσκει την τιμή τέτοιων αντιστάσεων σε Ω .

Τα **ποτενσιόμετρα** είναι μεταβλητές αντιστάσεις. Η τιμή τους σε Ω αλλάζει με το γύρισμα ενός κουμπιού. Χρησιμοποιούνται στα ραδιόφωνα και πολλές άλλες ηλεκτρονικές συσκευές.



Σχήμα 1.9.β. Διάφοροι τύποι αντιστάσεων

Υπεραγωγιμότητα

Το 1911 ο Ολλανδός φυσικός H. K. Onnes ανακάλυψε ότι διάφορα υλικά χάνουν την ηλεκτρική τους αντίσταση σε θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$). Τα υλικά ονομάζονται τότε **υπεραγωγοί** και το φαινόμενο **υπεραγωγιμότητα**. Με υπεραγωγούς θα μπορούσαμε να μεταφέρουμε το ηλεκτρικό ρεύμα χωρίς απώλειες, χρησιμοποιώντας σύρματα πολύ μικρής διατομής.

Δυστυχώς για να φθάσουμε σε τόσο χαμηλές θερμοκρασίες, υπάρχουν πολλές τεχνικές δυσκολίες και το κόστος είναι απαγορευτικό.

Νεότερες έρευνες, το 1984, έδειξαν ότι υπάρχουν υλικά (π.χ. μερικά κεραμικά οξειδία του χαλκού) που γίνονται υπεραγώγιμα σε θερμοκρασίες σημαντικά υψηλότερες (πάνω από τους $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$). Με τη χρήση **υγρού αζώτου** για την ψύξη, είναι δυνατόν να επιτευχθούν τέτοιες θερμοκρασίες, με σχετικά οικονομικό τρόπο.

Έτσι τα τελευταία χρόνια, κατασκευάζονται καλώδια, μετασχηματιστές και άλλα ηλεκτρολογικά εξαρτήματα, στα οποία χρησιμοποιούνται υπεραγωγοί και κατάλληλα συστήματα ψύξης.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας και τη μείωση του κόστους, πιστεύεται ότι οι υπεραγωγοί θα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Η ποσότητα του ηλεκτρισμού ονομάζεται **ηλεκτρικό φορτίο**, συμβολίζεται με το γράμμα **Q** και μετριέται με το **C** (Coulomb - Κουλόμπ).
- Τα ομώνυμα ηλεκτρικά φορτία απωθούνται και τα ετερόνυμα έλκονται.
- Το άτομο αποτελείται από πρωτόνια, ηλεκτρόνια και νετρόνια (ή ουδέτερόνια). Τα πρωτόνια έχουν θετικό ηλεκτρικό φορτίο, τα ηλεκτρόνια αρνητικό και τα νετρόνια είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.
- Τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας των ατόμων μπορούν να αποσπασθούν από το άτομο και να γίνουν **ελεύθερα ηλεκτρόνια**.
- Το ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργείται από την κατευθυνόμενη κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων και, γενικότερα, των ηλεκτρικών φορτίων.

- Τα σώματα που επιτρέπουν τη μετακίνηση ηλεκτρικών φορτίων ονομάζονται **αγωγοί**, εκείνα που δεν την επιτρέπουν ονομάζονται **μονωτές**. Μεταξύ των δύο υπάρχουν και οι **ημιαγωγοί**.
- Η αιτία που προκαλεί το ηλεκτρικό ρεύμα είναι η **ηλεκτρική τάση**. Η τάση μετριέται σε **V** (Volt - Βολτ).
- Οι συσκευές που παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα λέγονται **ηλεκτρικές πηγές**. Οι σπουδαιότερες ηλεκτρικές πηγές είναι οι **γεννήτριες**, τα **ηλεκτρικά στοιχεία** και οι **συσσωρευτές**.
- Κάθε ηλεκτρική πηγή διαθέτει τη δική της **Ηλεκτρεγερτική Δύναμη**, που μετριέται σε **V**.
- Για να κυκλοφορεί το ηλεκτρικό ρεύμα, πρέπει να δημιουργηθεί ένα **ηλεκτρικό κύκλωμα**. Ένα στοιχειώδες ηλεκτρικό κύκλωμα αποτελείται από μια πηγή, ένα διακόπτη, μία ηλεκτρική συσκευή και τους αγωγούς σύνδεσης.
- Το ηλεκτρικό φορτίο που περνά, στη μονάδα του χρόνου, από ένα σημείο του ηλεκτρικού κυκλώματος, ονομάζεται **ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος**, συμβολίζεται με το γράμμα **I** και μετριέται σε **A** (Ampere - Αμπέρ).
- Κάθε αγωγός παρουσιάζει μια **ηλεκτρική αντίσταση**. Η αντίσταση συμβολίζεται με το γράμμα **R**, μετριέται σε **Ω (Ω μ - Ohm)** και εξαρτάται από το **υλικό** που είναι κατασκευασμένος ο αγωγός, τη **διατομή** του και το **μήκος** του. Η τιμή της αντίστασης επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του αγωγού.
- Οι αντιστάσεις θερμαίνονται, καθώς περνά το ηλεκτρικό ρεύμα από μέσα τους. Εκμεταλλευόμαστε την ιδιότητα αυτή για την κατασκευή **θερμαντικών στοιχείων**.
- Για την κατασκευή των αγωγών μεταφοράς του ρεύματος, χρησιμοποιείται ο **χαλκός** και το **αλουμίνιο**, γιατί παρουσιάζουν μικρή ηλεκτρική αντίσταση.

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα του Ηλεκτρισμού, σε σχέση με τις άλλες μορφές ενέργειας;
2. Να περιγράψετε τη δομή ενός ατόμου.
3. Τι είναι το θετικό και τι το αρνητικό ιόν;
4. Πότε ένα σώμα είναι θετικά φορτισμένο και πότε αρνητικά;
5. Με ποια μονάδα μετριέται το ηλεκτρικό φορτίο;
6. Η κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων από άτομο σε άτομο είναι ηλεκτρικό ρεύμα και γιατί;
7. Τι ορίζουμε ως αγωγούς, μονωτές και ημιαγωγούς;
8. Να κατατάξετε διάφορα υλικά ως αγωγούς και ως μονωτές, ανάλογα με την αγωγή ή μονωτική τους ικανότητα.
9. Πώς δημιουργείται η ηλεκτρική τάση και με ποια μονάδα μετριέται;
10. Να περιγράψετε ένα ηλεκτρικό στοιχείο και να εξηγήσετε την αρχή λειτουργίας του.
11. Τι ονομάζουμε ηλεκτρεγερτική δύναμη και τι πολική τάση μιας πηγής ηλεκτρικού ρεύματος;
12. Να αναφέρετε διάφορους τρόπους, με τους οποίους μπορεί να παραχθεί ηλεκτρεγερτική δύναμη.
13. Από τι αποτελείται ένα στοιχειώδες ηλεκτρικό κύκλωμα;
14. Τι εννοούμε όταν λέμε πραγματική και τι συμβατική φορά του ρεύματος;
15. Τι είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος και με ποια μονάδα μετριέται;
16. Με ποια μονάδα μετράμε την ηλεκτρική αντίσταση;
17. Τι ονομάζουμε ειδική αντίσταση ενός υλικού;
18. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης ενός συρμάτινου αγωγού;
19. Πώς μεταβάλλεται η αντίσταση με τη θερμοκρασία;



ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Αν από έναν αγωγό περνά ηλεκτρικό φορτίο ίσο με 20 C (Κουλόμπ) σε διάστημα 4 s, ποια είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος;
(Απάντηση: 5 A)
2. Πόσα μέτρα σύρμα από χρωμονικελίνη, διατομής $0,5 \text{ mm}^2$ χρειαζόμαστε, για να κατασκευάσουμε μια αντίσταση 15 Ω ;
(Απάντηση: 6,7 m)
3. Δύο σύρματα από το ίδιο υλικό και με το ίδιο μήκος έχουν αντιστάσεις $R_1 = 0,5 \Omega$ και $R_2 = 2 \Omega$ αντίστοιχα. Αν η διατομή του πρώτου σύρματος είναι 16 mm^2 , ποια είναι η διατομή του δεύτερου σύρματος;
(Απάντηση: 4 mm^2)
4. Ένας συρμάτινος αγωγός περνά από μια μηχανή συρματοποίησης, με αποτέλεσμα να διπλασιασθεί το μήκος του και να μειωθεί η διατομή του στο μισό. Τι μεταβολή θα υποστεί η ηλεκτρική του αντίσταση;
(Απάντηση: Θα τετραπλασιασθεί)



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

1. Να συγκεντρώσετε κοινές μπαταρίες κατασκευασμένες για διαφορετικές τάσεις λειτουργίας (π.χ. 1,5V, 3V, 4,5V, 6V, 9V).
2. Να μετρήσετε με τη βοήθεια ενός βολτομέτρου την τάση στους πόλους των μπαταριών και να καταγράψετε τα αποτελέσματα σε πίνακα. Ποιο ηλεκτρικό μέγεθος των μπαταριών έχετε μετρήσει;
3. Με κάθε μπαταρία να δημιουργήσετε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα συνδέοντας στους πόλους της με δύο σύρματα, ένα λαμπάκι, σαν και αυτά που χρησιμοποιούνται στους κοινούς φακούς (τάσης 4,5V). Σε ποια από τις μπαταρίες το λαμπάκι θα φωτοβολεί περισσότερο και σε ποια λιγότερο; Να ερμηνεύσετε το φαινόμενο.
4. Να μετρήσετε με ένα βολτόμετρο την τάση στους πόλους των μπαταριών, όταν είναι συνδεδεμένες στο κύκλωμα και τροφοδοτούν με ρεύμα το λαμπάκι. Τι παρατηρείτε σε σχέση με τις προηγούμενες μετρήσεις; Ποιο ηλεκτρικό μέγεθος έχετε μετρήσει στη δεύτερη περίπτωση;



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2

Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ Ω Μ - ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

- 2.1 Ο νόμος του Ω μ
- 2.2 Τρόποι σύνδεσης αντιστάσεων σε ηλεκτρικά κυκλώματα
- 2.3 Εφαρμογές του νόμου του Ω μ και των ιδιοτήτων των συνδεδεμένων αντιστάσεων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την ερμηνεία των φυσικών φαινομένων οι επιστήμονες διατυπώνουν υποθέσεις οι οποίες, εφόσον επαληθευθούν από την εμπειρική παρατήρηση και το πείραμα, γίνονται νόμοι και αρχές που διέπουν τα φυσικά φαινόμενα. Οι νόμοι αυτοί μας επιτρέπουν να προβλέψουμε την εξέλιξη των φυσικών φαινομένων και να υπολογίσουμε ποσοτικά τη μεταβολή ενός φυσικού μεγέθους, όταν μεταβάλλεται ένα άλλο φυσικό μέγεθος που το επηρεάζει. Για παράδειγμα, πόσο θα αυξηθεί η επιτάχυνση ενός σώματος, αν αυξηθεί η δύναμη που εφαρμόζεται σε αυτό.

Έχουν διατυπωθεί αρκετοί τέτοιοι νόμοι για τον Ηλεκτρισμό που ερμηνεύουν τις σχέσεις που υπάρχουν, τόσο ανάμεσα στα ηλεκτρικά μεγέθη (τάση, ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, φορτίο κ.λπ.), όσο και ανάμεσα σε ηλεκτρικά και μηχανικά μεγέθη (δύναμη, ταχύτητα). Πολλοί απ' αυτούς τους νόμους είναι διατυπωμένοι με μαθηματικές σχέσεις και προϋποθέτουν αυξημένες γνώσεις μαθηματικών για την κατανόησή τους.

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με τον Νόμο του Ohm ($\Omega\mu$) που συνδέει μεταξύ τους βασικά ηλεκτρικά μεγέθη. Παρόλο που ο νόμος είναι από τους πιο σπουδαίους του Ηλεκτρισμού, έχει το πλεονέκτημα να είναι απλός στη διατύπωσή του και για την κατανόησή του απαιτούνται μόνο οι στοιχειώδεις γνώσεις μαθηματικών. Στο ίδιο κεφάλαιο θα αναλυθεί και η λειτουργία ηλεκτρικών κυκλωμάτων, λίγο πιο σύνθετων από το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα που γνωρίσαμε στο 1ο Κεφάλαιο.

Οι γνώσεις αυτές αποτελούν το βασικό υπόβαθρο, για να μπορέσει κανείς να κατανοήσει πολλές από τις εφαρμογές του ηλεκτρισμού, που θα συναντήσει στην καθημερινή ή την επαγγελματική του ζωή.

**Επιδιωκόμενοι στόχοι:**

Με τη συμπλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου, θα μπορείτε:



Να αναφέρετε τον νόμο του Ωμ.



Να υπολογίζετε την τάση, την ένταση του ρεύματος και την αντίσταση, σε απλά κυκλώματα, χρησιμοποιώντας το νόμο του Ωμ.

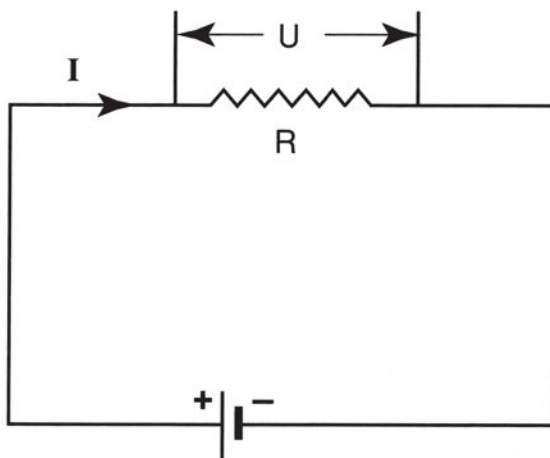
- ✓ Na αναφέρετε τις ιδιότητες της συνδεσμολογίας αντιστάσεων σε σειρά, παράλληλα και μικτά.
- ✓ Na υπολογίζετε την ολική αντίσταση και τα υπόλοιπα ηλεκτρικά μεγέθη (τάσεις, εντάσεις) σε απλά κυκλώματα σύνδεσης αντιστάσεων:
- ✓ Na αναγνωρίζετε ένα βραχυκύκλωμα.
- ✓ Na ορίζετε την πτώση τάσης κατά μήκος των ρευματοφόρων αγωγών και να αναφέρετε από ποιους παράγοντες επηρεάζεται.

2.1 Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ

Ο νόμος του Ωμ συνδέει μεταξύ τους τα βασικά ηλεκτρικά μεγέθη: την τάση **U**, την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος **I** και την ηλεκτρική αντίσταση **R**.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα του Σχ. 2.1.α

Στο κύκλωμα αυτό μία ηλεκτρική αντίσταση **R** είναι συνδεδεμένη με μια πηγή συνεχούς ρεύματος. Το ρεύμα που περνά από την αντίσταση είναι **I** και η τάση στα άκρα της αντίστασης **U**.



Σχήμα 2.1.α Απλό κύκλωμα για την κατανόηση του νόμου του Ωμ

Ο νόμος του Ωμ διατυπώνεται ως εξής:

Η ένταση του ρεύματος, που διαρρέει μια ηλεκτρική αντίσταση, υπολογίζεται, αν διαιρέσουμε την τάση στα άκρα της αντίστασης με την αντίσταση.

$$\text{Ένταση} = \frac{\text{Τάση}}{\text{Αντίσταση}} \quad I = \frac{U}{R}$$

Η ηλεκτρική αντίσταση R ενός στοιχείου του ηλεκτρικού κυκλώματος, όπως έχει αναφερθεί (παράγραφος 1.9) καθορίζεται από το υλικό κατασκευής και τις διαστάσεις του (μήκος, διατομή, όταν πρόκειται για αγωγούς). Εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Αν υποθέσουμε, όμως, ότι η θερμοκρασία δεν μεταβάλλεται, τότε και η τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης δεν μεταβάλλεται. Επομένως η προηγούμενη σχέση $I = U/R$ μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:



Για μια δεδομένη τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης, το ηλεκτρικό ρεύμα, που τη διαρρέει, είναι ανάλογο της τάσης, που επικρατεί στα άκρα της αντίστασης.

Αυτό σημαίνει ότι, αν διπλασιαστεί, τριπλασιαστεί κ.λπ. η τάση στα άκρα της αντίστασης, διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λπ. αντίστοιχα, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που τη διαρρέει.

Ο νόμος του Ωμ μπορεί ακόμη να πάρει και δύο άλλες ισοδύναμες μορφές, επιλύοντας τη σχέση $I = \frac{U}{R}$ προς R και U αντίστοιχα

$$\text{Αντίσταση} = \frac{\text{Τάση}}{\text{Ένταση}} \quad R = \frac{U}{I}$$

Η προηγούμενη σχέση μας λέει ότι:



Για να υπολογίσουμε την τιμή μιας ηλεκτρικής αντίστασης (σε Ω), αρκεί να διαιρέσουμε την ηλεκτρική τάση (σε V) που επικρατεί στα άκρα της με την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (σε A) που τη διαρρέει.

Επιλύοντας τον τύπο $I = \frac{U}{R}$, ως προς U , έχουμε τη σχέση

$$\text{Τάση} = \text{Αντίσταση} \times \text{Ένταση}$$

$$U = R \times I$$

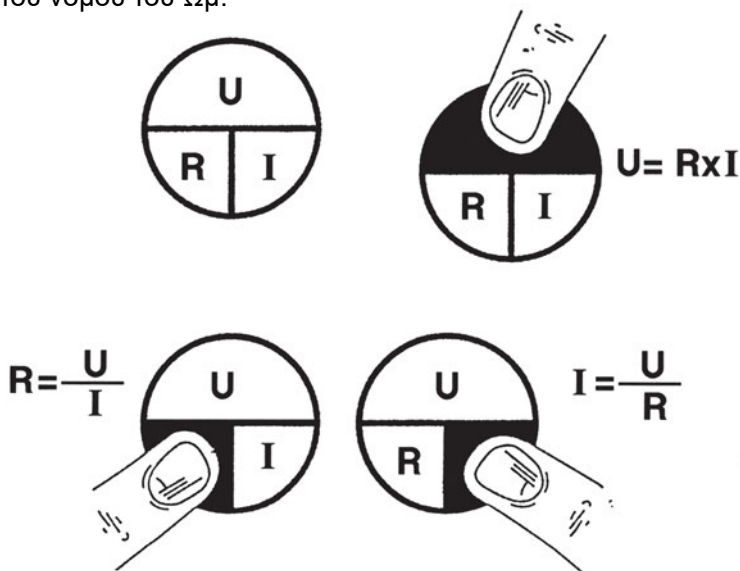
η οποία μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:



Η τάση (σε V) που επικρατεί στα άκρα μιας ηλεκτρικής αντίστασης είναι ίση με το γινόμενο της αντίστασης (σε Ω) επί την ένταση του ρεύματος (σε A) που περνά από την αντίσταση.

Ο νόμος του Ωμ μας επιτρέπει λοιπόν να υπολογίσουμε οποιοδήποτε από τα τρία μεγέθη I , U , R αν γνωρίζουμε τα άλλα δύο.

Το Σχ. 2.1.β μας βοηθά να θυμόμαστε εύκολα τις τρεις διαφορετικές μορφές του νόμου του Ωμ.



Σχήμα 2.1.β. Μνημονικός κανόνας για το νόμο του Ωμ. Αν καλύψουμε με το χέρι το άγνωστο μέγεθος, έχουμε τη σχέση των δύο άλλων μεγεθών.



Υπενθυμίζεται ότι:

α) Κάθε στοιχείο ενός ηλεκτρικού κυκλώματος (συρμάτινος αγωγός, λαμπτήρας, θερμαντική αντίσταση μιας ηλεκτρικής συσκευής κ.λπ.) παρουσιάζει μια ορισμένη **ηλεκτρική αντίσταση**.

β) Η **ηλεκτρική τάση** μετρίεται στα άκρα της ηλεκτρικής αντίστασης.

γ) Η **ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος** μετρίεται σε κάποιο σημείο του ηλεκτρικού κυκλώματος, από το οποίο περνά το ρεύμα που διαρρέει την ηλεκτρική αντίσταση.



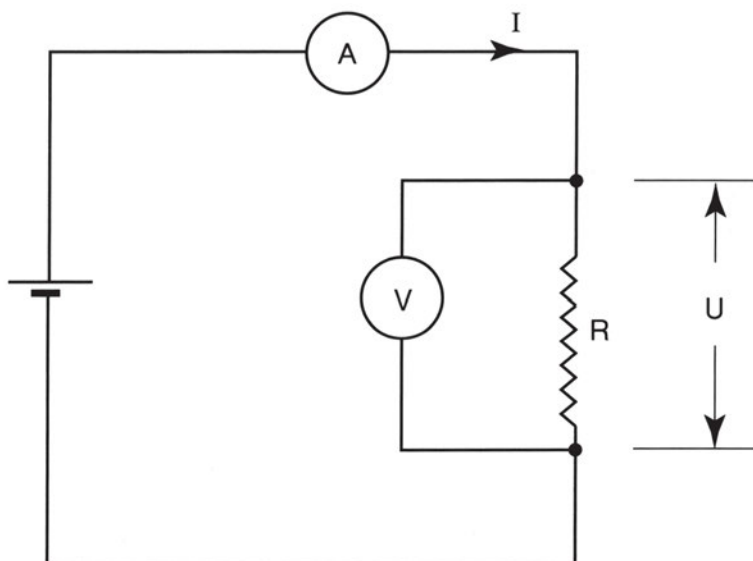
□ **Υπολογισμός της τιμής μιας αντίστασης με χρήση βολτομέτρου και αμπερομέτρου**

Αφού το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση είναι **ανάλογο της τάσης**, που εφαρμόζεται στα άκρα της, **ο λόγος της τάσης προς την ένταση του ρεύματος είναι σταθερός** και ισούται με την τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2U}{2I} = \frac{3U}{3I} = \dots$$

Αν εφαρμόσουμε, επομένως, μια οποιαδήποτε τάση στα άκρα μιας ηλεκτρικής αντίστασης και μετρήσουμε το αντίστοιχο ρεύμα που τη διαρρέει, υπολογίζουμε την τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης.

Στο σχ. 2.1.β φαίνεται ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, στο οποίο έχει τοποθετηθεί ένα βολτόμετρο και ένα αμπερόμετρο. Το βολτόμετρο μετρά την τάση στα άκρα της αντίστασης R και το αμπερόμετρο το ρεύμα που τη διαρρέει. Διαιρώντας την ένδειξη του βολτομέτρου σε V με την ένδειξη του αμπερομέτρου σε A , υπολογίζεται η τιμή της αντίστασης σε Ω .



Σχήμα 2.1.β. Συνδεσμολογία του βολτομέτρου και του αμπερομέτρου για τη μέτρηση της τιμής της ηλεκτρικής αντίστασης R .

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ Ωμ

❶ Πόση είναι η ένταση του ρεύματος I που περνά από ένα λαμπτήρα τάσης $U = 12V$, (σαν αυτούς των αυτοκινήτων), αν η ηλεκτρική αντίσταση του λαμπτήρα είναι $R = 4\Omega$;

Απάντηση

Η τάση στα άκρα του λαμπτήρα είναι $U = 12V$

Η ηλεκτρική αντίστασή του, $R = 4\Omega$

Σύμφωνα με το νόμο του Ωμ έχουμε:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{12V}{4\Omega} = 3A$$

❷ Μια ηλεκτρική ψηστήρα συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο του σπιτιού τάσης $U = 220V$ και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 10A$.

Ποια είναι η ηλεκτρική αντίσταση R του θερμαντικού στοιχείου της ψηστήρας;

Απάντηση

$U = 220V$

$I = 10A$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{220V}{10A} = 22\Omega$$

❸ Ποια είναι η ηλεκτρική τάση που επικρατεί στα άκρα μιας ηλεκτρικής αντίστασης $R = 600\Omega$, μέσα από την οποία περνά ρεύμα έντασης $I = 0,2A$;

Απάντηση

$R = 600\Omega$

$I = 0,2A$

$U = R \times I$

$$U = 600\Omega \times 0,2A = 120V$$

④ Μία συσκευή, όταν συνδέεται σε δίκτυο τάσης $U = 220 \text{ V}$, διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 5 \text{ A}$.

Πόσο ρεύμα θα περάσει από την ίδια συσκευή, αν συνδεθεί σε δίκτυο τάσης $U' = 110 \text{ V}$;

Απάντηση

Γνωρίζοντας την ηλεκτρική τάση και την ένταση του ρεύματος από την πρώτη σύνδεση, υπολογίζουμε την αντίσταση της συσκευής από τη σχέση:

$$R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{220 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 44 \Omega$$

Η ηλεκτρική αντίσταση της συσκευής δεν μεταβάλλεται κατά τη σύνδεση στο δίκτυο των 110 V , επομένως το ρεύμα που θα περάσει από τη συσκευή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I' = \frac{U'}{R}, \text{ όπου } U' = 110 \text{ V και } R = 44 \Omega$$

$$I' = \frac{110 \text{ V}}{44 \Omega} = 2,5 \text{ A}$$

2.2 ΤΡΟΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα δεν είναι πάντα τόσο απλά, όπως αυτό του Σχ. 2.1.α. Τις περισσότερες φορές στο ίδιο κύκλωμα υπάρχουν πολλές ηλεκτρικές καταναλώσεις, κάθε μια από τις οποίες έχει κάποια ηλεκτρική αντίσταση.

Ο τρόπος που συνδέονται μεταξύ τους αυτές οι ηλεκτρικές αντιστάσεις λέγεται συνδεσμολογία.

Οι βασικές συνδεσμολογίες είναι:

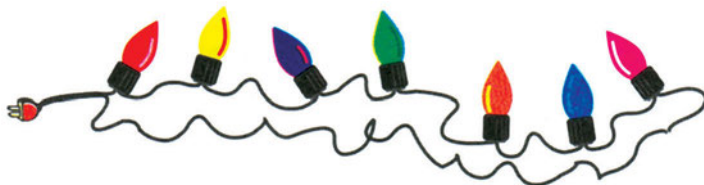
α) Η συνδεσμολογία **σειράς**.

β) Η **παράλληλη** συνδεσμολογία.

γ) Η **μικτή** συνδεσμολογία.

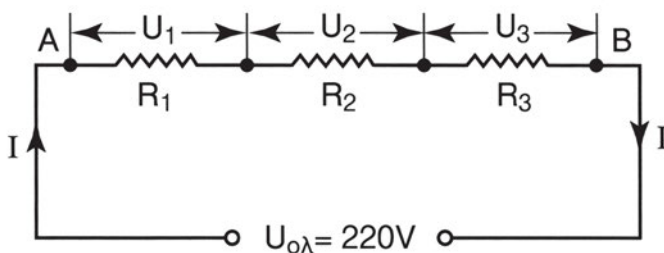
2.2.1 Η συνδεσμολογία σειράς

Στη συνδεσμολογία σειράς οι αντιστάσεις των ηλεκτρικών καταναλωτών συνδέονται στη σειρά, η μία μετά την άλλη, όπως τα λαμπάκια στις γιρλάντες των χριστουγεννιάτικων δένδρων. (Σχ. 2.2.1.α)



Σχήμα 2.2.1.α Τα λαμπάκια στο χριστουγεννιάτικο δένδρο είναι συνδεδεμένα σε σειρά.

Στο Σχ. 2.2.1.β παρουσιάζεται ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, όπου τρεις αντιστάσεις, οι R_1 , R_2 και R_3 , είναι συνδεδεμένες σε σειρά.



Σχήμα 2.2.1.β Συνδεσμολογία σειράς

Όλες οι αντιστάσεις διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα I , αφού τα ηλεκτρόνια που αφήνουν τη μια αντίσταση αναγκαστικά θα περάσουν από την επόμενη κ.ο.κ.



Στη σύνδεση σειράς όλες οι αντιστάσεις διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα.

Το ηλεκτρικό ρεύμα I διαρρέοντας το κύκλωμα συναντά στην πορεία του το “εμπόδιο” και των τριών αντιστάσεων R_1 , R_2 και R_3 . Επομένως αν ονομάσουμε $R_{ολ}$ την **ολική αντίσταση**, που παρουσιάζει το σύστημα των τριών αντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 (δηλαδή την αντίσταση ανάμεσα στα σημεία Α και Β στο σχήμα), έχουμε $R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$.



Στη σύνδεση σειράς η ολική αντίσταση είναι ίση με το άθροισμα των αντιστάσεων



Σε κάθε μια από τις αντιστάσεις, σύμφωνα με το νόμο του Ωμ, αναλογεί μια ορισμένη τάση, που υπολογίζεται από το γινόμενο της αντίστασης επί την ένταση του ρεύματος που τη διαρρέει ($U = R \times I$). Οι τάσεις δηλαδή στα άκρα κάθε αντίστασης θα είναι:

$$U_1 = R_1 \times I$$

$$U_2 = R_2 \times I$$

$$U_3 = R_3 \times I$$

Εύκολα αποδεικνύεται (η απόδειξη δίνεται ως άσκηση, βλέπε άσκηση 2) ότι η **ολική τάση** $U_{ολ}$ στα άκρα του συστήματος των τριών αντιστάσεων (ανάμεσα στα σημεία Α και Β στο σχήμα) είναι:

$$U_{ολ} = U_1 + U_2 + U_3$$



Η τάση στα άκρα του συστήματος αντιστάσεων που συνδέονται σε σειρά, είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων στα άκρα κάθε μιας αντίστασης.

Από την προηγούμενη σχέση προκύπτει ότι η ολική τάση $U_{ολ}$ στα άκρα του συστήματος **κατανέμεται** (μοιράζεται) στις επιμέρους καταναλώσεις, ανάλογα με την αντίστασή τους.

Στα κυκλώματα σειράς χρησιμοποιείται πολύ και η έννοια της **πτώσης τάσης**.

Η αντίσταση δηλαδή που συνδέεται σε σειρά λέμε ότι προκαλεί μια πτώση τάσης στη συνολική τάση $U_{ολ}$ του συστήματος, ίση με την τάση που επικρατεί στα άκρα της. Αν η πρώτη αντίσταση χρειάζεται τάση $U_1 = R_1 \times I$, τότε για τις επόμενες είναι διαθέσιμη λιγότερη τάση (η τάση $U_{ολ} - U_1$). Η δεύτερη αντίσταση προκαλεί πρόσθετη πτώση τάσης. Έτσι, οι επόμενοι καταναλωτές έχουν διαθέσιμη μικρότερη τάση (την τάση $U_{ολ} - U_1 - U_2$) κ.ο.κ., μέχρι να φθάσουμε στο άκρο της τελευταίας αντίστασης, οπότε η τάση μηδενίζεται.

Συνοπτικά, η σύνδεση σε σειρά έχει τις εξής ιδιότητες:

Σύνδεση αντιστάσεων σε σειρά:

$$U_{ολ} = U_1 + U_2 + U_3$$

I = κοινό σε όλες τις αντιστάσεις

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

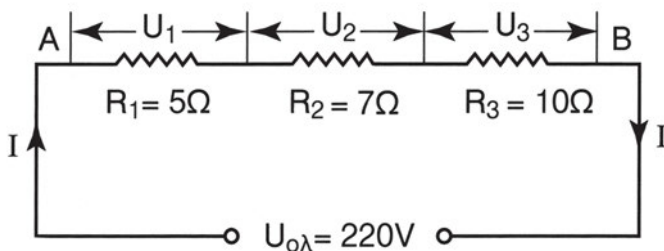
Η σύνδεση σε σειρά δεν χρησιμοποιείται πολύ για τη σύνδεση ηλεκτρικών καταναλωτών, γιατί παρουσιάζει το μειονέκτημα, αν παρουσιαστεί βλάβη σε έναν καταναλωτή και διακοπεί το κύκλωμα, να σταματά η λειτουργία όλων των καταναλωτών που συνδέονται στο κύκλωμα.

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Τρεις αντιστάσεις $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 7\Omega$, $R_3 = 10\Omega$ συνδέονται σε σειρά και τροφοδοτούνται από μια πηγή τάσης 220 V (οι αντιστάσεις των αγωγών σύνδεσης θεωρούνται αμελητέες).

Να ευρεθεί:

- α) Η ολική αντίσταση του συστήματος των τριών αντιστάσεων
- β) Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα
- γ) Η πτώση τάσης σε κάθε αντίσταση



Σχήμα 2.2.1.γ. Η συνδεσμολογία για το παράδειγμα 1

Απάντηση

α) Η ολική αντίσταση $R_{ολ}$ δίνεται από τη σχέση:

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{ολ} = 5\Omega + 7\Omega + 10\Omega = 22\Omega$$

β) Ο νόμος του Ωμ μας δίνει την ένταση που διαρρέει το κύκλωμα:

$$I = \frac{U_{ολ}}{R_{ολ}}$$

$$I = \frac{220 \text{ V}}{22 \Omega} = 10 \text{ A}$$

γ) Κάθε αντίσταση διαρρέεται από το ίδιο ρεύμα I . Οι **πτώσεις τάσης** στα άκρα κάθε αντίστασης υπολογίζονται με εφαρμογή του νόμου του Ωμ:

$$U_1 = R_1 \times I = 5 \times 10 = 50 \text{ V}$$

$$U_2 = R_2 \times I = 7 \times 10 = 70 \text{ V}$$

$$U_3 = R_3 \times I = 10 \times 10 = 100 \text{ V}$$

Παρατηρούμε ότι:

$$U_1 + U_2 + U_3 = 50 \text{ V} + 70 \text{ V} + 100 \text{ V} = 220 \text{ V} = U_{ολ}$$

Όλη η διαθέσιμη τάση της πηγής έχει κατανεμηθεί στα άκρα των τριών αντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 .

Παρατηρούμε ακόμη ότι στις μεγαλύτερες αντιστάσεις αναλογεί μεγαλύτερο μέρος της ολικής τάσης $U_{ολ}$, που εφαρμόζεται στα άκρα του συστήματος.

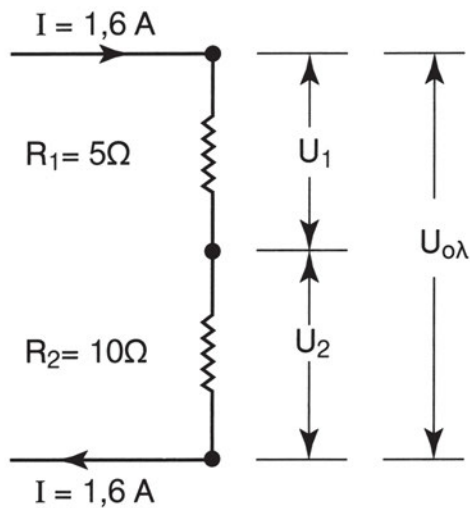
□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Δύο λαμπτήρες, ο ένας με αντίσταση $R_1 = 5 \Omega$ και ο άλλος με αντίσταση $R_2 = 10 \Omega$ συνδέονται σε σειρά και διαρρέονται από ρεύμα έντασης $I = 1,6 \text{ A}$.

Να ευρεθεί:

α) Η τάση στα άκρα του συστήματος των δύο λαμπτήρων

β) Η τάση στα άκρα κάθε λαμπτήρα



Σχήμα 2.2.1.δ. Η συνδεσμολογία για το παράδειγμα 2

Απάντηση

Η ολική αντίσταση του συστήματος είναι:

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 = 5\Omega + 10\Omega = 15\Omega.$$

Με εφαρμογή του νόμου του Ωμ υπολογίζεται η ολική τάση $U_{ολ}$:

$$U_{ολ} = R_{ολ} \cdot I = 15\Omega \times 1,6\text{ A} = 24\text{ V}$$

Οι τάσεις στα άκρα κάθε αντίστασης υπολογίζονται με τον νόμο του Ωμ ως εξής:

$$U_1 = R_1 \times I = 5\Omega \times 1,6\text{ A} = 8\text{ V}$$

$$U_2 = R_2 \times I = 10\Omega \times 1,6\text{ A} = 16\text{ V}$$

Παρατηρούμε ότι **οι τάσεις στα άκρα δύο αντιστάσεων που συνδέονται σε σειρά είναι ανάλογες των αντιστάσεων**:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

2.2.2 Η παράλληλη συνδεσμολογία

Στην παράλληλη συνδεσμολογία οι ηλεκτρικές καταναλώσεις τοποθετούνται η μία δίπλα στην άλλη και συνδέονται όλες μαζί με τα άκρα της ίδιας πηγής, δηλαδή παράλληλα.

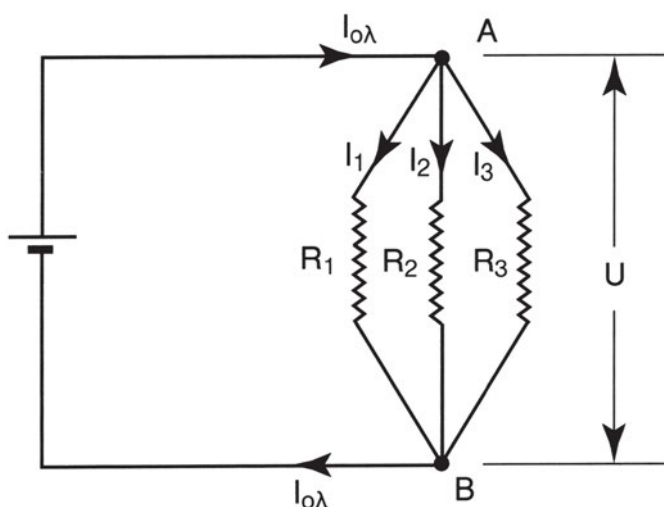
Όλες οι ηλεκτρικές καταναλώσεις του σπιτιού (λαμπτήρες φωτισμού, θερμοσίφωνας, ψυγείο, πλυντήριο, φορητές συσκευές κ.λπ.) συνδέονται παράλληλα. Οι δύο πόλοι που υπάρχουν σε κάθε ρευματοδότη (πρίζα) του σπιτιού, αντιστοιχούν στους δύο πόλους μιας ηλεκτρικής πηγής, μεταξύ των οποίων επικρατεί τάση περίπου 220 V. Όποια συσκευή συνδεθεί στην πρίζα έχει αυτομάτως παράλληλη σύνδεση με τους υπόλοιπους καταναλωτές.

Στο Σχ. 2.2.2.α παρουσιάζεται σχηματικά η συνδεσμολογία τριών καταναλώσεων με αντιστάσεις R_1 , R_2 και R_3 που τροφοδοτούνται από μια ηλεκτρική πηγή.

Όλες οι αντιστάσεις έχουν στα άκρα τους την ίδια τάση U . (Τάση μεταξύ των σημείων A και B του σχήματος). Η τάση U είναι και η τάση στα άκρα του συστήματος των αντιστάσεων που συνδέονται παράλληλα.



**Στην παράλληλη σύνδεση αντιστάσεων
όλες οι αντιστάσεις έχουν στα άκρα τους την ίδια τάση.**



Σχήμα 2.2.2.α Παράλληλη συνδεσμολογία αντιστάσεων.

Το ηλεκτρικό ρεύμα $I_{\text{ολ}}$ που παρέχεται από το θετικό πόλο της πηγής, διακλαδίζεται στο σημείο Α σε τρία ρεύματα I_1 , I_2 , I_3 , τα οποία διαρρέουν αντίστοιχα τις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 . Στο σημείο Β το ρεύμα $I_{\text{ολ}}$ επανασυντίθεται και συνεχίζει την πορεία του προς τον αρνητικό πόλο της πηγής.

Αφού το ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργείται από την κίνηση των ηλεκτρονίων και ούτε χάνονται, ούτε προστίθενται ηλεκτρόνια στο κύκλωμα, ισχύει η σχέση:

$$I_{\text{ολ}} = I_1 + I_2 + I_3$$



Στην παράλληλη σύνδεση αντιστάσεων το ολικό ρεύμα είναι ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων κάθε αντίστασης.

Σε κάθε μια από τις αντιστάσεις αναλογεί ένα ρεύμα, που υπολογίζεται, με το νόμο του Ωμ, αν διαιρέσουμε την κοινή τάση U που εφαρμόζεται σε κάθε αντίσταση με την τιμή της αντίστασης.

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$



Παρατηρώντας τις παραπάνω σχέσεις βλέπουμε ότι, για σταθερή τάση U , η ένταση του ρεύματος είναι αντιστρόφως ανάλογη της αντίστασης. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση τόσο μικρότερο το ρεύμα.

Το ολικό ρεύμα $I_{\text{ολ}}$ κατανέμεται (μοιράζεται), λοιπόν, στις τρεις αντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 , με τέτοιον τρόπο, ώστε από τη **μικρότερη αντίσταση** να περνά το **μεγαλύτερο ρεύμα** και από τη **μεγαλύτερη αντίσταση**, το μικρότερο ρεύμα.



Η ολική αντίσταση $R_{\text{ολ}}$ του συστήματος των ηλεκτρικών καταναλώσεων που συνδέονται παράλληλα, είναι μικρότερη από καθεμιά από τις παράλληλες αντιστάσεις.

Αυτό εξηγείται εύκολα, αν σκεφθεί κανείς ότι κάθε φορά που συνδέεται μια αντίσταση, παράλληλα σε μια άλλη, διευκολύνεται η κίνηση των ηλεκτρονίων, μειώνονται δηλαδή τα “εμπόδια”, που έχει να υπερνικήσει το ηλεκτρικό ρεύμα.

Εύκολα αποδεικνύεται (η απόδειξη δίνεται ως άσκηση, βλέπε άσκηση 3) ότι:

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Το αντίστροφο της αντίστασης ονομάζεται **ηλεκτρική αγωγιμότητα**, συμβολίζεται με το γράμμα **G** και έχει μονάδα το **S (Siemens)**: $G = \frac{1}{R}$.

Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση, τόσο μικρότερη η αγωγιμότητα και αντίστροφα.

Με τις αγωγιμότητες στη θέση των αντιστάσεων η προηγούμενη σχέση γράφεται:

$$G_{\text{ολ}} = G_1 + G_2 + G_3$$

Συνοπτικά, η παράλληλη συνδεσμολογία έχει τις εξής ιδιότητες:

Παράλληλη σύνδεση αντιστάσεων:

U = κοινή για όλες τις αντιστάσεις

$$I_{\text{ολ}} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Ένας λαμπτήρας, μια ηλεκτρική φριτέζα και ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας λειτουργούν συνδεδεμένοι παράλληλα στην ηλεκτρική εγκατάσταση ενός σπιτιού, τάσης 220 V.

Οι ηλεκτρικές αντιστάσεις των συσκευών είναι:

Αντίσταση λαμπτήρα: $R_{\lambda} = 440 \, \Omega$

Αντίσταση φριτέζας: $R_{\varphi} = 40 \, \Omega$

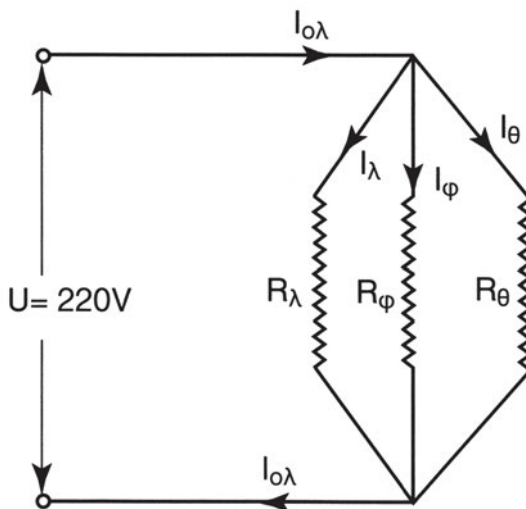
Αντίσταση θερμοσίφωνα: $R_{\theta} = 13,75 \, \Omega$

Να ευρεθούν:

α) Οι εντάσεις I_{λ} , I_{φ} , I_{θ} των ρευμάτων που διαρρέουν κάθε καταναλωτή

β) Η ολική ένταση $I_{\text{ολ}}$

γ) Η ολική αντίσταση $R_{\text{ολ}}$ του συστήματος των τριών αντιστάσεων



Σχήμα 2.2.2.β Η συνδεσμολογία των αντιστάσεων για το παράδειγμα 1.

Απάντηση

α) Οι εντάσεις του ρεύματος σε κάθε κατανάλωση, υπολογίζονται με τον νόμο του Ωμ:

$$I_λ = \frac{U}{R_λ} = \frac{220 \text{ V}}{440 \Omega} = 0,5 \text{ A}$$

$$I_φ = \frac{U}{R_φ} = \frac{220 \text{ V}}{40 \Omega} = 5,5 \text{ A}$$

$$I_θ = \frac{U}{R_θ} = \frac{220 \text{ V}}{13,75 \Omega} = 16 \text{ A}$$

β) Το ολικό ρεύμα $I_{ολ}$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_{ολ} = I_1 + I_2 + I_3 = 0,5A + 5,5A + 16A = 22A$$

γ) Η ολική αντίσταση $R_{ολ}$ του συστήματος υπολογίζεται με τον νόμο του Ωμ ως εξής:

$$R_{ολ} = \frac{U}{I_{ολ}} = \frac{220 \text{ V}}{22 \text{ A}} = 10 \Omega$$

Το ίδιο αποτέλεσμα βρίσκεται με την εφαρμογή του τύπου:

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_λ} + \frac{1}{R_φ} + \frac{1}{R_θ}$$

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{440} + \frac{1}{40} + \frac{1}{13,75} = 0,0023 + 0,025 + 0,072 = 0,0993$$

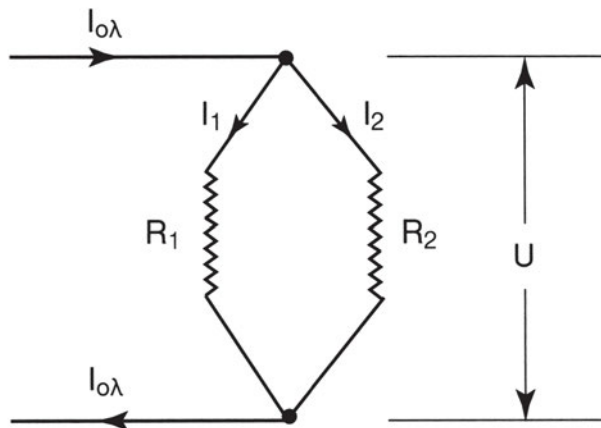
$$R_{\text{ολ}} = \frac{1}{0,0993} = 10 \, \Omega$$

Παρατηρούμε ότι από τον καταναλωτή με τη μεγαλύτερη αντίσταση (λαμπτήρας), περνά το μικρότερο ρεύμα και από τον καταναλωτή με τη μικρότερη αντίσταση (θερμοσίφωνας), το μεγαλύτερο ρεύμα.

Βλέπουμε ακόμη ότι η ολική αντίσταση $R_{\text{ολ}}$ του συστήματος είναι **μικρότερη** και από την αντίσταση του καταναλωτή με την πιο μικρή αντίσταση (θερμοσίφωνας).

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Δύο αντιστάσεις $R_1 = 10 \, \Omega$ και $R_2 = 20 \, \Omega$ συνδέονται παράλληλα. Με ένα αμπερόμετρο μετράμε το ρεύμα I_1 που περνά από την αντίσταση R_1 και βρίσκουμε $I_1 = 6 \, \text{A}$. Πόσο είναι το ρεύμα που περνά από την άλλη αντίσταση R_2 ;



Σχήμα 2.2.2.γ Η συνδεσμολογία των αντιστάσεων για το παράδειγμα 2.

Απάντηση

Αφού οι δύο αντιστάσεις συνδέονται παράλληλα, στα άκρα τους υπάρχει η **κοινή τάση** U , η οποία υπολογίζεται με εφαρμογή του νόμου του Ωμ στον κλάδο της αντίστασης R_1 :

$$U = R_1 \times I_1 = 10\Omega \times 6A = 60V$$

Η ίδια τάση $U = 60V$ εφαρμόζεται στα άκρα της αντίστασης R_2 . Εφαρμόζοντας το νόμο του Ωμ, βρίσκουμε το ρεύμα I_2 :

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{60V}{20\Omega} = 3A$$

Παρατηρούμε ότι, λόγω της κοινής τάσης U στα άκρα των αντιστάσεων R_1 , και R_2 , ισχύει:

$$R_1 \times I_1 = R_2 \times I_2 \quad \text{ή} \quad \boxed{\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}}$$

Η τελευταία σχέση δηλώνει ότι:

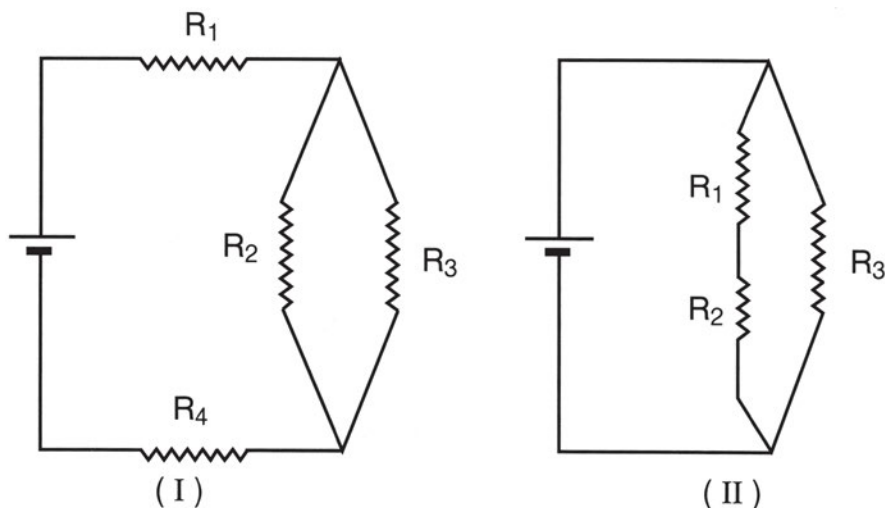
Τα ρεύματα που περνούν μέσα από δύο αντιστάσεις συνδεδεμένες παράλληλα, είναι αντιστρόφως ανάλογα των αντιστάσεων.

Στο παράδειγμα, από την αντίσταση $R_1 = 10\Omega$ περνά ρεύμα $I_1 = 6A$ και από τη διπλάσια αντίσταση $R_2 = 20\Omega$ περνά ρεύμα $I_2 = 3A$.

2.2.3 Η μικτή συνδεσμολογία

Στη μικτή συνδεσμολογία έχουμε αντιστάσεις που συνδέονται σε σειρά και αντιστάσεις που συνδέονται παράλληλα.

Στο Σχ. 2.2.3.α φαίνονται δύο περιπτώσεις τέτοιων συνδεσμολογιών.



Σχήμα 2.2.3.α. Μικτή σύνδεση αντιστάσεων

Για τον υπολογισμό των τάσεων και των ρευμάτων των καταναλωτών, χρησιμοποιούμε τις ιδιότητες των δύο συνδεσμολογιών (σύνδεση σε σειρά και παράλληλη).

Για παράδειγμα, στη συνδεσμολογία (I) του Σχ. 2.2.3.α, υπολογίζουμε πρώτα την ολική αντίσταση $R_{2,3}$ των δύο αντιστάσεων R_2 και R_3 , που συνδέονται παράλληλα και, στη συνέχεια, εφαρμόζουμε τις ιδιότητες της συνδεσμολογίας σειράς για τις τρεις αντιστάσεις R_1 , $R_{2,3}$, R_4 , που συνδέονται σε σειρά.

Στη συνδεσμολογία (II), υπολογίζουμε πρώτα την ολική αντίσταση $R_{1,2}$ των δύο αντιστάσεων R_1 και R_2 , που συνδέονται σε σειρά και στη συνέχεια, εφαρμόζουμε τις ιδιότητες της παράλληλης συνδεσμολογίας για τις δύο αντιστάσεις $R_{1,2}$ και R_3 , που συνδέονται παράλληλα.

2.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΩΜ ΚΑΙ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

Στην καθημερινή και επαγγελματική μας ζωή, ερχόμαστε πολλές φορές αντιμέτωποι με ατυχήματα, ζημιές ή με τη μη ικανοποιητική λειτουργία συσκευών, που σχετίζονται με την ηλεκτρική εγκατάσταση. Αρμόδιοι, βέβαια, για τη μελέτη, κατασκευή, συντήρηση και επίβλεψη της λειτουργίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης, είναι οι διπλωματούχοι ηλεκτρολόγοι μηχανικοί και οι τεχνίτες ηλεκτρολόγοι, που οφείλουν να δίνουν λύσεις στα σχετικά προβλήματα.

Η κατανόηση όμως των βασικών αρχών λειτουργίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης και των ηλεκτρικών συσκευών μας βοηθά να αντιληφθούμε τον τρόπο με τον οποίο εκδηλώνεται ένα σφάλμα στη λειτουργία τους και μας κάνει ικανούς να προστατεύουμε τους εαυτούς μας και τις εγκαταστάσεις από πιθανούς κινδύνους και να χρησιμοποιούμε πιο αποδοτικά τις ηλεκτρικές συσκευές.

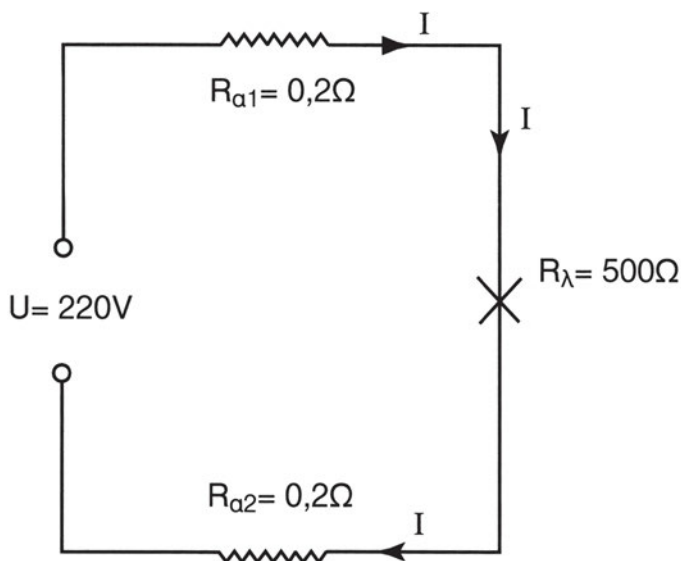
Στην ενότητα αυτή θα εξετάσουμε δύο από τις πιο συχνές περιπτώσεις επιπλοκών στη λειτουργία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων: **το βραχυκύκλωμα και την πτώση τάσης κατά μήκος των αγωγών**. Η ανάλυσή τους θα μας δώσει, παράλληλα, την ευκαιρία να εμπεδώσουμε τις βασικές αρχές που διέπουν τη λειτουργία των ηλεκτρικών κυκλωμάτων με τις οποίες ασχοληθήκαμε σε προηγούμενες ενότητες του κεφαλαίου.

2.3.1 Το βραχυκύκλωμα

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα κατασκευάζονται για να τροφοδοτηθούν με ηλεκτρική ενέργεια οι διάφορες καταναλώσεις (ηλεκτρικές συσκευές, ηλεκτροκινητήρες, φωτιστικά σώματα κ.λπ.). Αν η τάση της ηλεκτρικής πηγής, που δίνει ρεύμα στο κύκλωμα, είναι καθορισμένη, όπως π.χ. συμβαίνει στην περίπτωση του δικτύου της ΔΕΗ, τα στοιχεία του κυκλώματος (αγωγοί, διακόπτες, ασφάλειες, ακροδέκτες κ.λπ.) επιλέγονται με κριτήριο να αντέχουν το ηλεκτρικό ρεύμα, που χρειάζονται οι συνδεδεμένες στο κύκλωμα ηλεκτρικές καταναλώσεις.

Αν, για κάποιο λόγο, η τιμή του ρεύματος στο κύκλωμα ξεπεράσει τα όρια αντοχής της ηλεκτρικής εγκατάστασης, μπορεί να προκαλέσει την καταστροφή της. Είναι πολύ πιθανό, ακόμη, να κινδυνέψουν οι άνθρωποι και να καταστραφούν τα υλικά που βρίσκονται στο χώρο της εγκατάστασης (ηλεκτροπληξία, πυρκαγιά κ.λπ.).

Ένα **βραχυκύκλωμα** έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση υπερβολικά μεγάλου ρεύματος σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Για να κατανοήσουμε πως εκδηλώνεται, ας δούμε το απλό παράδειγμα του Σχ. 2.3.1.α.



Σχήμα 2.3.1.α: Απλό κύκλωμα με ένα λαμπτήρα και τους αγωγούς σύνδεσής του με την ηλεκτρική πηγή

Στο κύκλωμα του σχήματος, ένας λαμπτήρας αντίστασης $R_{\lambda} = 500 \Omega$ συνδέεται στο δίκτυο της ΔΕΗ (τάσης 220 V). Σε σειρά με την αντίσταση

του λαμπτήρα έχουν σημειωθεί οι δύο μικρές αντιστάσεις $R_{a1} = 0,2 \Omega$ και $R_{a2} = 0,2 \Omega$, οι οποίες αντιπροσωπεύουν την αντίσταση των αγωγών σύνδεσης, την αντίσταση του διακόπτη, την αντίσταση των ακροδεκτών κ.λπ.

Η ολική αντίσταση $R_{ολ}$ του κυκλώματος (τρεις αντιστάσεις σε σειρά) είναι:

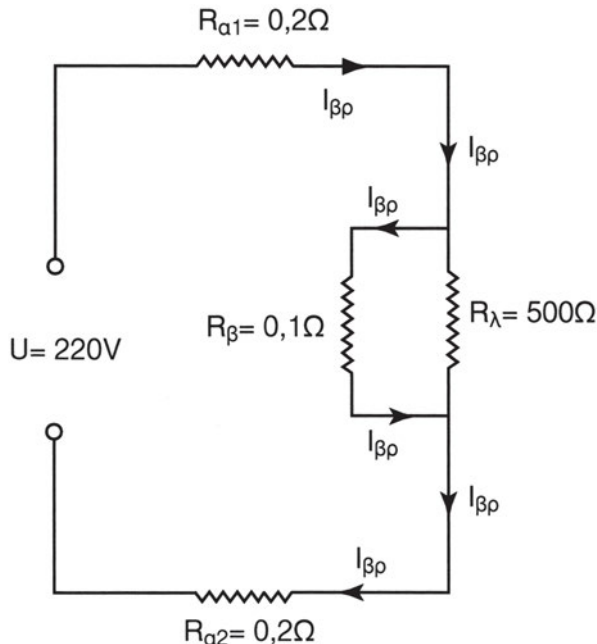
$$\begin{aligned} R_{ολ} &= R_{a1} + R_{\lambda} + R_{a2} \\ &= 0,2 \Omega + 500 \Omega + 0,2 \Omega \\ &= 500,4 \Omega \end{aligned}$$

Το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα υπολογίζεται από το νόμο του Ωμ

$$I = \frac{U}{R_{ολ}} = \frac{220 \text{ V}}{500,4 \Omega} = 0,44 \text{ A}.$$

(Παρατηρούμε ότι αν αγνοήσουμε τις αντιστάσεις R_{a1} και R_{a2} των αγωγών σύνδεσης και στη θέση της $R_{ολ} = 500,4 \Omega$ βάλουμε μόνο τη $R_{\lambda} = 500 \Omega$ η τιμή του ρεύματος δεν μεταβάλλεται αισθητά, γι' αυτό, τις περισσότερες φορές, δεν λαμβάνονται υπόψη οι αντιστάσεις των αγωγών, εκτός αν οι αγωγοί έχουν μεγάλο μήκος.)

Διακόπτουμε τη λειτουργία του κυκλώματος και **ενώνουμε με ένα σύρμα τους δύο ακροδέκτες** του λαμπτήρα. Όταν θα κλείσουμε πάλι τον διακόπτη, συμβαίνει **βραχυκύκλωμα**. (Σχ. 2.3.1.β)



Σχήμα 2.3.1.β Απλό κύκλωμα για την κατανόηση της έννοιας του βραχυκυκλώματος

Στο νέο κύκλωμα **παράλληλα** με την αντίσταση του λαμπτήρα $R_\lambda = 500 \Omega$ υπάρχει τώρα η πολύ μικρή αντίσταση $R_\beta = 0,1 \Omega$, που αντιπροσωπεύει την αντίσταση του σύρματος και των σημείων σύνδεσής του με τους ακροδέκτες της λάμπας.

Αφού οι δύο αντιστάσεις R_β και R_λ συνδέονται παράλληλα, η ολική αντίστασή τους είναι κατά τι μικρότερη από την αντίσταση R_β (βλέπε παράγραφο 2.2.2). Μπορούμε, επομένως, να θεωρήσουμε ότι στα άκρα του λαμπτήρα υπάρχει μόνο η αντίσταση R_β και ότι όλο το ρεύμα του κυκλώματος περνάει από την αντίσταση R_β . (βλέπε και άσκηση 7).

Η ολική αντίσταση του κυκλώματος είναι:

$$R_{o\lambda} = R_{\alpha 1} + R_\beta + R_{\alpha 2} = 0,2 \Omega + 0,1 \Omega + 0,2 \Omega = 0,5 \Omega$$

Και το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα (**ρεύμα βραχυκυκλώματος $I_{\beta\rho}$**):

$$I_{\beta\rho} = \frac{U}{R_{o\lambda}} = \frac{220 \text{ V}}{0,5 \Omega} = 440 \text{ A}$$

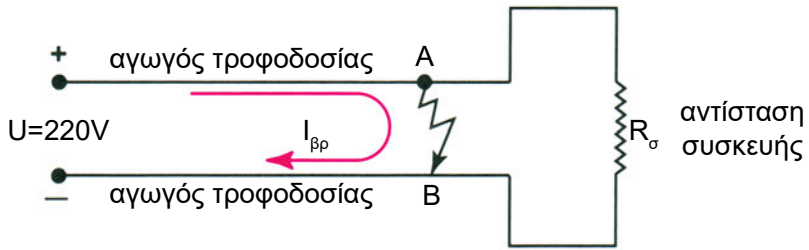
Παρατηρούμε ότι το ρεύμα του βραχυκυκλώματος στο παράδειγμα είναι 1000 φορές μεγαλύτερο από το ρεύμα της κανονικής λειτουργίας της εγκατάστασης.

Για το λόγο αυτό, όπως έχουμε αναφέρει, υπάρχουν οι ασφάλειες στο κύκλωμα που διακόπτουν το ρεύμα, αν ξεπεράσει μια ορισμένη τιμή. (Περισσότερα στοιχεία για τις ασφάλειες θα δοθούν στο κεφάλαιο για τα υλικά των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων)

Στην πράξη, τα βραχυκυκλώματα μπορούν να προκληθούν με πολλούς τρόπους.

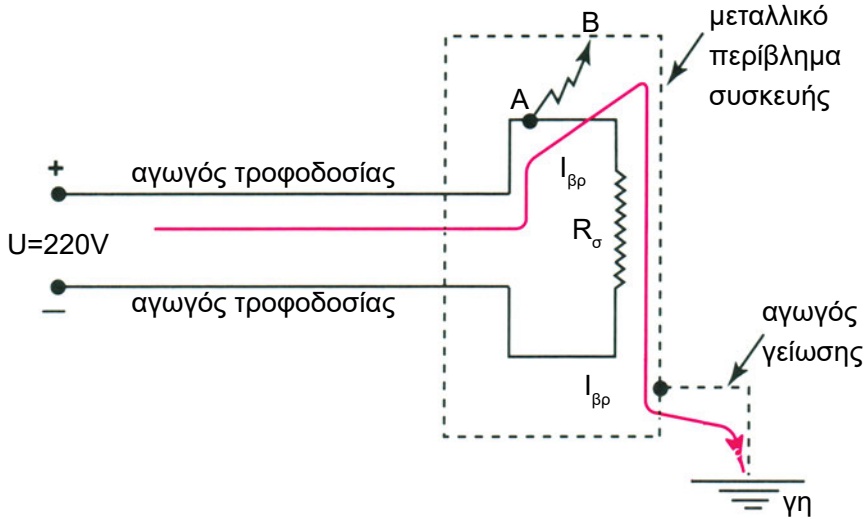
Μια από τις συνηθισμένες περιπτώσεις είναι να φθαρεί η μόνωση των αγωγών τροφοδοσίας μιας συσκευής και να έρθουν σε επαφή μεταξύ τους οι δύο γυμνωμένοι αγωγοί. (Σχ. 2.3.1.γ)

Οι δύο αγωγοί έρχονται σε επαφή μεταξύ τους στα σημεία Α και Β πριν το καλώδιο τροφοδοσίας μπει μέσα στη συσκευή. Το ρεύμα βραχυκυκλώματος $I_{\beta\rho}$ παρακάμπτει έτσι την αντίσταση R_o της συσκευής και αποκτά μεγάλη τιμή.



Σχήμα 2.3.1γ. Σχηματική παράσταση βραχυκυκλώματος ανάμεσα στους αγωγούς τροφοδοσίας της συσκευής.

Μια άλλη περίπτωση βραχυκυκλώματος φαίνεται στο Σχ.2.3.1.δ



Σχήμα 2.3.1.δ. Σχηματική παράσταση βραχυκυκλώματος μεταξύ αγωγού τροφοδοσίας και γης

Ο αγωγός τροφοδοσίας, που συνδέει το θετικό πόλο της πηγής με την συσκευή - λόγω φθοράς της μόνωσής του - έρχεται σε επαφή με το γειωμένο μεταλλικό περίβλημα της συσκευής.

Εδώ πρέπει να κάνουμε μια παρένθεση: Με τον όρο "γη", εννοούμε το έδαφος και κάθε μεταλλική επιφάνεια που συνδέεται με αυτό ή έχει πολύ μεγάλη έκταση. Η γη διαθέτει ανεξάντλητο πλήθος ηλεκτρονίων, τα οποία, μόλις τους δοθεί η ευκαιρία, κινούνται προς το θετικό πόλο της πηγής (που έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων), για να καλύψουν το κενό. Έτσι δημιουργείται

ηλεκτρικό ρεύμα με φορά αντίθετη προς την κίνηση των ηλεκτρονίων (συμβατική φορά). Όλα τα μεταλλικά μέρη των συσκευών είναι γειωμένα κανονικά, δηλαδή συνδεδεμένα με τη γη με μεταλλικό αγωγό.

Μόλις λοιπόν, ο αγωγός με τη φθαρμένη μόνωση έλθει σε επαφή με το μεταλλικό περίβλημα της συσκευής, δημιουργείται ένας “δρόμος” πολύ μικρής αντίστασης για το ηλεκτρικό ρεύμα. Το ρεύμα θα κλείσει κύκλωμα από το θετικό πόλο της πηγής προς τη γη, μέσω των μικρών αντιστάσεων του αγωγού τροφοδοσίας, του σημείου επαφής του αγωγού, του μεταλλικού περιβλήματος και του αγωγού γείωσης.

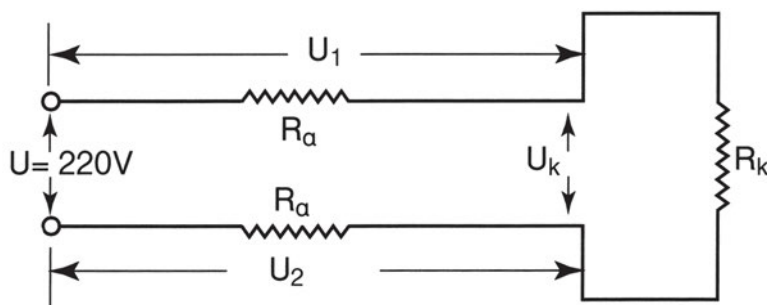
Δημιουργείται έτσι ένα ρεύμα βραχυκυκλώματος.

Στα παραδείγματα που αναφέραμε, το ρεύμα προκλήθηκε από τη φθαρμένη μόνωση των αγωγών. Μπορεί όμως να συμβεί και με άλλους τρόπους, όπως αν π.χ. γίνει λάθος στη συνδεσμολογία των αγωγών, αν πέσει ένα μεταλλικό αντικείμενο πάνω σε γυμνούς αγωγούς, αν κοπεί κατά λάθος κάποιο καλώδιο, αν χυθούν νερά σε μια ηλεκτρική συσκευή, αν ένας γερανός ακουμπήσει σε εναέριους αγωγούς κ.λπ.

2.3.2. Πτώση τάσης κατά μήκος των ρευματοφόρων αγωγών

Σε ένα κύκλωμα, εκτός από τις αντιστάσεις των διαφόρων καταναλώσεων, υπάρχουν και οι αντιστάσεις των αγωγών, που συνδέουν την ηλεκτρική πηγή με τις καταναλώσεις.

Στο Σχ. 2.3.2.α παριστάνεται μια πηγή τάσης U , που τροφοδοτεί μια συσκευή με αντίσταση R_k και οι δύο αγωγοί σύνδεσης πηγής - συσκευής. Πάνω σε κάθε αγωγό έχει σημειωθεί με R_a η αντίστασή του. (Οι δύο αγωγοί θεωρούνται ότι έχουν ίσες αντιστάσεις).



Σχήμα 2.3.2.α Πτώση τάσης κατά μήκος των αγωγών σύνδεσης πηγής - συσκευής

Το κύκλωμα αποτελείται από την πηγή και τρεις αντιστάσεις R_α , R_κ , R_α συνδεδεμένες σε σειρά.

Για τις τάσεις U_1 , U_κ , U_2 , στα άκρα των αντιστάσεων των αγωγών και της συσκευής ισχύει η σχέση:

$$U = U_1 + U_\kappa + U_2$$

Παρατηρούμε ότι, στα άκρα της συσκευής δεν υπάρχει η τάση U της πηγής, αλλά η μικρότερη τάση U_κ . Το πόσο μικρότερη θα είναι η τάση U_κ , εξαρτάται από την πτώση τάσης U_1 και U_2 στις δύο αντιστάσεις των αγωγών.

Αν το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα έχει ένταση I , η πτώση τάσης κατά μήκος κάθε αγωγού είναι:

$$U_1 = R_\alpha \times I$$

$$U_2 = R_\alpha \times I$$

Συνολικά, η **πτώση τάσης ΔU** στους δύο αγωγούς είναι: $\Delta U = U_1 + U_2$,
ή

$$\Delta U = 2 \times R_\alpha \times I$$

Παρατηρούμε ότι:



Η πτώση τάσης κατά μήκος των αγωγών είναι τόσο μεγαλύτερη:

- ◆ Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση των αγωγών
- ◆ Όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα που διαρρέει τους αγωγούς

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Μια ηλεκτρική συσκευή χρειάζεται για τη λειτουργία της ρεύμα $I=20\text{A}$. Η συσκευή τροφοδοτείται από το δίκτυο της ΔΕΗ, τάσης 220 V. Οι δύο αγωγοί τροφοδοσίας της συσκευής έχουν, ο καθένας, μήκος $l = 300\text{ m}$ και διατομή 16 mm^2 και είναι κατασκευασμένοι από χαλκό (ειδική αντίσταση χαλκού $\rho_{\text{cu}} = 0,0178\ \Omega \times \text{mm}^2 / \text{m}$). (βλέπε Σχ. 2.3.2.α). Ποια είναι η τάση στα άκρα της συσκευής;

Απάντηση

Πρώτα υπολογίζουμε την αντίσταση R_α κάθε αγωγού από τη σχέση

$$R = \rho \times \frac{\ell}{S} \text{ (παράγραφος 1.9)}$$

$$\text{Έχουμε } \rho_{\text{cu}} = 0,0178 \, \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$$

$$\ell = 300 \text{ m}$$

$$S = 16 \text{ mm}^2$$

$$R_\alpha = \rho_{\text{cu}} \times \frac{\ell}{S} = \frac{0,0178 \times 300}{16} = 0,33 \, \Omega$$

Έχοντας υπολογίσει την αντίσταση κάθε αγωγού R_α και γνωρίζοντας το ρεύμα $I = 20 \text{ A}$, υπολογίζουμε την πτώση τάσης κατά μήκος των δύο αγωγών, από τη σχέση:

$$\Delta U = 2 \times R_\alpha \times I$$

$$\Delta U = 2 \times 0,33 \, \Omega \times 20 \text{ A} = 13,2 \text{ V}$$

Η τάση $U = 220 \text{ V}$ κατανέμεται στους αγωγούς και τη συσκευή. Ισχύει:

$$U = \Delta U + U_\kappa$$

Η τάση U_κ στα άκρα της συσκευής θα είναι:

$$U_\kappa = U - \Delta U = 220 \text{ V} - 13,2 \text{ V} = 206,8 \text{ V}$$

Συνέπειες της πτώσης τάσης κατά μήκος των αγωγών.

Επειδή κάθε συσκευή (π.χ. ηλεκτρικός λαμπτήρας, ηλεκτροκινητήρας) είναι κατασκευασμένη για μια συγκεκριμένη τάση λειτουργίας (π.χ. 220V), αν η τάση στα άκρα της δεν είναι αυτή που έχει προδιαγραφεί, η συσκευή δεν θα λειτουργεί κανονικά. Αν είναι λαμπτήρας, θα φωτίζει λιγότερο από το κανονικό, αν είναι κινητήρας θα αποδίδει μικρότερη ισχύ κ.λπ.

Η πτώση τάσης στους αγωγούς προκαλεί επί πλέον απώλειες ενέργειας, υπό μορφή θερμότητας.

Για τους λόγους αυτούς, οι κανονισμοί που ισχύουν για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, επιβάλλουν να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη η πτώση τάσης κατά μήκος των αγωγών. Με βάση το **μέγιστο** ρεύμα που προβλέπεται να περάσει από τη γραμμή τροφοδοσίας, επιλέγεται η **διατομή** των αγωγών,

ώστε η πτώση τάσης ΔU να μην ξεπεράσει ορισμένη τιμή π.χ. το 1% ή το 3% της τάσης της πηγής, ανάλογα με το είδος της συσκευής που τροφοδοτείται.

Δεν πρέπει επομένως, να συνδέονται στο τέλος μιας γραμμής τροφοδοσίας ηλεκτρικές καταναλώσεις, που χρειάζονται περισσότερο ρεύμα, απ' όσο έχει προβλεφθεί, γιατί τότε η πτώση τάσης θα ξεπεράσει τα όρια.

Πτώση τάσης συμβαίνει και στις γραμμές του δικτύου της ΔΕΗ.

Αν αυξηθεί, πάνω από τα προβλεπόμενα όρια, το ρεύμα των διαφόρων καταναλωτών (σπιτιών, βιοτεχνιών κ.λπ.), που τροφοδοτούνται από την ίδια γραμμή της ΔΕΗ, η τάση που φθάνει στα σπίτια, μπορεί να είναι σημαντικά μικρότερη από τα 220 V, με αρνητικές συνέπειες για τη λειτουργία των διαφόρων συσκευών.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Ο νόμος του Ωμ συνδέει μεταξύ τους τρία βασικά μεγέθη του Ηλεκτρισμού: την τάση, την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος και την αντίσταση. Οι τρεις μορφές που λαμβάνει είναι:

$$I = \frac{U}{R} \quad U = R \times I \quad R = \frac{U}{I}$$

- Στα διάφορα ηλεκτρικά κυκλώματα οι αντιστάσεις των ηλεκτρικών καταναλώσεων συνδέονται **σε σειρά, παράλληλα** και **μικτά**.

Η συνδεσμολογία **σειράς** έχει τις εξής ιδιότητες:

I = κοινό για όλες τις αντιστάσεις

$$U_{\text{ολ}} = U_1 + U_2 + U_3$$

$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + R_3$ (Η ολική αντίσταση ισούται με το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων)

- Η **παράλληλη** συνδεσμολογία έχει τις εξής ιδιότητες:

$$I_{\text{ολ}} = I_1 + I_2 + I_3$$

U = κοινή για όλες τις αντιστάσεις

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

(Η ολική αντίσταση είναι μικρότερη από τη μικρότερη αντίσταση που συνδέεται παράλληλα)

Η **μικτή συνδεσμολογία** είναι συνδυασμός της συνδεσμολογίας σειράς και της παράλληλης συνδεσμολογίας.

- **Βραχυκύκλωμα** συμβαίνει, όταν το ρεύμα δεν ακολουθεί την κανονική του πορεία και κλείνει κύκλωμα μέσα από μια διαδρομή πολύ μικρής αντίστασης. Η ένταση του ρεύματος βραχυκυκλώματος γίνεται έτσι πολύ μεγάλη. Αν δεν αντιμετωπισθεί έγκαιρα το βραχυκύκλωμα μπορεί να καταστρέψει την ηλεκτρική εγκατάσταση. Μπορεί ακόμη να προκαλέσει ηλεκτροπληξία στον άνθρωπο και πυρκαγιά στο χώρο της ηλεκτρικής εγκατάστασης.
- Η **πτώση τάσης** κατά μήκος των ρευματοφόρων αγωγών εξαρτάται από την ηλεκτρική αντίσταση των αγωγών και την ένταση του ρεύματος που περνά από τους αγωγούς.



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να αναφέρετε τις τρεις μορφές του νόμου του Ωμ.
2. Να περιγράψετε τη διαδικασία μέτρησης μιας ηλεκτρικής αντίστασης, με τη βοήθεια ενός αμπερόμετρου και ενός βολτόμετρου.
3. Να αναφέρετε τις ιδιότητες της σύνδεσης αντιστάσεων σε σειρά.
4. Πώς κατανέμεται η τάση μεταξύ δύο αντιστάσεων που συνδέονται σε σειρά;
5. Να αναφέρετε τις ιδιότητες της παράλληλης σύνδεσης.
6. Πώς κατανέμεται το ηλεκτρικό ρεύμα μεταξύ δύο αντιστάσεων που συνδέονται παράλληλα;
7. Γιατί στην παράλληλη σύνδεση αντιστάσεων η ολική αντίσταση είναι μικρότερη από τη μικρότερη αντίσταση που συνδέεται παράλληλα;
8. Τι εννοούμε με τον όρο βραχυκύκλωμα;
9. Να αναφέρετε πιθανές αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν βραχυκύκλωμα στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.
10. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται η πτώση τάσης κατά μήκος των ρευματοφόρων αγωγών;



ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας είναι συνδεδεμένος σε δίκτυο τάσης $U = 220 \text{ V}$ και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 14 \text{ A}$. Να βρεθεί η αντίσταση του θερμαντικού στοιχείου του θερμοσίφωνα.

(Απάντηση: $15,7 \Omega$)

2. Να αποδείξετε ότι η ολική τάση στα άκρα του συστήματος αντιστάσεων που συνδέονται σε σειρά είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων στα άκρα κάθε αντίστασης.

(Υπόδειξη: Να εκφράσετε την τάση κάθε αντίστασης ως διαφορά δυναμικού, αφαιρώντας το δυναμικό του τέλους της από το δυναμικό της αρχής της)

3. Να αποδείξετε τη σχέση που ισχύει για την ολική αντίσταση αντιστάσεων συνδεδεμένων παράλληλα:

$$\frac{1}{R_{\text{ολ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

(Υπόδειξη: Στη σχέση που ισχύει για τα ρεύματα, $I_{\text{ολ}} = I_1 + I_2 + I_3$ να αντικαταστήσετε το κάθε ρεύμα με το ίσο του σύμφωνα με το νόμο του Ωμ)

4. Μια γιρλάντα του Χριστουγεννιάτικου δένδρου αποτελείται από 18 όμοια λαμπάκια, τα οποία συνδέονται σε σειρά. Η γιρλάντα παίρνει ρεύμα από την πρίζα του σπιτιού τάσης 220 V . Να ευρεθούν:

α) Η τάση που έχει στα άκρα του κάθε λαμπάκι

β) Η αντίσταση που έχει κάθε λαμπάκι, αν το ρεύμα που διαρρέει τη γιρλάντα έχει ένταση $I = 0,3 \text{ A}$.

(Απάντηση: α) $12,2 \text{ V}$, β) $40,7 \Omega$)

5. Δύο όμοιες αντιστάσεις $R_1 = R_2 = 6 \Omega$ συνδέονται στους πόλους μιας πηγής τάσης 24 V με δύο τρόπους:

A) συνδεδεμένες σε σειρά.

B) συνδεδεμένες παράλληλα.

Για κάθε συνδεσμολογία να υπολογιστεί:

α) Η ολική αντίσταση του συστήματος των δύο αντιστάσεων.

- β) Το ρεύμα που παρέχει η πηγή.
- γ) Η τάση στα άκρα κάθε αντίστασης.
- δ) Το ρεύμα που διαρρέει κάθε αντίσταση.

(Απάντηση. Α) α) 12 Ω, β) 2 A, γ) 12 V, δ) 2 A
 Β) α) 3 Ω, β) 8 A, γ) 24 V, δ) 4 A)

6. Δύο αντιστάσεις $R_1 = 5 \Omega$ και $R_2 = 50 \Omega$ συνδέονται σε σειρά στα άκρα πηγής τάσης 220 V. Ποια είναι η τάση στα άκρα κάθε μιας αντίστασης;

(Απάντηση: $U_1 = 20 \text{ V}$, $U_2 = 200 \text{ V}$)

7. Δύο αντιστάσεις $R_1 = 1 \Omega$ και $R_2 = 100 \Omega$ συνδέονται παράλληλα στους πόλους μιας πηγής τάσης 100V. Να ευρεθούν:

- α) Η ολική αντίσταση του συστήματος των δύο αντιστάσεων.
- β) Το ολικό ρεύμα που παρέχεται από την πηγή.
- γ) Το ρεύμα που περνά από κάθε αντίσταση.

(Απάντηση: α) $R_{ολ} = 0,99 \Omega$
 β) $I_{ολ} = 101 \text{ A}$
 γ) $I_1 = 100 \text{ A}$, $I_2 = 1 \text{ A}$)

8. Μια ηλεκτρική συσκευή που διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 20 \text{ A}$ συνδέεται στο δίκτυο της ΔΕΗ τάσης 220 V, μέσω μιας γραμμής μεγάλου μήκους, με αποτέλεσμα η τάση στα άκρα της συσκευής να είναι 214 V. Παράλληλα με την πρώτη συσκευή συνδέεται μια δεύτερη συσκευή, έτσι ώστε το ρεύμα που περνά από τη γραμμή να γίνει 40A.

Να ευρεθούν:

- α) Η αντίσταση των αγωγών της γραμμής.
- β) Η πτώση τάσης κατά μήκος των αγωγών μετά την σύνδεση της δεύτερης συσκευής
- γ) Η τάση στα άκρα των δύο συσκευών.

(Απάντηση: α) 0,3 Ω, β) 12 V, γ) 208 V)

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ**

1. Να προσδιορίσετε πειραματικά με τη χρήση βολτόμετρου και αμπερόμετρου τις αντιστάσεις τριών διαφορετικών λαμπτήρων πυράκτωσης. Ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος να χρησιμοποιήσετε μια κοινή μπαταρία.
2. Να προσθέσετε δεύτερη και τρίτη μπαταρία σε σειρά με την πρώτη (ο αρνητικός πόλος της μιας μπαταρίας να συνδέεται με το θετικό της επομένης), ώστε να πάρετε και άλλες μετρήσεις για την τάση και την ένταση. Να κατασκευάσετε ένα διάγραμμα έντασης - τάσης για κάθε μετρούμενη αντίσταση.
3. Να επαναλάβετε τις προηγούμενες μετρήσεις, συνδέοντας στη θέση της μιας αντίστασης δύο όμοιες αντιστάσεις σε σύνδεση σειράς και σε παράλληλη σύνδεση. Να συγκρίνετε τα αποτελέσματά σας με τα θεωρητικά εξαγόμενα σύμφωνα με τις ιδιότητες της συνδεσμολογίας σειράς και της παράλληλης συνδεσμολογίας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ

- 3.1 Μηχανική ενέργεια και ισχύς
- 3.2 Ηλεκτρική ισχύς
- 3.3 Ηλεκτρική ενέργεια
- 3.4 Μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος και ενέργειας στο συνεχές ρεύμα
- 3.5 Βαθμός απόδοσης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γνωρίζουμε ότι μεγάλες ποσότητες της χημικής ενέργειας των καυσίμων, της δυναμικής ενέργειας των υδατοπτώσεων, της πυρηνικής ενέργειας του ουρανίου κ.λπ., μετατρέπονται καθημερινά, σ' όλο τον κόσμο, σε ηλεκτρική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια, με τη σειρά της, μετατρέπεται στις διάφορες συσκευές σε άλλες μορφές ενέργειας: κινητική ενέργεια, θερμική ενέργεια, χημική ενέργεια κ.λπ.

Σε όλες αυτές τις μετατροπές είναι ανάγκη να γίνονται υπολογισμοί της ενέργειας. Στο μάθημα της Φυσικής έχουμε μάθει να κάνουμε απλούς υπολογισμούς για το μηχανικό έργο (π.χ. το έργο για την ανύψωση ενός βάρους) και τη μηχανική ισχύ.

Στο κεφάλαιο αυτό θα μάθουμε πώς μπορεί να υπολογιστεί η ηλεκτρική ενέργεια και το σχετικό με την ενέργεια μέγεθος της ηλεκτρικής ισχύος, από τα μεγέθη τάση, ένταση, αντίσταση, που γνωρίσαμε στα προηγούμενα κεφάλαια.



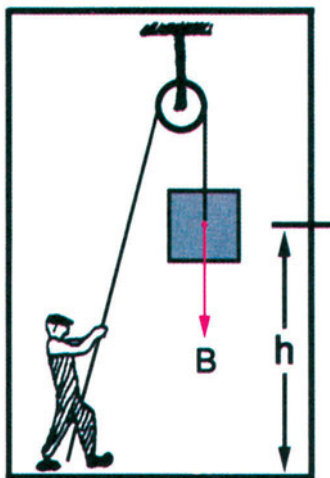
Επιδιωκόμενοι στόχοι:

Με τη συμπλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου, θα μπορείτε:

- ☒ Να αναφέρετε τις διάφορες μονάδες μέτρησης της ενέργειας και της ισχύος και τις σχέσεις που τις συνδέουν.
- ☒ Να ορίζετε την ηλεκτρική ισχύ και να την υπολογίζετε από την τάση, την ένταση και την αντίσταση.
- ☒ Να αναφέρετε τα όργανα μέτρησης της ηλεκτρικής ισχύος και της ηλεκτρικής ενέργειας.
- ☒ Να ορίζετε τον βαθμό απόδοσης μιας συσκευής και να τον χρησιμοποιείτε σε απλούς υπολογισμούς.

3.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ

Πριν ασχοληθούμε με την ηλεκτρική ενέργεια και την ηλεκτρική ισχύ, θα υπενθυμίσουμε εν συντομία, τις έννοιες της μηχανικής ενέργειας και ισχύος.



Σχήμα 3.1.α. Η ανύψωση ενός βάρους δημιουργεί δυναμική ενέργεια $W = B \cdot h$

Αν ανυψωθεί με μια τροχαλία ένα κιβώτιο βάρους B κατά ένα ύψος h , το έργο (μηχανικό έργο) που θα δαπανηθεί, δίνεται από τη σχέση:

$$W = B \times h$$

όπου: B το βάρος σε N (Newton)

h το ύψος σε m (μέτρα)

W το έργο σε J (Joule) ($1J = 1N \times 1m$)

Το ανυψωμένο κιβώτιο έχει **δυναμική ενέργεια** λόγω της θέσης του. Αν το αφήσουμε να πέσει ελεύθερα, θα παράγει έργο. Θα μας επιστρέψει δηλαδή το έργο που δαπανήσαμε για την ανύψωσή του.

Συνεπώς η **Ενέργεια έχει τη δυνατότητα να αποδώσει έργο.**

Στο Διεθνές Σύστημα μονάδων (S. I.), ενέργεια και έργο συμβολίζονται με το ίδιο σύμβολο **W** και μετριοούνται με τη μονάδα **J (Joule)**.

**Ενέργεια
και έργο**

**Σύμβολο
W**

**Μονάδα
J (Joule)**

Στις διάφορες δραστηριότητες κατά τις οποίες παράγεται ή καταναλώνεται έργο - ενέργεια, μας ενδιαφέρει εκτός από το έργο και ο **χρόνος** εντός του οποίου εκτελέστηκε το έργο.

Ας υποθέσουμε ότι χρειάζεται να μεταφερθούν στον 5ο όροφο μιας οικοδομής 30 σακιά με τσιμέντο. Αν χρησιμοποιηθεί ένας γερανός μπορεί να μεταφέρει την παλέτα με τα σακιά σε 2 λεπτά της ώρας, για παράδειγμα. Αν τα σακιά τα μεταφέρει ένας άνθρωπος, ανεβάζοντάς τα ένα - ένα από τις σκάλες, πιθανόν να χρειαστεί 3 ώρες.

Και στις δύο περιπτώσεις το παραγόμενο έργο είναι το ίδιο. Διαφέρει όμως ο χρόνος στον οποίο εκτελέστηκε.

Για να περιληφθεί και ο χρόνος χρησιμοποιείται το φυσικό μέγεθος της **ισχύος**.



Ισχύς είναι το πηλίκο του έργου, δια του χρόνου στον οποίο εκτελείται το έργο.

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{Ισχύς} = \frac{\text{Έργο}}{\text{Χρόνος}}$$

Ισχύς

Σύμβολο
P

Μονάδα
W (Watt)

Από τον ορισμό της ισχύος προκύπτει ότι:

Η ισχύς είναι τόσο **μεγαλύτερη**, όσο **μεγαλύτερο** είναι το έργο και όσο **μικρότερο** είναι το χρονικό διάστημα εντός του οποίου εκτελείται το έργο.

Για τις μονάδες ισχύει:

$$1 \text{ W (Watt)} = \frac{1 \text{ J (Joule)}}{1 \text{ s (δευτερόλεπτο)}} \quad \text{ή} \quad 1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot 1 \text{ s}$$

Χρησιμοποιούνται συχνά και τα πολλαπλάσια του W:

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ MW} = 1000 \text{ kW} = 1000000 \text{ W} = 10^6 \text{ W}$$

Εκτός από το W και τα πολλαπλάσιά του για τη μέτρηση της μηχανικής

ισχύος χρησιμοποιείται και ο **Ίππος**. Υπάρχουν δύο ειδών Ίπποι: Ο ατμό-ίππος ή κοινός ίππος που συμβολίζεται με **PS** ή **CV** και ο αγγλοσαξωνικός ίππος που συμβολίζεται με **HP**.

$$1 \text{ PS (CV)} = 736 \text{ W} = 0,736 \text{ kW}$$

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ W} = 0,746 \text{ kW}$$

Οι διάφορες μηχανές και συσκευές χαρακτηρίζονται από την ισχύ τους σε W, kW (ή Ίππους), η οποία αναγράφεται συνήθως σε πινακίδα πάνω στη συσκευή.

Αν γνωρίζουμε επομένως την ισχύ μιας μηχανής μπορούμε να υπολογίσουμε το έργο που θα παράγει (ή θα καταναλώνει), όταν λειτουργεί, επί ένα χρονικό διάστημα t.

Επιλύουμε τον τύπο $P = W / t$ ως προς το έργο W και έχουμε:

$$W = P \times t$$

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Ας υποθέσουμε ότι το κιβώτιο του σχ. 3.1.1.α έχει μάζα 40 Kg και ο άνθρωπος το ανυψώνει με την τροχαλία κατά 2 m.

- α) Ποιο έργο έχει παραχθεί από τον άνθρωπο;
- β) Αν η ανύψωση του κιβωτίου έγινε σε χρόνο 10s, πόση είναι η ισχύς του ανθρώπου;
- γ) Πόση ισχύς απαιτείται για την ανύψωση του ίδιου κιβωτίου σε χρόνο 2 s;

Απάντηση

α) Το βάρος του κιβωτίου δίνεται από τη σχέση:

$$B = m \cdot g \text{ (Το } g \text{ λαμβάνεται ίσο κατά προσέγγιση με } 10 \text{ N / kg)}$$

$$B = 40 \text{ kg} \times 10 \text{ N/kg} = 400 \text{ N}$$

Το έργο είναι:

$$W = B \times h = 400 \text{ N} \times 2 \text{ m} = 800 \text{ J}$$

β) Η ισχύς δίνεται από τη σχέση:

$$P = W / t = 800 \text{ J} / 10 \text{ s} = 80 \text{ J/s} = 80 \text{ W}$$

γ) Για την εκτέλεση του ίδιου έργου στο μικρότερο χρόνο $t' = 2\text{s}$, η ισχύς P' που απαιτείται είναι:

$$P' = W / t' = 800 \text{ J} / 2\text{s} = 400 \text{ J/s} = 400 \text{ W}$$

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Μια πετρελαιομηχανή αποδίδει μηχανική ισχύ 24 kW και λειτουργεί συνεχώς επί 5 ώρες. Πόσο έργο θα παράγει;

Απάντηση

Μετατρέπουμε τα kW σε W:

$$24\text{kW} = 24000 \text{ W}$$

Μετατρέπουμε τις ώρες (h) σε δευτερόλεπτα (s):

$$5\text{h} = 5 \times 60 \times 60 \text{ s} = 18000 \text{ s}$$

Εφαρμόζουμε τον τύπο:

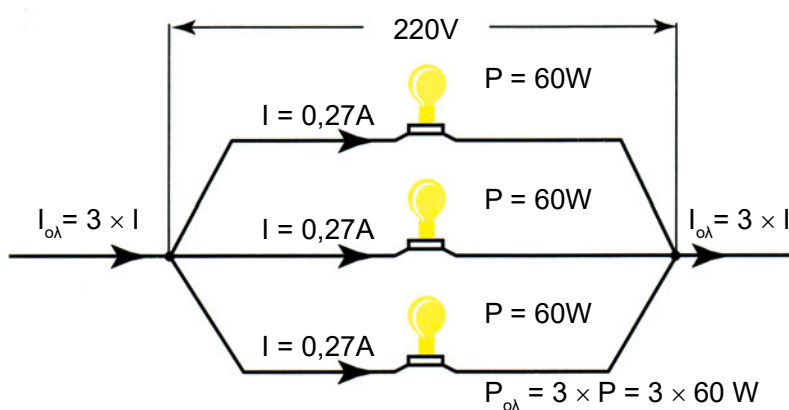
$$\begin{aligned} W &= P \cdot t = 24000 \text{ W} \times 18000 \text{ s} = 432\,000\,000 \text{ W} \cdot \text{s} = 432\,000\,000 \text{ J} \\ &= 4,32 \times 10^8 \text{ J} \end{aligned}$$

3.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα χρησιμοποιούνται κυρίως, για να τροφοδοτήσουν με ηλεκτρική ενέργεια διάφορες συσκευές. Κάθε ηλεκτρική συσκευή που συνδέεται στο κύκλωμα, χαρακτηρίζεται συνήθως από την ισχύ της, δηλαδή την ενέργεια που καταναλώνει στη μονάδα του χρόνου. Π.χ. ένας κοινός ηλεκτρικός λαμπτήρας πυράκτωσης όταν συνδεθεί σε δίκτυο τάσης 220 V καταναλώνει ισχύ 60 W. (Η ισχύς αυτή αναγράφεται πάνω στο λαμπτήρα).

Αν συνδεθεί ένας τέτοιος λαμπτήρας σε πηγή τάσης $U = 220\text{V}$ και μετρηθεί η ένταση του ρεύματος I που τον διαρρέει, θα βρεθεί $I = 0,27 \text{ A}$.

Ο λαμπτήρας επομένως καταναλώνει ισχύ 60 W, όταν στα άκρα του έχει τάση $U = 220 \text{ V}$ και διαρρέεται από ρεύμα $I = 0,27 \text{ A}$.



Σχήμα 3.2.α Αν τριπλασιασθεί η ισχύς (συνδέοντας παράλληλα 3 λαμπτήρες) τριπλασιάζεται και η ένταση του ρεύματος.

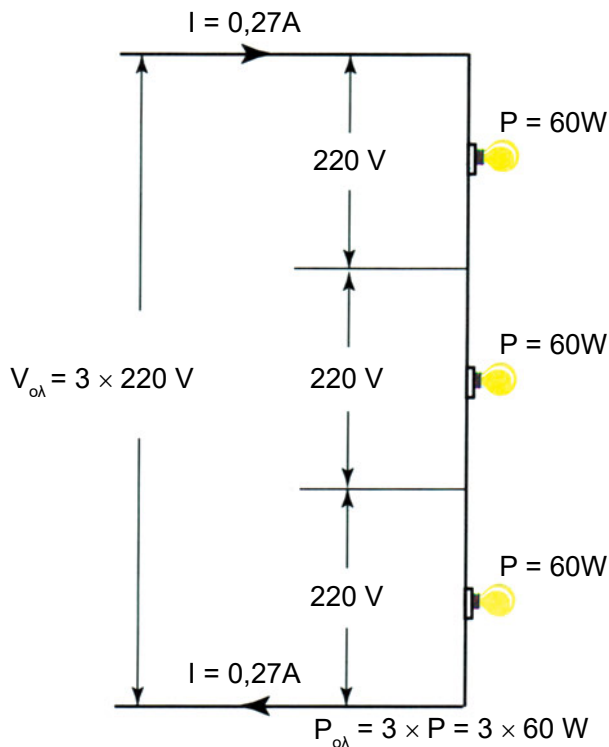
Αν συνδέσουμε **παράλληλα** δεύτερο, τρίτο κ.λπ. λαμπτήρα (Σχ. 3.2.α) η ισχύς προφανώς θα διπλασιαστεί, τριπλασιαστεί κ.λπ. Το ίδιο θα συμβεί και με την ένταση του ρεύματος.

Για σταθερή τάση, η ηλεκτρική ισχύς είναι ανάλογη της έντασης του ρεύματος.

Συνδέουμε δεύτερο, τρίτο κλπ. λαμπτήρα σε **σειρά** με τον πρώτο, ώστε κάθε λαμπτήρας να διαρρέεται από το κοινό ρεύμα $I = 0,27\text{A}$. Για να καταναλώνει κάθε λαμπτήρας την ισχύ των 60W , πρέπει στα άκρα του να επικρατεί τάση $U = 220\text{V}$.

Στο σύστημα επομένως των συνδεδεμένων σε **σειρά** λαμπτήρων πρέπει να επικρατεί τάση $2 \times 220\text{V}$, $3 \times 220\text{V}$ κ.ο.κ. ανάλογα με τον αριθμό των λαμπτήρων.

Αντίστοιχα η ισχύς θα είναι $2 \times 60\text{ W}$, $3 \times 60\text{ W}$ κ.λπ. (Σχ. 3.2.β)



Σχ. 3.2.β Τριπλασιασμός της ισχύος στο κύκλωμα σειράς (που έχει σταθερό ρεύμα I) απαιτεί τριπλασιασμό της τάσης.

Για σταθερή ένταση του ρεύματος, η ηλεκτρική ισχύς είναι ανάλογη της τάσης.

Συνδυάζοντας τις δύο προηγούμενες σχέσεις συμπεραίνουμε ότι η ηλεκτρική ισχύς είναι ανάλογη της τάσης και της έντασης του ρεύματος. Δηλαδή,



Η ηλεκτρική ισχύς είναι το γινόμενο της τάσης επί την ένταση του ρεύματος

$$P = U \times I$$

Για τις μονάδες ισχύει:

$$1\text{ W (Watt)} = 1\text{ V (Volt)} \times 1\text{ A (Ampere)}$$

Αν η τάση U είναι η πολική τάση της πηγής και I η ένταση του ρεύματος που παρέχει η πηγή στο κύκλωμα, η σχέση $P = U \cdot I$ δίνει την ισχύ που παρέχεται από την πηγή στο κύκλωμα.

Αν U είναι η τάση στα άκρα μιας συσκευής που καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια και I η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τη συσκευή, η σχέση $P = U \cdot I$ μας δίνει την ηλεκτρική ισχύ που παίρνει η συσκευή από το δίκτυο.

Στην περίπτωση συσκευών, που μετατρέπουν όλη την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμική (π.χ. μάτι κουζίνας, ηλεκτρικό σίδερο, θερμοσίφωνα), η ισχύς P μπορεί να υπολογιστεί από την τιμή της αντίστασης R της συσκευής.

Στον τύπο $P = U \cdot I$ αντικαθιστούμε την τάση U με το ίσο της, σύμφωνα με τον νόμο του Ωμ, $U = R \cdot I$ και παίρνουμε την εξής σχέση για την ισχύ:

$$P = R \times I^2$$

Σε μια αντίσταση σταθερής τιμής R , η ισχύς αυξάνεται με το τετράγωνο της έντασης του ρεύματος που τη διαρρέει.

Αν στον ίδιο τύπο $P = U \cdot I$ αντικαταστήσουμε το ρεύμα I με το ίσο του, $I = \frac{U}{R}$ λαμβάνουμε τη σχέση:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Σε μια αντίσταση σταθερής τιμής R , η ισχύς αυξάνεται με το τετράγωνο της τάσης που επικρατεί στα άκρα της.



Σχήμα 3.2.γ Συνήθεις οικιακές συσκευές που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα.

Πίνακας 3.2.δ

Ενδεικτική ηλεκτρική ισχύς μερικών οικιακών συσκευών σε kW

Μικρός θερμοσίφωνας	1 έως 2 kW
Θερμοσίφωνας λουτρού	3 έως 6 kW
Μαγειρική εστία	0,8 έως 6 kW
Ηλεκτρική κουζίνα	6 έως 12 kW
Σίδερο σιδερώματος	0,5 έως 1,5 kW
Πλυντήριο (με θέρμανση νερού)	2 έως 4 kW
Θερμαντικά σώματα	1,5 έως 3 kW
Τηλεόραση έγχρωμη	0,1 έως 0,3 kW

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Ένα ηλεκτρικό σίδερο είναι συνδεδεμένο με δίκτυο τάσης $U = 220 \text{ V}$ και διαρρέεται από ρεύμα έντασης 6 A . Ποια είναι η ηλεκτρική ισχύς του;

Απάντηση

$$P = U \times I = 220 \text{ V} \times 6 \text{ A} = 1320 \text{ W}$$

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας πυράκτωσης ισχύος 100 W συνδέεται με δίκτυο τάσης 220 V . Ποια είναι η ένταση του ρεύματος I που περνά από τον λαμπτήρα;

Απάντηση

Από τον τύπο $P = U \times I$ έχουμε

$$I = \frac{P}{U}$$

$$I = \frac{100 \text{ W}}{220 \text{ V}} = 0,45 \text{ A}$$

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3

Το θερμαντικό στοιχείο ενός θερμοσίφωνα έχει αντίσταση $R_\theta = 12,5 \text{ } \Omega$ και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I = 18 \text{ A}$. Να ευρεθεί η ηλεκτρική ισχύς του θερμοσίφωνα:

Απάντηση

α' τρόπος

Αφού η αντίσταση $R_\theta = 12,5 \text{ } \Omega$ διαρρέεται από ρεύμα

$I = 18 \text{ A}$, η τάση στα άκρα της, σύμφωνα με το νόμο του Ωμ, θα είναι:

$$U = R_\theta \times I = 12,5 \text{ } \Omega \times 18 \text{ A} = 225 \text{ V}$$

Η ηλεκτρική ισχύς δίνεται από τη σχέση:

$$P = U \times I$$

$$P = 225 \text{ V} \times 18 \text{ A} = 4050 \text{ W} \simeq 4,1 \text{ kW}$$

β' τρόπος

Υπολογίζουμε την ισχύ κατ' ευθείαν από τον τύπο:

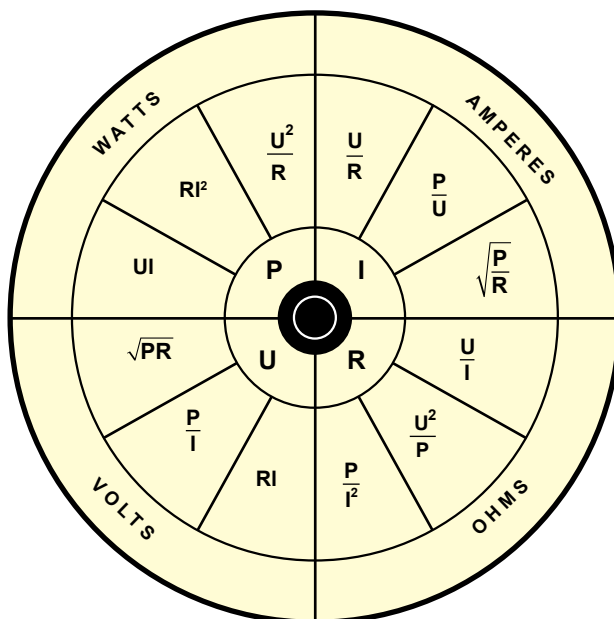
$$P = R \times I^2$$

$$P = 12,5 \times 18^2 = 4050 \text{ W} \simeq 4,1 \text{ kW}$$

Παρατήρηση:

Ο τύπος της ισχύος $P = U \times I$ συνδυαζόμενος με τον νόμο του Ωμ $I = \frac{U}{R}$, επιτρέπει να υπολογίσουμε οποιοδήποτε από τα 4 μεγέθη P (ισχύ), U (τάση), I (ένταση), R (αντίσταση) όταν είναι γνωστά 2 από τα υπόλοιπα 3 μεγέθη. Υπενθυμίζεται ότι οι σχέσεις ισχύουν για ηλεκτρικές καταναλώσεις με ωμική αντίσταση R όπου η ηλεκτρική ισχύς μετατρέπεται σε θερμική ισχύ.

Στο σχ. 3.2.ε παρουσιάζονται σε ένα διάγραμμα οι μαθηματικές σχέσεις που ισχύουν σε κάθε περίπτωση.



Σύμβολα: U = Τάση σε V , I = Ρεύμα σε A , R = Αντίσταση σε Ω , P = Ισχύς σε W

Σχ. 3.2.ε Μνημονικό διάγραμμα για τον υπολογισμό ενός από τα μεγέθη U , I , R , P , όταν δίνονται δύο από τα υπόλοιπα.

3.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλίσκεται από μια ηλεκτρική συσκευή ή παρέχεται από μια ηλεκτρική πηγή υπολογίζεται από τον τύπο της ισχύος,

$$P = \frac{W}{t}$$

$$W = P \cdot t$$

Όπου, P η ισχύς σε W, t ο χρόνος σε s και W η ενέργεια σε J.

Η ηλεκτρική ενέργεια υπολογίζεται από το γινόμενο της ηλεκτρικής ισχύος επί το χρόνο.

Αν στον προηγούμενο τύπο αντικαταστήσουμε την ηλεκτρική ισχύ P με το ίσον της $P = U \cdot I$ έχουμε:

$$W = U \cdot I \cdot t$$

όπου, W η ηλεκτρική ενέργεια σε J(Joule)

U η τάση σε V (Volt)

I η ένταση του ρεύματος σε A (Ampere)

t ο χρόνος σε s (δευτερόλεπτα)

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Ένας ηλεκτρικός θερμοσίφωνας ισχύος 4 kW λειτουργεί συνεχώς επί 30 min. Πόση ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνει η συσκευή;

Απάντηση

$$W = P \times t$$

$$P = 4\text{kW} = 4000 \text{ W}$$

$$t = 30 \text{ min} = 30 \times 60 \text{ s} = 1800\text{s}$$

$$W = 4000\text{W} \times 1800\text{s} = 7200000 \text{ W} \times \text{s} = 7200000 \text{ J}$$

Επειδή η μονάδα J είναι πολύ μικρή, στην Ηλεκτροτεχνία χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας η μονάδα kWh (κιλοβατώρα).

Η κιλοβατώρα (kWh) ορίζεται ως η ενέργεια που καταναλίσκεται από μια συσκευή ισχύος 1kW, όταν λειτουργεί επί μια ώρα (1h).

Προκύπτει από τον τύπο:

$$W = P \cdot t, \text{ αν θέσουμε } P = 1 \text{ kW και } t = 1 \text{ h}$$

$$W \text{ (Ενέργεια)} = 1 \text{ kW} \times 1 \text{ h} = 1 \text{ kWh}$$

Επομένως, για να υπολογίσουμε τις ποσότητες ενέργειας σε kWh, πρέπει να εκφράσουμε την ισχύ σε kW, το χρόνο σε h (ώρες) και να εφαρμόσουμε τον τύπο $W = P \cdot t$.

Μικρότερη μονάδα είναι η **Wh (βατώρα)** για την οποία ισχύει

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh}$$

Η σχέση της kWh και της Wh με τη μονάδα J είναι:

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J}$$

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3600 \text{ J}$$

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Ποια είναι η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλίσκεται από το θερμοσίφωνα του προηγούμενου παραδείγματος 1 σε kWh;

Απάντηση

$$W = P \cdot t \quad P = 4 \text{ kW}$$

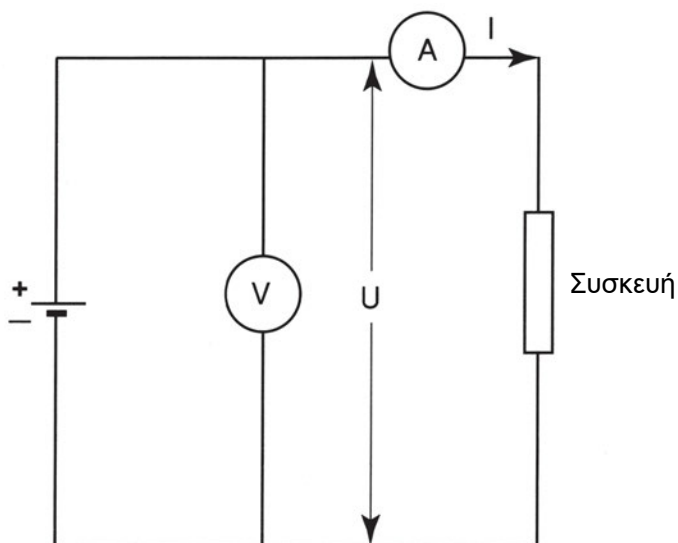
$$t = 30 \text{ min} = 0,5 \text{ h}$$

$$W = 4 \text{ kW} \times 0,5 \text{ h} = 2 \text{ kWh}$$



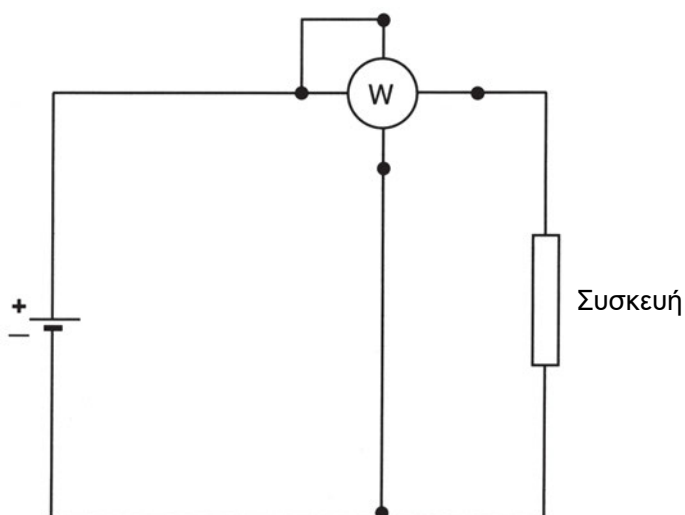
3.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ

Η μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος μπορεί να γίνει έμμεσα με μέτρηση της τάσης και της έντασης και εφαρμογή του τύπου $P = U \cdot I$. Ο τρόπος αυτός μέτρησης ισχύει στο συνεχές ρεύμα. Στο εναλλασσόμενο ρεύμα επιτρέπεται μόνο για θερμικές συσκευές (που έχουν ωμική αντίσταση R). (Σχ. 3.4.α)



Σχήμα 3.4.α Μέτρηση της ισχύος με βολτόμετρο και αμπερόμετρο

Η ηλεκτρική ισχύς μετρίεται άμεσα με το βαττόμετρο, το οποίο διαθέτει 4 ακροδέκτες και συνδέεται με το ηλεκτρικό κύκλωμα, όπως φαίνεται στο Σχ. 3.4.β.



Σχήμα 3.4.β Άμεση μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος με βαττόμετρο

Η μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται με ειδικούς μετρητές, όπως αυτοί που τοποθετούνται από τη ΔΕΗ στους καταναλωτές. (Σχ. 3.4.γ)

Οι μετρητές έχουν ένα δίσκο που περιστρέφεται με ταχύτητα, ανάλογη με το ρυθμό που καταναλώνεται η ενέργεια. Κάθε περιστροφή του δίσκου αντιστοιχεί σε ορισμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Π.χ. 150 περιστροφές του δίσκου του μετρητή, αντιστοιχούν σε 1 kWh. Ένας μηχανισμός μετρά τον αριθμό των περιστροφών και δίνει με αριθμητικά ψηφία την ένδειξη σε kWh. (Μόλις συμπληρωθούν 150 στροφές, αλλάζει το τελευταίο ψηφίο, όπως συμβαίνει και στον χιλιομετρικό μετρητή του αυτοκινήτου).



ΠΡΟΣΟΧΗ: Δεν πρέπει να συγχέεται η μονάδα μέτρησης της ισχύος kW (κιλοβάτ) με τη μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής ενέργειας kWh (κιλοβατώρα).

◆ Στο λογαριασμό της ΔΕΗ αναγράφεται η ενέργεια που καταναλώθηκε στο δίκτυο, σε kWh και όχι σε kW, όπως εσφαλμένα λέγεται.



Σχήμα 3.4.γ Μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ο μετρητής της ηλεκτρικής ενέργειας ενός σπιτιού αναγράφει στην πινακίδα του ότι οι 120 περιστροφές του δίσκου του αντιστοιχούν σε 1 kWh.

Πώς μπορούμε να υπολογίσουμε την ηλεκτρική ισχύ ενός θερμαντικού σώματος (ηλεκτρικού καλοριφέρ);

Απάντηση

Διακόπτουμε τη λειτουργία όλων των άλλων καταναλώσεων του σπιτιού και αφήνουμε να λειτουργεί μόνο το θερμαντικό σώμα.

Με ένα ρολόι μετράμε τον χρόνο μέσα στον οποίο ο δίσκος του μετρητή έκανε 12 περιστροφές. Ας υποθέσουμε ότι ο χρόνος αυτός μετρήθηκε και βρέθηκε 3 min.

Οι 12 περιστροφές του δίσκου αντιστοιχούν σε κατανάλωση 12 / 120 kWh = 0,1 kWh.

Τα 3 min είναι 3/60 h = 0,05 h.

Από τον τύπο της ισχύος έχουμε:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{0,1\text{kWh}}{0,05\text{h}} = 2\text{kW}$$

Η ισχύς του θερμαντικού σώματος είναι 2 kW.

3.5 ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Κάθε συσκευή ή μηχανή που λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια και τη μετατρέπει σε άλλη μορφή ενέργειας. Κατά τη μετατροπή, δεν μετατρέπεται όλη η ηλεκτρική ενέργεια στην επιθυμητή μορφή. Ένα μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο μετατρέπεται σε θερμότητα, αποτελεί την **απώλεια ενέργειας**, σε αντίθεση με την **ωφέλιμη** ενέργεια την οποία και εκμεταλλευόμαστε.

Ισχύει η σχέση:

$$\text{Παραλαμβανόμενη ενέργεια} = \text{Ωφέλιμη ενέργεια} + \text{Απώλειες}$$

Ίδια σχέση ισχύει και για την ισχύ, δηλαδή την ενέργεια στη μονάδα του χρόνου:

$$P_{\pi} = P_{\omega} + P_{\alpha}$$

όπου,

P_{π} η παραλαμβανόμενη από τη συσκευή ηλεκτρική ισχύς σε W

P_{ω} η ωφέλιμη ισχύς σε W

P_{α} η ισχύς απωλειών σε W

Βαθμός απόδοσης είναι το πηλίκο της ωφέλιμης ισχύος προς την παραλαμβανόμενη από τη συσκευή ισχύ.

Συμβολίζεται με το γράμμα η .

$$\eta = \frac{P_{\omega}}{P_{\pi}} = \frac{P_{\omega}}{P_{\omega} + P_{\alpha}}$$

Ο βαθμός απόδοσης είναι “καθαρός” αριθμός και παίρνει τιμές από 0 έως 1.

Όταν αναφερόμαστε στην ισχύ ενός ηλεκτροκινητήρα εννοούμε συνήθως την ωφέλιμη μηχανική ισχύ P_{ω} που αποδίδει στον άξονά του σε kW ή ίππους. Όταν αναφερόμαστε στην ισχύ μιας θερμαντικής συσκευής, εννοούμε συνήθως την ηλεκτρική ισχύ που παραλαμβάνει από το δίκτυο (P_{π}).

Ο βαθμός απόδοσης μιας συσκευής διαφέρει σημαντικά ανάλογα με τον τύπο της συσκευής. Επί πλέον, μεταβάλλεται, όταν μεταβάλλεται το φορτίο της συσκευής. Γίνεται μέγιστος, όταν η συσκευή λειτουργεί με την ονομαστική της ισχύ.

▣ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ένας ηλεκτροκινητήρας αποδίδει στο φορτίο του μηχανική ισχύ $P = 4 \text{ PS}$ (Ίππους). Ο βαθμός απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα είναι $\eta = 0,8$. Να ευρεθεί πόση ισχύ σε kW παραλαμβάνει ο κινητήρας από το ηλεκτρικό δίκτυο και πόση είναι η ισχύς των απωλειών.

Απάντηση

Πρώτα μετατρέπουμε τους ίππους σε kW:

$$1 \text{ PS} = 0,736 \text{ kW}$$

$$P_{\omega} = 4 \text{ PS} = 4 \times 0,736 \text{ kW} = 2,944 \text{ kW}$$

Από τη σχέση

$$\eta = P_{\omega} / P_{\pi} \text{ υπολογίζουμε την } P_{\pi}$$

$$P_{\pi} = P_{\omega} / \eta = 2,944 \text{ kW} / 0,8 = 3,680 \text{ kW}$$

Η ισχύς των απωλειών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P_{\pi} = P_{\omega} + P_{\alpha}$$

$$P_{\alpha} = P_{\pi} - P_{\omega} = 3,680 \text{ kW} - 2,944 \text{ kW} = 0,736 \text{ kW} = 736 \text{ W}$$



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Η ενέργεια και το έργο συμβολίζονται με **W** και μετριοούνται σε **J**.
- Για την ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται συχνά και η μονάδα **kWh** (κιλοβατώρα).
- **Ισχύς** είναι το πηλίκο του έργου δια του χρόνου στον οποίο εκτελείται το έργο αυτό.
- Η ισχύς συμβολίζεται με το γράμμα **P** και μετρείται σε **W**.
Ισχύει: $1\text{ W} = \frac{1\text{ J}}{1\text{ s}}$
- Η ηλεκτρική ισχύς είναι το γινόμενο της τάσης επί την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος **P = U · I**

Για τις μονάδες ισχύει:

$$1\text{ W} = 1\text{ V} \times 1\text{ A}$$

- Στις καταναλώσεις που έχουν μόνο ωμική αντίσταση **R**, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ηλεκτρική ισχύ και οι σχέσεις:

$$P = R \cdot I^2, \quad P = \frac{U^2}{R}$$

- Η παραλαμβανόμενη από μια συσκευή ισχύς (P_{π}) είναι το άθροισμα της ωφέλιμης ισχύος (P_{ω}) και της ισχύος των απωλειών (P_{α}).

$$P_{\pi} = P_{\omega} + P_{\alpha}$$

- Ο βαθμός απόδοσης δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = \frac{P_{\omega}}{P_{\pi}}$$



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες μονάδες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ενέργειας και του έργου;
2. Τι ονομάζουμε ισχύ και σε τι μονάδες μετριέται;
3. Με τι ισούται η ηλεκτρική ισχύς;
4. Ποια σχέση συνδέει τις μονάδες W, V και A;
5. Πότε χρησιμοποιούμε για την ηλεκτρική ισχύ τις σχέσεις: $P = R \cdot I^2$ και $P = \frac{U^2}{R}$;
6. Να αναφέρετε συσκευές στις οποίες όλη η παρεχόμενη ηλεκτρική ισχύς μετατρέπεται σε θερμική ισχύ, καθώς και συσκευές, στις οποίες το μεγαλύτερο μέρος της παρεχόμενης ηλεκτρικής ισχύος δε μετατρέπεται σε θερμική ισχύ.
7. Τι ονομάζουμε βαθμό απόδοσης μιας συσκευής;
8. Με ποια όργανα μετριέται η ηλεκτρική ισχύς και με ποια η ενέργεια;



ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. α) Ποια ένταση ρεύματος διαρρέει κοινούς λαμπτήρες πυράκτωσης ισχύος 40 W, 60 W, 100 W και 150 W όταν συνδεθούν σε δίκτυο τάσης 220 V; β) Ποια είναι η αντίσταση σε Ω κάθε λαμπτήρα;

(Απάντηση: α) 0,18 A, 0,27 A, 0,45 A, 0,68 A.

β) 1210 Ω, 807 Ω, 484 Ω, 323 Ω)

2. Μια ηλεκτρική θερμάστρα έχει αντίσταση $R = 32 \Omega$. Ποια ισχύ παίρνει από το δίκτυο τάσης 220 V;

(Απάντηση: $1513 \text{ W} \approx 1,5 \text{ kW}$)

3. Σε ένα δίκτυο τάσης 220 V συνδέεται ηλεκτρικός κινητήρας που διαρρέεται από ρεύμα έντασης 10 A. Ο κινητήρας τροφοδοτείται μέσω αγωγών, που έχουν ολική αντίσταση $R_a = 1,8 \Omega$. Να ευρεθούν:

- α) Η ισχύς που παρέχεται από το δίκτυο στον κινητήρα και στους αγωγούς.
- β) Η ηλεκτρική ισχύς που μετατρέπεται σε θερμική ισχύ στους αγωγούς.
- γ) Η ισχύς που παίρνει ο κινητήρας.

(Απάντηση: α) 2200 W, β) 180 W, γ) 2020W)

4. Κατά τη διάρκεια των θερινών διακοπών, ξεχάστηκαν αναμμένοι σε ένα διαμέρισμα δύο λαμπτήρες πυράκτωσης ισχύος 60 W ο καθένας, επί 30 ημέρες. Αν η ηλεκτρική εταιρεία χρεώνει 40 δρχ. την kWh, πόσες δραχμές κόστισε η λειτουργία τους;

(Απάντηση: 3456 δρχ.)

5. Ο κινητήριος μηχανισμός ενός βαρούλκου παίρνει από το ηλεκτρικό δίκτυο ηλεκτρική ισχύ 6 kW. Αν ο βαθμός απόδοσης του μηχανισμού είναι $\eta = 0,6$, να ευρεθούν:

- α) Η μηχανική (ωφέλιμη) ισχύς στον άξονα του βαρούλκου.
- β) Η ισχύς των απωλειών.
- γ) Σε πόσο χρόνο το βαρούλκο μπορεί να ανυψώσει βάρος 2 τόνων ($\approx 20\,000\text{ N}$) σε ένα ύψος 45 m;

(Απάντηση: α) 3,6 kW, β) 2,4 kW, γ) 4 min και 10 s)

6. Ένας ηλεκτρικός κινητήρας χρησιμοποιείται για την κίνηση ενός τóρ-νου και παρέχει ωφέλιμη μηχανική ισχύ 3 PS με βαθμό απόδοσης $\eta = 0,8$. Να βρεθούν:

- α) Η ισχύς που παραλαμβάνει ο κινητήρας από το ηλεκτρικό δίκτυο σε W
- β) Η ισχύς απωλειών του κινητήρα.
- γ) Η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει ο κινητήρας, αν λειτουργεί 5 ώρες την ημέρα, επί 25 ημέρες με την παραπάνω σταθερή ισχύ.

(Απάντηση: α) 2760 W, β) 552 W, γ) 345 kWh)

7. Η μίζα ενός αυτοκινήτου δέχεται ρεύμα έντασης 300A και εφαρμόζεται στα άκρα της τάση $U = 9,9\text{ V}$. Αν ο βαθμός απόδοσης της μίζας είναι $\eta = 0,49$, να ευρεθεί η ωφέλιμη μηχανική ισχύς σε W και σε PS.

(Απάντηση: α) 1455 W ή 1,98 PS)



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

1. Στην πινακίδα κάθε οικιακής συσκευής αναγράφεται η ηλεκτρική ισχύς που παίρνει από το δίκτυο σε W ή kW. Να υπολογίσετε την αντίσταση των θερμικών συσκευών του σπιτιού σας, λαμβάνοντας υπόψη ότι συνδέονται σε δίκτυο τάσης $U = 220 \text{ V}$.
2. Να αθροίσετε τα ρεύματα που διαρρέουν όλες τις συσκευές που είναι εγκατεστημένες στο σπίτι σας, όταν αυτές λειτουργούν σε πλήρη ισχύ. Να συγκρίνετε το αποτέλεσμα σας με την τιμή του ρεύματος, που επιτρέπεται να περάσει από την κεντρική ασφάλεια του σπιτιού. Τι παρατηρείτε;
3. Χρησιμοποιώντας το μετρητή της ΔΕΗ και τη μέθοδο που περιγράφεται στο παράδειγμα της παραγράφου 3.4, να υπολογίσετε την ηλεκτρική ισχύ μερικών συσκευών του σπιτιού σας.
4. Να εκτιμήσετε το χρόνο λειτουργίας των ηλεκτρικών συσκευών του σπιτιού σας σε διάστημα ενός μηνός. Με βάση την ισχύ της κάθε συσκευής, να υπολογίσετε τη μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και να τη συγκρίνετε με την κατανάλωση που αναγράφεται στο λογαριασμό της ΔΕΗ.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4

ΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

- 4.1 Συνεχές και εναλλασσόμενο ρεύμα
- 4.2 Το εναλλασσόμενο ημιτονοειδές ρεύμα
- 4.3 Το τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα
- 4.4 Ο νόμος του Ωμ στο εναλλασσόμενο ρεύμα
- 4.5 Η ηλεκτρική ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα
- 4.6 Ο πυκνωτής

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραγωγή και μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται με εναλλασσόμενο ρεύμα και όχι με συνεχές.

Ιστορικά, οι πρώτες εφαρμογές του ηλεκτρισμού είχαν να κάνουν με το συνεχές ρεύμα. Από τις αρχές όμως του 20ου αιώνα αναγνωρίστηκαν τα πλεονεκτήματα του εναλλασσόμενου ρεύματος και γενικεύτηκε η χρήση του σ' όλες τις εφαρμογές τις σχετικές με την παραγωγή και μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας.

Δύο είναι οι κύριοι λόγοι για τη μεγάλη διάδοση του εναλλασσόμενου ρεύματος:

α) Η δυνατότητα ανύψωσης και υποβιβασμού της ηλεκτρικής τάσης.

β) Η δυνατότητα χρήσης τριφασικών ρευμάτων.

Η ανύψωση και ο υποβιβασμός της τάσης στο εναλλασσόμενο ρεύμα πραγματοποιείται με ειδικές συσκευές, τους μετασχηματιστές. Η χρήση υψηλής τάσης επιτρέπει τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας με ρεύματα μικρότερης έντασης. Υπενθυμίζεται ότι η ηλεκτρική ισχύς είναι το γινόμενο της τάσης επί την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος ($P = U \cdot I$). Επομένως **η ίδια ισχύς μπορεί να μεταφερθεί με μικρότερο ρεύμα αν αυξηθεί η τάση.**

Ένα ποσοστό της μεταφερόμενης ηλεκτρικής ενέργειας μετατρέπεται στους αγωγούς μεταφοράς σε θερμότητα σύμφωνα με τη γνωστή σχέση:

$$P_{\theta} = R \cdot I^2$$

όπου

P_{θ} η ηλεκτρική ισχύς που μετατρέπεται σε θερμότητα

R η αντίσταση των αγωγών και

I το ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό.

Όταν η ένταση του ρεύματος είναι μικρή, αυτές οι ανεπιθύμητες απώλειες ενέργειας διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα, ακόμη και με σχετικά μεγάλη τιμή της αντίστασης R των αγωγών. Είναι δυνατόν δηλαδή να επιλεγούν **αγωγοί μικρής διατομής.**

Έτσι μειώνεται σημαντικά **το κόστος κατασκευής και εγκατάστασης** των γραμμών μεταφοράς.

Με τη χρήση τριφασικών συστημάτων εναλλασσόμενου ρεύματος, όπως θα δούμε στη συνέχεια, μειώνεται ακόμη περισσότερο το κόστος

των γραμμών μεταφοράς, επειδή μπορούν να χρησιμοποιηθούν λιγότεροι αγωγοί για τη μεταφορά ορισμένης ηλεκτρικής ισχύος.



Επιδιωκόμενοι στόχοι:

Με τη συμπλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου, θα μπορείτε:

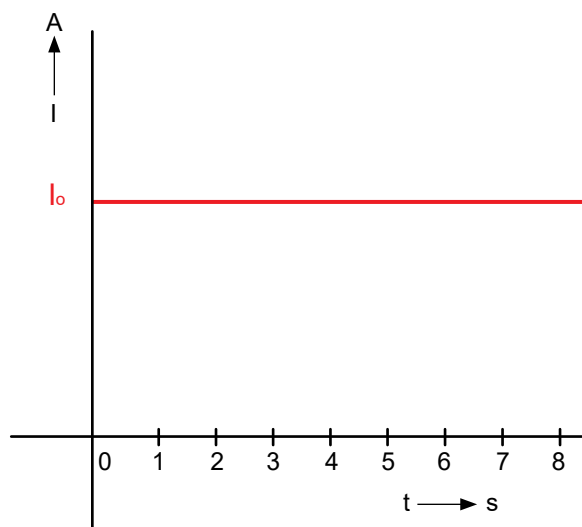
- ☒ Να ορίζετε το συνεχές και το εναλλασσόμενο ρεύμα.
- ☒ Να ορίζετε την περίοδο, τη συχνότητα, την ενεργό τάση και ενεργό ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος.
- ☒ Να περιγράφετε τα βασικά χαρακτηριστικά του τριφασικού συστήματος ρευμάτων.
- ☒ Να ορίζετε την έννοια του πυκνωτή.
- ☒ Να ορίζετε τη χωρητικότητα και τη χωρητική αντίσταση του πυκνωτή.
- ☒ Να περιγράφετε πώς λειτουργεί ο πυκνωτής στο συνεχές και πώς στο εναλλασσόμενο ρεύμα.

ΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

4.1 ΣΥΝΕΧΕΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

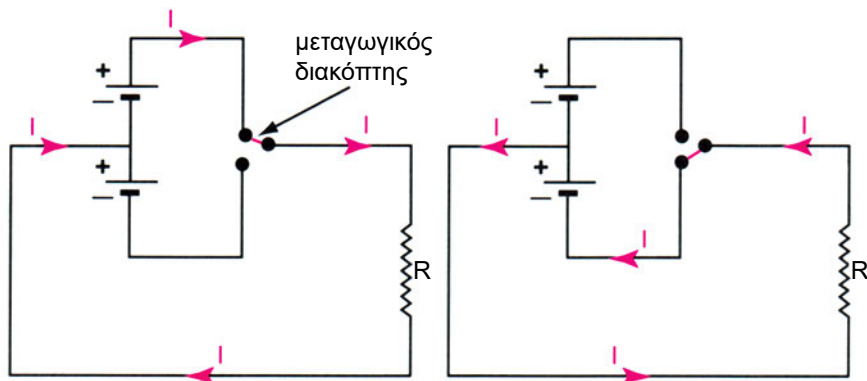
Το συνεχές ρεύμα δημιουργείται από πηγές που παρέχουν σταθερή τάση ως προς το χρόνο. Συνεπώς και η ένταση του συνεχούς ρεύματος παραμένει σταθερή ως προς το χρόνο. (Η τιμή της δεν μεταβάλλεται με το χρόνο).

Αν παραστήσουμε την ένταση ενός συνεχούς ρεύματος σε ένα διάγραμμα Έντασης (I) - Χρόνου (t) θα έχουμε την ευθεία γραμμή του Σχ. 4.1.α.



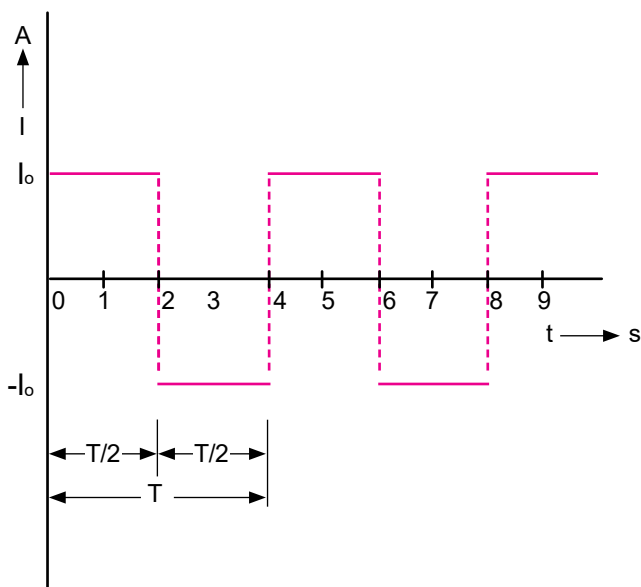
Σχήμα 4.1.α Γραφική παράσταση του συνεχούς ρεύματος συναρτήσει του χρόνου

Ας υποθέσουμε τώρα, ότι επιθυμούμε η ηλεκτρική πηγή να αλλάζει συνεχώς πολικότητα. (Το + να γίνεται - και στη συνέχεια το - να γίνεται +). Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με μια διάταξη, όπως αυτή του Σχ. 4.1.β, όπου δύο όμοιες πηγές (ηλεκτρικά στοιχεία) τροφοδοτούν με ρεύμα μια **αντίσταση** μέσω ενός **μεταγωγικού** διακόπτη (διακόπτη δύο θέσεων).



Σχήμα 4.1.β. Διάταξη για την παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος. Το ρεύμα αλλάζει φορά, όταν αλλάζει θέση ο μεταγωγικός διακόπτης.

Αν επιπλέον υποθέσουμε, ότι οι εναλλαγές της πολικότητας της πηγής γίνονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα π.χ. κάθε 2 s, τότε η ένταση του ρεύματος στο διάγραμμα $I - t$ θα έχει τη μορφή του Σχ. 4.1.γ:



Σχήμα 4.1.γ Γραφική παράσταση ενός εναλλασσόμενου ρεύματος

Το ρεύμα που δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο, όταν δηλαδή μεταβάλλεται η φορά κίνησης των ηλεκτρονίων, ονομάζεται εναλλασσόμενο. Αν η εναλλαγή γίνεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα τότε ονομάζεται και **περιοδικό**.

Ο χρόνος μιας πλήρους εναλλαγής, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για να μετατραπεί το ρεύμα από θετικό σε αρνητικό και στη συνέχεια σε θετικό της ίδιας τιμής, ονομάζεται **περίοδος**.

Στο παράδειγμα του Σχ. 4.1.γ η περίοδος είναι 4 s. Η περίοδος συμβολίζεται με το γράμμα **T** και μετριέται σε **s**. Χωρίζεται σε δύο ημιπεριόδους: τη θετική ημιπερίοδο ($T/2$), κατά την οποία η ένταση I έχει θετική τιμή και την αρνητική ημιπερίοδο κατά την οποία έχει αρνητική τιμή. (Στο παράδειγμα οι ημιπεριόδοι διαρκούν 2 δευτερόλεπτα).

Περίοδος	Σύμβολο	Μονάδα
	T	s

Σχετικό μέγεθος με την περίοδο είναι η **συχνότητα**.

Ως συχνότητα ορίζεται ο αριθμός των εναλλαγών στη μονάδα του χρόνου. Η συχνότητα συμβολίζεται με το γράμμα **f** και μετριέται σε **Hz** (Hertz).

Το **Hz ορίζεται ως ο αριθμός των εναλλαγών σε χρόνο 1s**

Συχνότητα	Σύμβολο	Μονάδα
	f	Hz (Hertz)

Στις τηλεπικοινωνίες, στην πληροφορική, στα οπτικοακουστικά συστήματα κ.λπ. χρησιμοποιούνται εναλλασσόμενα ρεύματα υψηλής συχνότητας. Για τη μέτρησή τους χρησιμοποιούνται πολλαπλάσια του Hz. Αυτά είναι:

$$1 \text{ kHz} = 1000 \text{ Hz} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 1000.000 \text{ Hz} = 10^6 \text{ Hz}$$

Μεταξύ της περιόδου T και της συχνότητας f ισχύει η σχέση:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{και} \quad f = \frac{1}{T}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

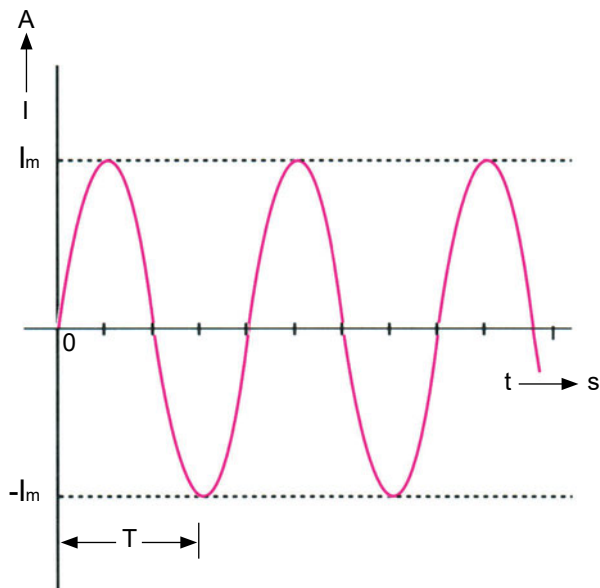
Η συχνότητα του ρεύματος της ΔΕΗ είναι $f = 50 \text{ Hz}$.

Η περίοδος (ο χρόνος μιας εναλλαγής του ρεύματος) T είναι:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50 \text{ Hz}} = 0.02 \text{ s}$$

4.2 ΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΕΣ ΡΕΥΜΑ

Το εναλλασσόμενο ημιτονοειδές ρεύμα παράγεται από τις ηλεκτρογεννήτριες.



Σχήμα 4.2.α Γραφική παράσταση εναλλασσόμενου ημιτονοειδούς ρεύματος

Η ονομασία ημιτονοειδές αναφέρεται στη μορφή της καμπύλης του ρεύματος στο διάγραμμα $I - t$ η οποία ακολουθεί τη μαθηματική συνάρτηση του ημιτόνου $y = \eta \mu x$.

Το ημιτονοειδές ρεύμα μεταβάλλεται μεταξύ μιας μέγιστης θετικής τιμής I_m και μιας ελάχιστης $-I_m$.

Τα ηλεκτρόνια στο εναλλασσόμενο ρεύμα εκτελούν παλινδρομικές κινήσεις, αλλάζοντας φορά κίνησης κάθε ημιπερίοδο, όπως το έμβολο ενός

βενζινοκινητήρα. Κατά την παλινδρομική αυτή κίνηση τα ηλεκτρόνια συγκρούονται με τα άτομα του αγωγού και αναπτύσσεται θερμότητα, όπως συμβαίνει και με την κίνηση των ηλεκτρονίων στο συνεχές ρεύμα.

Κατά συνέπεια όλες οι συσκευές που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα (π.χ. θερμοσίφωνα, λαμπτήρες πυράκτωσης, ηλεκτρικό μαγειρείο κ.λπ.) μπορούν να λειτουργούν, τόσο στο συνεχές, όσο και στο εναλλασσόμενο ρεύμα.

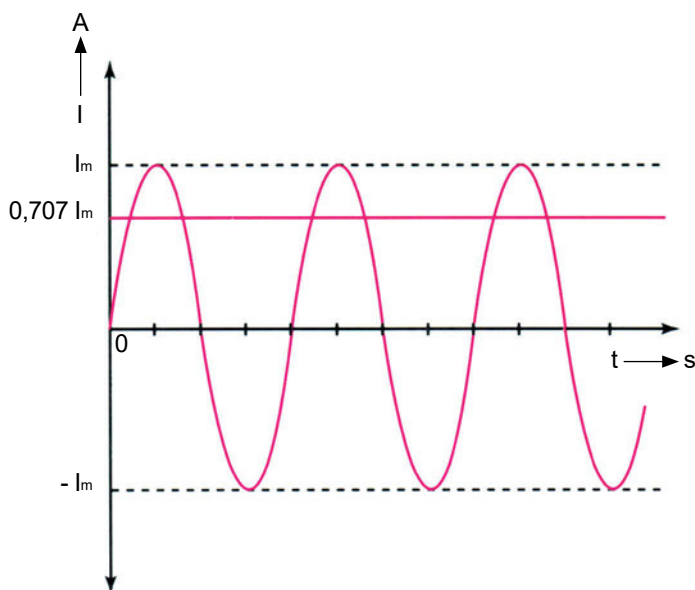
Στη συνέχεια, με τον όρο εναλλασσόμενο ρεύμα θα εννοούμε το εναλλασσόμενο ημιτονοειδές ρεύμα.

Αποδεικνύεται ότι ένα συνεχές ρεύμα του οποίου η ένταση δίνεται από τη σχέση:

$$I = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot I_m = 0,707 \cdot I_m$$

(I_m η μέγιστη τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος)

έχει τα ίδια **θερμικά αποτελέσματα** με το εναλλασσόμενο ρεύμα που μεταβάλλεται μεταξύ I_m και $-I_m$ (Βλέπε Σχ. 4.2.β).



Σχήμα 4.2.β Το συνεχές ρεύμα έντασης $I = 0,707 I_m$ προκαλεί τα ίδια θερμικά αποτελέσματα με το ημιτονοειδές ρεύμα πλάτους I_m

Ως **ενεργός τιμή** του εναλλασσόμενου ρεύματος ορίζεται η τιμή $I = 0,707 I_m$. Αντίστοιχα μια ηλεκτρική πηγή, που παράγει εναλλασσόμενη τάση,

μεταβαλλόμενη μεταξύ U_m και $-U_m$, έχει ενεργό τιμή $U = 0,707 U_m$.

Συμπερασματικά, όταν αναφερόμαστε στην τάση και στην ένταση του ρεύματος, σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος, (όπως σε πολλά παραδείγματα των προηγούμενων κεφαλαίων, όπου οι καταναλώσεις ήταν συνδεδεμένες στο δίκτυο της ΔΕΗ) εννοούμε την ενεργό τάση και την ενεργό ένταση του ρεύματος και όχι τις μέγιστες τιμές τους U_m και I_m .

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Στην οθόνη ενός παλμογράφου μετρίεται η απόσταση από κορυφή σε κορυφή μιας εναλλασσόμενης τάσης και βρίσκεται ίση με 8 cm. Το πλάτος επομένως του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι 4 cm. Ο παλμογράφος έχει ρυθμιστεί έτσι ώστε κάθε cm να αντιστοιχεί σε 10 V (βλέπε Σχ. 4.2.γ)

Να ευρεθεί η ενεργός τιμή της εναλλασσόμενης τάσης.

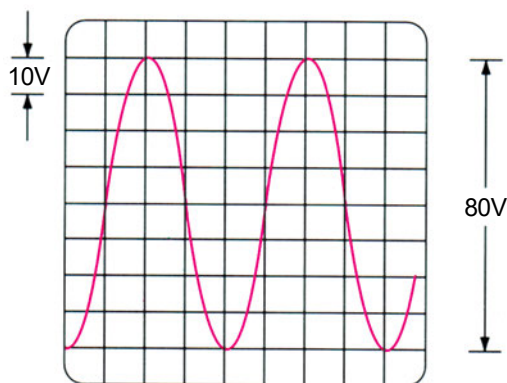
Απάντηση

Αφού η απόσταση από κορυφή σε κορυφή είναι 8 cm και κάθε cm αντιστοιχεί σε 10 V, η τάση από κορυφή σε κορυφή είναι 80 V.

Η μέγιστη τάση U_m είναι $U_m = 80V / 2 = 40 V$.

Η ενεργός τάση βρίσκεται από τη σχέση,

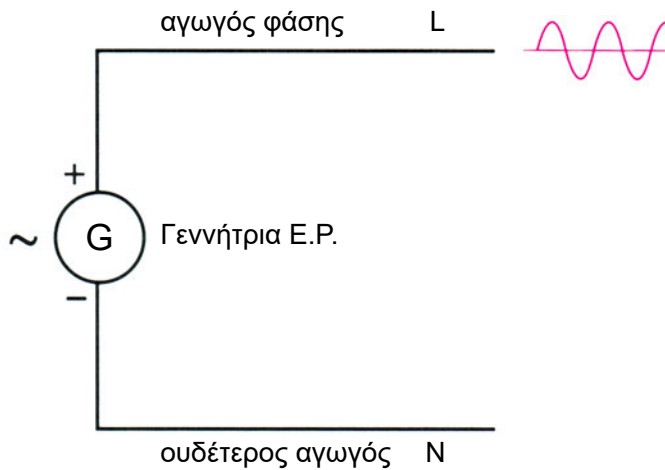
$$U = 0,707 U_m = 28,28 V$$



Σχήμα 4.2.γ Απεικόνιση της οθόνης του παλμογράφου στο παράδειγμα της παραγράφου 4.2.

4.3 ΤΟ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

Σε κάθε πηγή εναλλασσόμενου ημιτονοειδούς ρεύματος, ο θετικός πόλος έχει δυναμικό, του οποίου η τιμή μεταβάλλεται μεταξύ των τιμών V_m και $-V_m$, ακολουθώντας την ημιτονοειδή καμπύλη, ενώ ο αρνητικός πόλος της πηγής θεωρείται ότι έχει δυναμικό ίσο με μηδέν. Ο αγωγός που συνδέεται στον θετικό πόλο της πηγής ονομάζεται **αγωγός φάσης** και συμβολίζεται με το γράμμα L και ο αγωγός που συνδέεται στον αρνητικό πόλο της πηγής **ουδέτερος αγωγός** και συμβολίζεται με το γράμμα N (Σχ. 4.3.α)



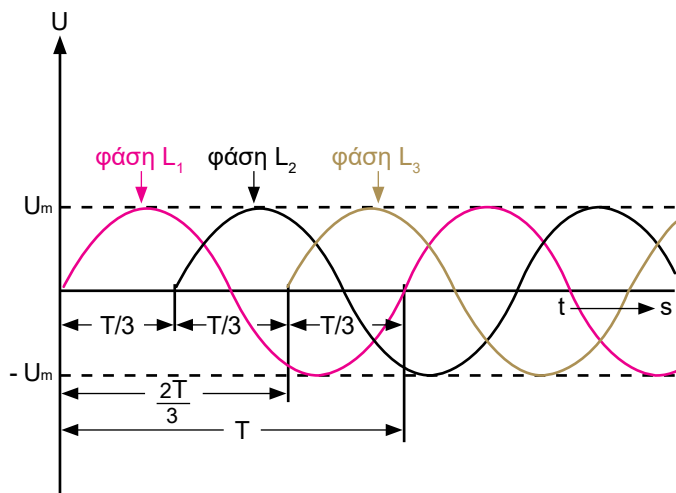
Σχήμα 4.3.α Συμβολισμός μιας πηγής Ε.Ρ. και των αγωγών σύνδεσής της με τις ηλεκτρικές καταναλώσεις

Το εναλλασσόμενο ρεύμα που παράγεται από γεννήτριες όπως αυτή του Σχ. 4.3.α, ονομάζεται εναλλασσόμενο **μονοφασικό** ρεύμα.

Περισσότερο διαδεδομένο είναι το εναλλασσόμενο ρεύμα που παρέχεται με τη μορφή τριφασικού συστήματος ρευμάτων και παράγεται από τριφασικές γεννήτριες. (Όλες οι γεννήτριες του δικτύου της ΔΕΗ είναι τριφασικές)

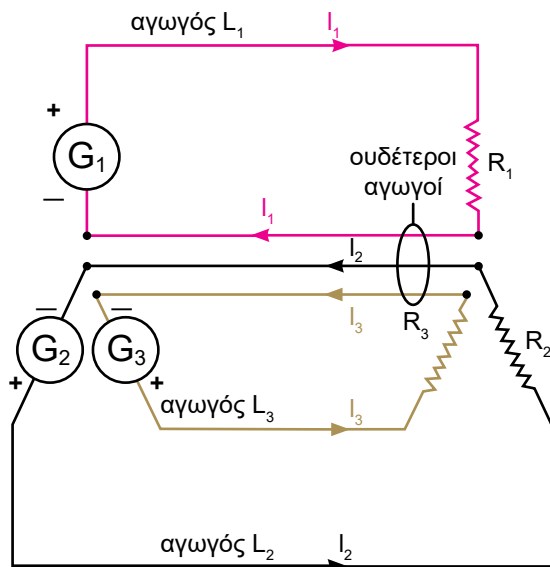
Οι τριφασικές γεννήτριες παράγουν συγχρόνως τρεις ημιτονοειδείς τάσεις. Κάθε τάση έχει το ίδιο πλάτος U_m και την ίδια περίοδο T (και συχνότητα f). Υπάρχει όμως μεταξύ τους **χρονική καθυστέρηση** ίση με το $1/3$ της περιόδου T .

Στο Σχ. 4.3.β παριστάνονται οι τρεις τάσεις σχεδιασμένες στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων τάσης - χρόνου ($U - t$).



Σχήμα 4.3.β Τριφασικό σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος

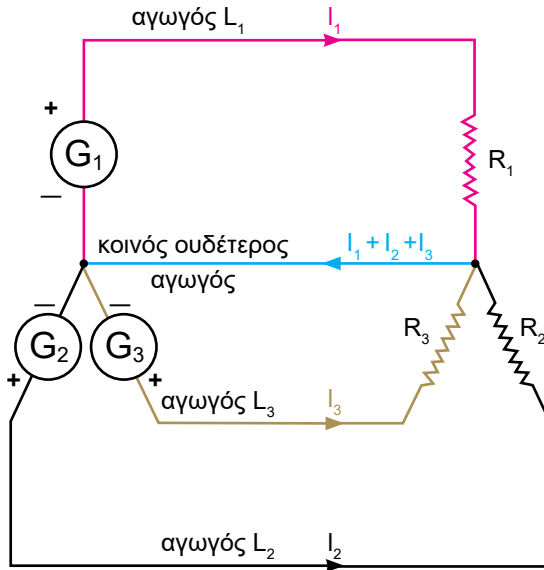
Στο Σχ. 4.3.γ έχει σχεδιασθεί μια τριφασική γεννήτρια που τροφοδοτεί με ρεύμα 3 καταναλώσεις R_1 , R_2 , R_3 .



Σχήμα 4.3.γ Τροφοδοσία ηλεκτρικών καταναλώσεων με τριφασικό σύστημα ρευμάτων με χρήση 6 αγωγών.

Όπως φαίνεται από το σχήμα για την τροφοδοσία των 3 ηλεκτρικών καταναλώσεων κανονικά απαιτούνται 6 αγωγοί (3 αγωγοί φάσης και 3 ουδέτεροι).

Στην πράξη οι 3 ουδέτεροι αγωγοί αντικαθίστανται από έναν, ο οποίος διαρρέεται από το άθροισμα των 3 ρευμάτων I_1, I_2, I_3 (Βλέπε Σχ. 4.3.δ)*.

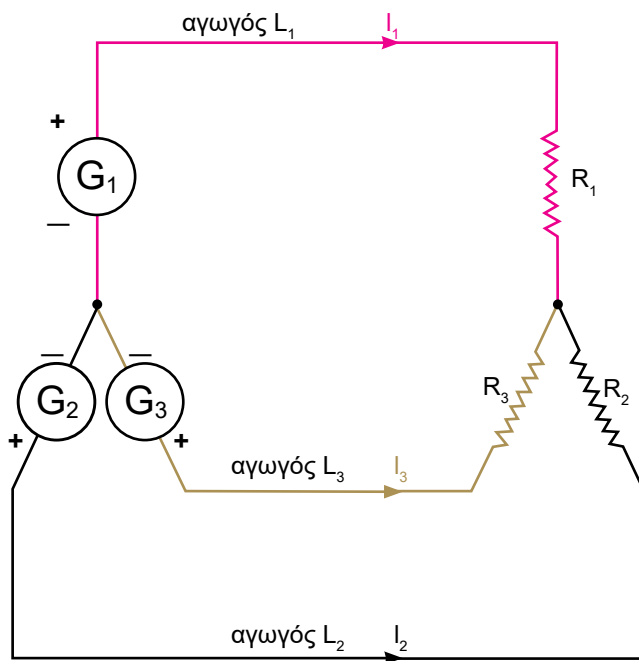


Σχήμα 4.3.δ Τριφασικό σύστημα με κοινό ουδέτερο αγωγό κοινό.

Αν τα 3 ρεύματα I_1, I_2, I_3 είναι ισορροπημένα, οι εντάσεις τους δηλαδή έχουν την ίδια ενεργό τιμή $I_1 = I_2 = I_3$, αποδεικνύεται ότι στον ουδέτερο κοινό αγωγό **δεν κυκλοφορεί ρεύμα**.

Σε τέτοια τριφασικά συστήματα ρευμάτων ο ουδέτερος αγωγός μπορεί να καταργηθεί. Οι καταναλώσεις τροφοδοτούνται έτσι με 3 αγωγούς (τους 3 αγωγούς φάσεις) (Βλέπε Σχ. 4.3.ε).

*Σημείωση: Ο κοινός ουδέτερος αγωγός διαρρέεται από το αλγεβρικό άθροισμα των στιγμιαίων εντάσεων των 3 ρευμάτων I_1, I_2, I_3 . Αποδεικνύεται ότι η ενεργός τιμή της ολικής έντασης του ρεύματος στον ουδέτερο αγωγό δεν υπερβαίνει την ενεργό τιμή κανενός από τα 3 ρεύματα I_1, I_2, I_3 . Αρκεί επομένως να υπάρχει, ως κοινός ουδέτερος, ένας αγωγός με διατομή όχι μεγαλύτερη από τη διατομή των αγωγών φάσης.

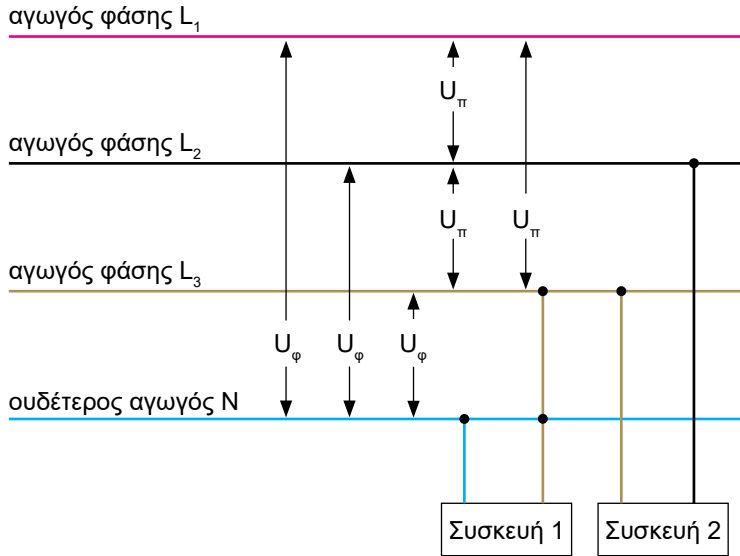


Σχήμα 4.3.ε Συμμετρικό τριφασικό σύστημα ρευμάτων χωρίς ουδέτερο αγωγό

Οι γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης της ΔΕΗ και οι τριφασικοί ηλεκτροκινητήρες είναι χαρακτηριστικές περιπτώσεις, όπου δεν υπάρχει ο ουδέτερος αγωγός, παρά μόνον οι τρεις αγωγοί φάσης.

Βλέπουμε λοιπόν ότι με τα τριφασικά συστήματα επιτυγχάνεται σημαντική εξοικονόμηση στο κόστος κατασκευής των γραμμών μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, αφού οι 6 αγωγοί μειώνονται σε 4 ή σε 3, γι' αυτό και χρησιμοποιούνται.

Τα τριφασικά συστήματα ρευμάτων έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν στις ηλεκτρικές καταναλώσεις δύο διαφορετικές τάσεις, ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσής τους στους αγωγούς. (Βλέπε Σχ. 4.3.στ.)



Σχήμα 4.3.στ. Φασική και πολική τάση στα τριφασικά δίκτυα. Η συσκευή 1 έχει στα άκρα της τη φασική τάση U_ϕ και η συσκευή 2 την πολική τάση U_π

Ανάμεσα στην κάθε φάση και τον ουδέτερο επικρατεί η **φασική τάση** U_ϕ ενώ ανάμεσα σε δύο φάσεις η **πολική τάση** U_π .

Ισχύει η σχέση:

$$U_\pi = \sqrt{3} \cdot U_\phi \quad (\sqrt{3} \approx 1,73)$$

Στο δίκτυο χαμηλής τάσης της ΔΕΗ η φασική τάση είναι $U_\phi = 220\text{V}$ και η πολική τάση $U_\pi = 380\text{V}$.

4.4 Ο ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΩΜ ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

Στις καταναλώσεις, που παρουσιάζουν μόνον ωμική αντίσταση R (θερμικές συσκευές) ο νόμος του Ωμ εφαρμόζεται στο εναλλασσόμενο ρεύμα με τον ίδιο τρόπο που εφαρμόζεται στο συνεχές.

Υπάρχουν όμως καταναλώσεις που παρουσιάζουν διαφορετική αντίσταση στο συνεχές και στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Τέτοιες καταναλώσεις είναι οι ηλεκτροκινητήρες, οι λαμπτήρες φθορισμού, οι συσκευές που περιλαμβάνουν πυκνωτές ή πηνία κ.λπ.

Σ' αυτές τις περιπτώσεις, όταν συνδέονται στο συνεχές ρεύμα, οι συσκευές παρουσιάζουν μια ωμική αντίσταση R , ενώ όταν συνδέονται στο εναλλασσόμενο ρεύμα, μια διαφορετική αντίσταση που ονομάζεται **σύνθετη αντίσταση** και συμβολίζεται με το γράμμα **Z** . Η τιμή της σύνθετης αντίστασης εξαρτάται από τη **συχνότητα** του εναλλασσόμενου ρεύματος και μετριέται σε Ω όπως και η ωμική αντίσταση R .

Χρησιμοποιώντας στη θέση της ωμικής αντίστασης R τη σύνθετη αντίσταση Z , ο νόμος του $\Omega\mu$ στο εναλλασσόμενο ρεύμα διατυπώνεται ως εξής:

$$I = \frac{U}{Z} \quad U = Z \cdot I \quad Z = \frac{U}{I}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Μια κλιματιστική συσκευή (που περιλαμβάνει ηλεκτροκινητήρα) συνδέεται στο δίκτυο της ΔΕΗ τάσης 220V (ενεργός τιμή τάσης) και διαρρέεται από ρεύμα $I = 16,9 \text{ A}$ (ενεργός τιμή έντασης). Ποια είναι η τιμή της σύνθετης αντίστασης που παρουσιάζει;

Απάντηση

Εφαρμόζουμε το νόμο του $\Omega\mu$:

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{16,9 \text{ A}} = 13 \Omega$$

Σημείωση

Αν συνδέσουμε τα άκρα της κλιματιστικής συσκευής με μια πηγή συνεχούς ρεύματος (π.χ. μια μπαταρία) και μετρήσουμε την τάση και την ένταση του ρεύματος, θα διαπιστώσουμε ότι διαιρώντας την τάση U με την ένταση I , η τιμή της ωμικής αντίστασης που προκύπτει δεν ξεπερνά μερικά δέκατα του Ω . (Να εξηγήσετε γιατί συμβαίνει αυτό)

4.5 Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Ο τύπος της ισχύος $P = U \cdot I$ (και οι τύποι $P = R \cdot I^2 \cdot R$ και $P = \frac{U^2}{R}$) ισχύουν και για το εναλλασσόμενο ρεύμα, εφ' όσον οι καταναλώσεις έχουν μόνον ωμική αντίσταση.

Στις περιπτώσεις καταναλώσεων που παρουσιάζουν σύνθετη αντίσταση Z στο εναλλασσόμενο ρεύμα (παράγραφος 4.4.1) η ηλεκτρική ισχύς δίνεται από τη σχέση:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi$$

Όπου,

P: η ηλεκτρική ισχύς σε W

U: η ενεργός τάση σε V

I: η ενεργός ένταση του ρεύματος σε A

cos φ: ένας συντελεστής, (“καθαρός αριθμός”) που ονομάζεται συντελεστής ισχύος και παίρνει τιμές από 0 έως 1

Η τιμή του συντελεστή ισχύος $\cos \phi$ εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής κατανάλωσης (π.χ. για ηλεκτροκινητήρες Ε.Ρ. κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0,5 και 0,9 ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος του κινητήρα).

Για τριφασικές συσκευές οι οποίες για να λειτουργήσουν χρειάζεται να τροφοδοτηθούν και με τις 3 φάσεις L_1, L_2, L_3 του δικτύου (Σχ. 4.5.α) η ηλεκτρική ισχύς δίνεται από τη σχέση:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_{\pi} \cdot I \cdot \cos \phi \quad \text{Τριφασικές συσκευές}$$

Όπου,

P: η ηλεκτρική ισχύς σε W

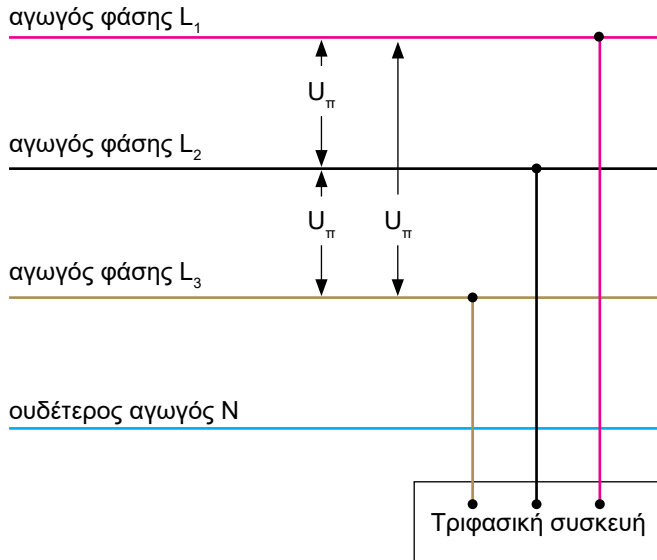
U_{π} : η πολική τάση (η τάση μεταξύ δύο φάσεων) σε V

I: η ένταση του ρεύματος της φάσης που διαρρέει τον αγωγό μιας από τις φάσεις σε A

cos φ: ο συντελεστής ισχύος της συσκευής

$\sqrt{3}$: κατά προσέγγιση 1,73*

*Σημείωση: Για να ισχύει η προηγούμενη σχέση πρέπει τα ρεύματα στις 3 φάσεις να είναι ίσα.



Σχήμα 4.5.α Σύνδεση τριφασικής συσκευής σε δίκτυο 3 φάσεων L_1, L_2, L_3 .

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Ένας μονοφασικός ηλεκτρικός κινητήρας (π.χ. ο κινητήρας μιας αντλίας) είναι συνδεδεμένος σε δίκτυο 220 V και διαρρέεται από ρεύμα έντασης 10 A. Ο συντελεστής ισχύος του κινητήρα είναι $\cos \varphi = 0,7$. Ποια είναι η ηλεκτρική ισχύς που παρέχει το δίκτυο στον κινητήρα:

Απάντηση

Εφαρμόζουμε τον τύπο $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$

$$U = 220 \text{ V}$$

$$I = 10 \text{ A}$$

$$\cos \varphi = 0,7$$

$$P = 220 \text{ V} \times 10 \text{ A} \times 0,7 = 1540 \text{ W}$$

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Ένας τριφασικός κινητήρας συνδέεται στο δίκτυο χαμηλής τάσης της ΔΕΗ, το οποίο έχει πολική τάση 380 V και φασική τάση 220 V. Ο κινητήρας συνδέεται με τις 3 φάσεις του δικτύου. Από κάθε αγωγό περνά ρεύμα έντασης

18 Α. Ο συντελεστής ισχύος του κινητήρα είναι $\cos\varphi = 0,9$. Ποια είναι η ηλεκτρική ισχύς που παρέχει το δίκτυο στον κινητήρα:

Απάντηση

Εφαρμόζουμε τον τύπο $P = \sqrt{3} \times U_{\pi} \times I \times \cos\varphi$

$$\sqrt{3} = 1,73$$

$$U_{\pi} = 380 \text{ V}$$

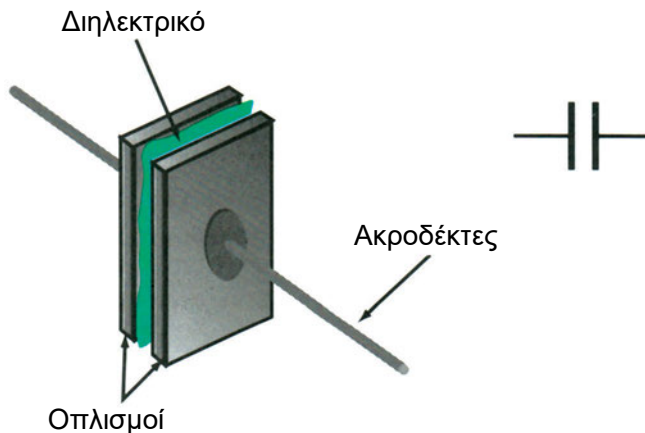
$$I = 18 \text{ A}$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

$$P = 1,73 \times 380 \text{ V} \times 18 \text{ A} \times 0,9 = 10650 \text{ W} = 10,65 \text{ KW}$$

4.6 Ο ΠΥΚΝΩΤΗΣ

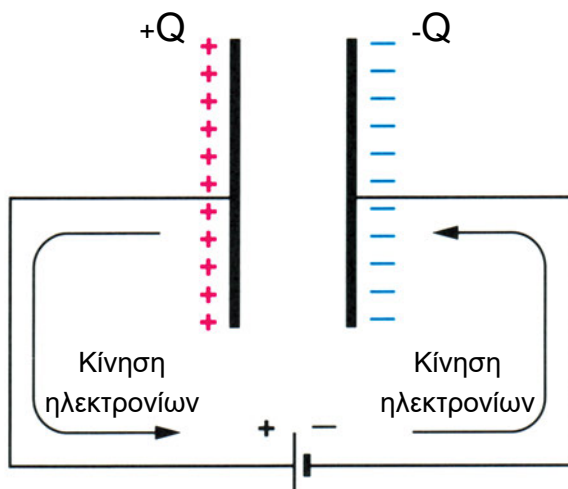
Ο ηλεκτρικός πυκνωτής είναι μια διάταξη που αποτελείται από δύο αγώγιμες παράλληλες πλάκες, που χωρίζονται μεταξύ τους από ένα μονωτικό υλικό. Οι δύο πλάκες ονομάζονται **οπλισμοί** του πυκνωτή και το μονωτικό υλικό **διηλεκτρικό** υλικό του πυκνωτή. Μια τέτοια διάταξη φαίνεται στο Σχ. 4.5.α.



Σχήμα 4.5.α Ένας τυπικός επίπεδος πυκνωτής και συμβολική παράσταση του πυκνωτή στα ηλεκτρικά κυκλώματα

Αν συνδεθούν τα άκρα του πυκνωτή με μια πηγή συνεχούς ρεύματος, θα παρατηρηθεί στην αρχή μια ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Ηλεκτρόνια από τον αρνητικό πόλο της πηγής κατευθύνονται στη μια πλάκα του πυκνωτή

και ηλεκτρόνια από την άλλη πλάκα του πυκνωτή κατευθύνονται στο θετικό πόλο της πηγής.



Σχήμα 4.5.β. Όταν ο πυκνωτής συνδεθεί με πηγή Σ.Ρ αναπτύσσονται στις δύο πλάκες του θετικά και αρνητικά φορτία

Συσσωρεύονται δηλαδή θετικά φορτία στη μια πλάκα του πυκνωτή και αρνητικά φορτία στην άλλη πλάκα του πυκνωτή. Η ροή αυτή των φορτίων σταδιακά μειώνεται μέχρις ότου ο πυκνωτής **φορτιστεί**, οπότε διακόπτεται τελείως.

Τότε στα άκρα του πυκνωτή επικρατεί η τάση της πηγής και σε κάθε οπλισμό του έχει συσσωρευτεί ηλεκτρικό φορτίο Q .



Ο πυκνωτής διακόπτει το συνεχές ρεύμα, μόλις ολοκληρωθεί η φόρτισή του.

Είναι δηλαδή ο πυκνωτής μια **αποθήκη ηλεκτρικού φορτίου**. Το φορτίο που μπορεί να αποθηκεύσει είναι ανάλογο της τάσης που επικρατεί στα άκρα του.

Με άλλα λόγια ο λόγος Φορτίο / Τάση (Q / U) είναι σταθερός.

Ο σταθερός αυτός λόγος εξαρτάται από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του πυκνωτή, ονομάζεται **χωρητικότητα** και συμβολίζεται με το γράμμα **C**.

$$\text{Χωρητικότητα} = \frac{\text{Φορτίο}}{\text{Τάση}} \quad C = \frac{Q}{U}$$

Μονάδα της χωρητικότητας είναι το **F** (Farad - Φαράντ)

Χωρητικότητα	Σύμβολο	Μονάδα
	C	F (Farad - Φαράντ)

Επειδή η μονάδα της χωρητικότητας F είναι πολύ μεγάλη, χρησιμοποιούνται στην πράξη τα υποπολλαπλάσιά της:

$$1\text{mF} = \frac{1}{1000} \text{ F} = 10^{-3} \text{ F}$$

$$1\mu\text{F} = \frac{1}{1000000} \text{ F} = 10^{-6} \text{ F}$$

$$1\text{nF} = \frac{1}{1000000000} \text{ F} = 10^{-9} \text{ F}$$

$$1\text{pF} = \frac{1}{1000000000000} \text{ F} = 10^{-12} \text{ F}$$

Η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι τόσο μεγαλύτερη,

- **όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια των οπλισμών του**
- **όσο πιο κοντά είναι οι οπλισμοί του ο ένας στον άλλο** (όσο μικρότερο είναι το πάχος του διηλεκτρικού)

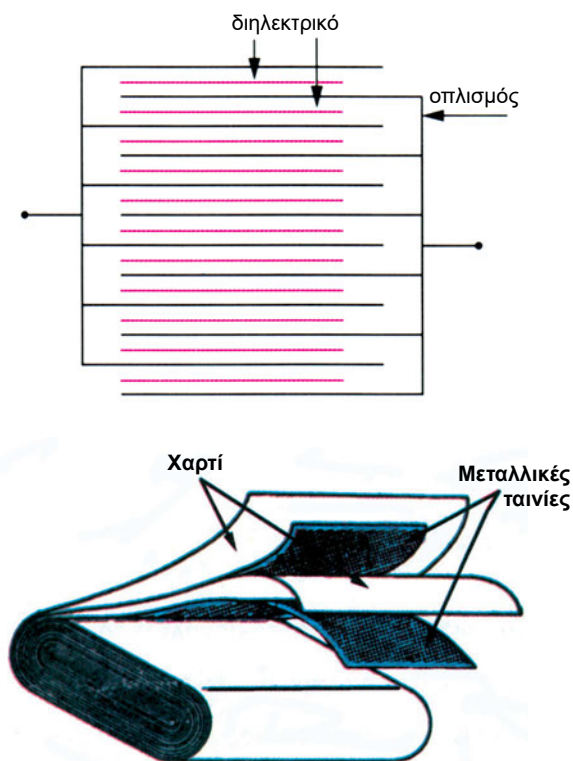
Η χωρητικότητα εξαρτάται και από το **είδος του διηλεκτρικού υλικού** που παρεμβάλλεται μεταξύ των οπλισμών.

Αν απομακρυνθεί η ηλεκτρική πηγή του Σχ. 4.5.β και συνδεθούν μεταξύ τους οι ακροδέκτες του πυκνωτή με ένα αγωγίμο σύρμα, τότε θα δημιουργηθεί μια ροή ρεύματος αντίθετη με τη ροή του ρεύματος κατά τη φόρτιση του πυκνωτή. Η ροή αυτή σταδιακά μειώνεται μέχρι να σταματήσει τελείως, όταν ο πυκνωτής **εκφορτισθεί**.

4.6.1 Είδη πυκνωτών

Ο πιο απλός τύπος πυκνωτή είναι ο επίπεδος πυκνωτής, που αποτελείται από δύο παράλληλες μεταλλικές πλάκες. Μεταξύ τους υπάρχει διηλεκτρικό υλικό, συνήθως χαρτί, μίκα, πλαστικά υλικά, διάφορα κεραμικά υλικά, λάδι, γυαλί, ή ο ατμοσφαιρικός αέρας.

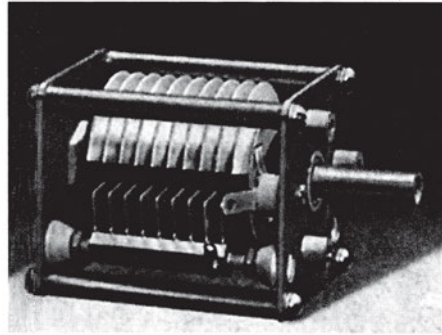
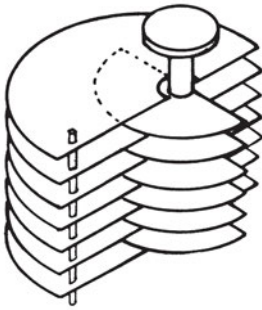
Για οικονομία χώρου, οι οπλισμοί πολλών τύπων πυκνωτή διαχωρίζονται σε πολλά μεταλλικά φύλλα ή τυλίγονται σχηματίζοντας ρολό. (Σχ. 4.5.γ)



Σχήμα 4.5.γ Τρόποι για την αύξηση της επιφάνειας των οπλισμών των πυκνωτών και τη μείωση των εξωτερικών τους διαστάσεων.

Υπάρχουν ακόμα και οι ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές οι οποίοι έχουν μεγάλη χωρητικότητα και μικρό όγκο. Στους πυκνωτές αυτούς το διηλεκτρικό υλικό αποτελείται από ένα πολύ λεπτό στρώμα οξειδίου μετάλλου (αλουμίνιου, τανταλίου).

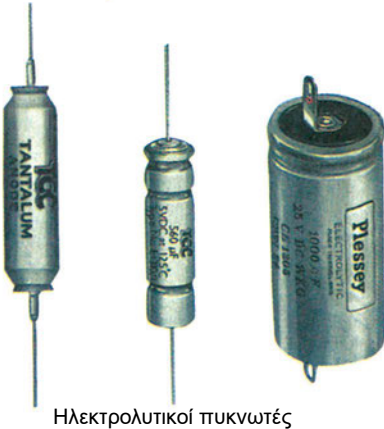
Οι μεταβλητοί πυκνωτές αποτελούνται από κινητά και ακίνητα μεταλλικά ελάσματα και έχουν ως διηλεκτρικό υλικό τον αέρα. Η χωρητικότητα του πυκνωτή μεταβάλλεται ανάλογα με το τμήμα της επιφάνειας των κινητών ελασμάτων που εισέρχονται στα κενά διαστήματα των σταθερών.



Σχήμα 4.5.δ Μεταβλητός πυκνωτής αέρος

Άλλος τύπος μεταβλητών πυκνωτών μικρής χωρητικότητας και μικρών διαστάσεων είναι οι πυκνωτές τρίμμερ οι οποίοι χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Το μέγεθος (οι διαστάσεις) των πυκνωτών εξαρτάται εκτός από τη χωρητικότητά τους, από τη μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας τους και τη μέγιστη θερμική ισχύ που επιτρέπεται να αναπτυχθεί στη μάζα τους (ισχύς απωλειών), χωρίς κίνδυνο υπερθέρμανσής τους.



Ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές



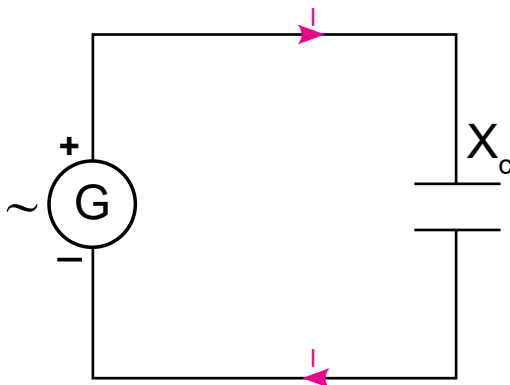
Πυκνωτές ηλεκτρονικών κυκλωμάτων



Πυκνωτές ισχύος

Σχήμα 4.6.ε Διάφοροι τύποι πυκνωτών

4.6.2 Ο πυκνωτής στο εναλλασσόμενο ρεύμα



Σχήμα 4.6.2α Σχηματική παράσταση πυκνωτή συνδεδεμένου με πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος

Ο πυκνωτής συμπεριφέρεται διαφορετικά στο εναλλασσόμενο ρεύμα από ότι στο συνεχές ρεύμα.

Με την περιοδική εναλλαγή της πολικότητας της τάσης της πηγής, που συμβαίνει σε κάθε περίοδο, ο πυκνωτής φορτίζεται και εκφορτίζεται.

Έτσι, συντηρείται το ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα, παρόλο που δεν μετακινούνται ηλεκτρικά φορτία από τον έναν οπλισμό του πυκνωτή στον άλλο, δια μέσου του διηλεκτρικού του.

Ο πυκνωτής παρουσιάζει **χωρητική αντίσταση** στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Η χωρητική αντίσταση συμβολίζεται με X_c και μετριέται σε Ω , όπως και η ωμική αντίσταση.

Με τη χωρητική αντίσταση X_c στη θέση της αντίστασης R μπορεί να εφαρμοσθεί ο νόμος του $\Omega\mu$:

$$I_c = \frac{U_c}{X_c}$$

όπου:

X_c η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή σε Ω

U_c η τάση σε V στα άκρα του πυκνωτή (ενεργός τιμή)

I_c το ρεύμα σε A, που διαρρέει τον πυκνωτή (ενεργός τιμή)

Η τιμή της χωρητικής αντίστασης εξαρτάται από τη συχνότητα του ρεύματος.

Ισχύει η σχέση:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

όπου:

X_c = η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή σε Ω (Ohm)

π = 3,14

f = η συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος σε Hz

C = η χωρητικότητα του πυκνωτή σε F (Farad).

Από τον προηγούμενο τύπο της χωρητικής αντίστασης προκύπτει ότι η χωρητική αντίσταση μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με τη συχνότητα του ρεύματος:

**Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του ρεύματος
τόσο μικρότερη είναι η χωρητική αντίσταση.**

Οι πυκνωτές παρουσιάζουν στο εναλλασσόμενο ρεύμα και ωμική αντίσταση η οποία όμως σε σχέση με τη χωρητική αντίσταση θεωρείται συνήθως αμελητέα.

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Να ευρεθεί το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει έναν πυκνωτή χωρητικότητας $C = 2 \mu\text{F}$, όταν συνδεθεί στα άκρα μιας πηγής τάσης 12 V και συχνότητας 1000 Hz. (Η ωμική αντίσταση του πυκνωτή θεωρείται αμελητέα και δεν λαμβάνεται υπόψη).

Απάντηση

Πρώτα υπολογίζεται η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή από τη σχέση:

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$C = 2 \mu\text{F} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

$$f = 1000 \text{ Hz}$$

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = 79,6 \, \Omega$$

Το ρεύμα που διαρρέει τον πυκνωτή υπολογίζεται με το νόμο του Ωμ:

$$I_c = \frac{U_c}{X_c}$$

$$I_c = \frac{12V}{79,6\Omega} = 0,15A \quad \text{ή} \quad 150 \, \text{mA}$$



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Το περιοδικό εναλλασσόμενο ρεύμα χαρακτηρίζεται από την **περίοδο** του **T** (μετριέται σε s) και τη **συχνότητά** του **f** (μετριέται σε Hz). Μεταξύ τους ισχύει η σχέση $f = \frac{1}{T}$.
- Στις περισσότερες εφαρμογές του ηλεκτρισμού χρησιμοποιείται εναλλασσόμενο ημιτονοειδές ρεύμα. Η ενεργός τιμή της τάσης U και της έντασης I του ημιτονοειδούς ρεύματος ορίζεται ως: $U = 0,707 U_m$, $I = 0,707 I_m$, όπου U_m και I_m η μέγιστη τιμή (πλάτος) της τάσης και της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος.
- Στα άκρα της πηγής εναλλασσόμενου ρεύματος συνδέονται δύο αγωγοί: ο αγωγός **φάσης** και ο **ουδέτερος** αγωγός.
- Στο τριφασικό ρεύμα μεταξύ των τριών τάσεων (ή των εντάσεων) υπάρχει χρονική καθυστέρηση, ίση με το $1/3$ της περιόδου T .
- Στο τριφασικό σύστημα ρευμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί κοινός ουδέτερος αγωγός για τις 3 φάσεις. Στα συμμετρικά τριφασικά συστήματα ο ουδέτερος αγωγός μπορεί να καταργηθεί.
- Ο νόμος του Ωμ ισχύει και στο εναλλασσόμενο ρεύμα, με τη διαφορά ότι στη θέση της ωμικής αντίστασης R , χρησιμοποιείται η σύνθετη αντίσταση Z .

- Η ηλεκτρική ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα δίνεται από τις σχέσεις:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (μονοφασικό ρεύμα)}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U_{\pi} \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (τριφασικό ρεύμα)}$$
- Ο πυκνωτής χαρακτηρίζεται από τη **χωρητικότητα** του **C**, που μετρείται σε **F (Farad)** και είναι το σταθερό πηλίκο του ηλεκτρικού φορτίου Q προς την τάση U, που επικρατεί στα άκρα του πυκνωτή: $C = \frac{Q}{U}$
- Ο πυκνωτής διακόπτει το ρεύμα, μόλις ολοκληρωθεί η φόρτισή του.
- Ο πυκνωτής παρουσιάζει στο εναλλασσόμενο ρεύμα χωρητική αντίσταση $X_c = \frac{1}{2\pi f C}$



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να περιγράψετε την κίνηση των ηλεκτρονίων στο συνεχές και το εναλλασσόμενο ρεύμα.
2. Τι ονομάζουμε περίοδο και συχνότητα ενός εναλλασσόμενου ρεύματος και σε τι μονάδες μετριοούνται;
3. Να σχεδιάσετε τη μορφή μιας ημιτονοειδούς τάσης και να σημειώσετε στο σχήμα την περίοδο και τη μέγιστη τιμή της.
4. Πώς ορίζεται η ενεργός ένταση του εναλλασσόμενου ρεύματος;
5. Ποια σχέση συνδέει την ενεργό τιμή με τη μέγιστη τιμή σε ένα εναλλασσόμενο μέγεθος (τάση ή ένταση);
6. Τι ονομάζουμε αγωγό φάσης και τι ουδέτερο;
7. Με ποια προϋπόθεση δεν περνά ρεύμα στον κοινό ουδέτερο αγωγό ενός τριφασικού συστήματος;
8. Τι ονομάζεται φασική και τι πολική τάση σε ένα τριφασικό σύστημα;
9. Γιατί χρησιμοποιείται το τριφασικό σύστημα ρευμάτων στις γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας;
10. Από τι αποτελείται ένας πυκνωτής;
11. Τι ονομάζεται χωρητικότητα ενός πυκνωτή και με ποια μονάδα μετρείται;

12. Πώς συμπεριφέρεται ο πυκνωτής στο συνεχές ρεύμα και πώς στο εναλλασσόμενο;
13. Τι ονομάζεται χωρητική αντίσταση ενός πυκνωτή;



ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Ποια είναι η συχνότητα εναλλασσόμενου ρεύματος που έχει περίοδο $T = 0,001\text{s}$;

(Απάντηση: 1000 Hz)

2. Αν διπλασιαστεί η συχνότητα ενός εναλλασσόμενου ρεύματος τι θα συμβεί στην περίοδό του;

(Απάντηση: Θα μειωθεί στο μισό)

3. Ποια είναι η μέγιστη τιμή U_m μιας εναλλασσόμενης τάσης ενεργού τιμής 220 V;

(Απάντηση: 311 V)

4. Ηλεκτρικός κινητήρας συνδέεται σε εναλλασσόμενη τάση 220 V και διαρρέεται από ρεύμα έντασης 15A. Ζητείται:

- α) Αν ο συντελεστής ισχύος του κινητήρα είναι $\cos\phi = 0,8$, η ισχύς που παίρνει ο κινητήρας από το ηλεκτρικό δίκτυο.
- β) Η σύνθετη αντίσταση Z του κινητήρα.

(Απάντηση: α) 2640W β) 14,67 Ω)

5. Μια ηλεκτρική συσκευή συνδέεται σε δίκτυο εναλλασσόμενης τάσης 220 V και διαρρέεται από ρεύμα έντασης 3A. Ένα βατόμετρο μετρά την ισχύ που παίρνει η συσκευή από το δίκτυο και δείχνει 502 W. Ζητείται η τιμή του συντελεστή ισχύος ($\cos\phi$) της συσκευής.

(Απάντηση: 0,76)

6. Ποια είναι η χωρητική αντίσταση ενός πυκνωτή χωρητικότητας $C = 0,2 \mu\text{F}$,

- α) όταν συνδεθεί σε τάση συχνότητας 1 KHz;
- β) όταν συνδεθεί σε τάση 10πλάσιας συχνότητας (10 KHz);

(Απάντηση: α) 796 Ω β) 79,6 Ω)

7. Ένας πυκνωτής συνδέεται σε δίκτυο εναλλασσόμενης τάσης 220V, συχνότητας 50 Hz και διαρρέεται από ρεύμα έντασης 0,1A. (Η ωμική αντίσταση του πυκνωτή θεωρείται αμελητέα). Να ευρεθούν:

α) Η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή.

β) Η χωρητικότητα του πυκνωτή.

(Απάντηση: α) 2200 Ω β) 1,47 μF)

8. Χρησιμοποιώντας τις καμπύλες στο διάγραμμα I - t ενός τριφασικού συμμετρικού συστήματος ρευμάτων (όπως παρουσιάζονται π.χ. στο σχήμα 4.3.β), να δείξετε ότι το αλγεβρικό άθροισμα των στιγμιαίων τιμών των ρευμάτων στις 3 φάσεις L_1 , L_2 , L_3 είναι ίσο με το μηδέν.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

5

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

- 5.1 Μαγνήτες
- 5.2 Το μαγνητικό πεδίο
- 5.3 Ηλεκτρικό ρεύμα και μαγνητικό πεδίο
- 5.4 Ο ηλεκτρονόμος
- 5.5 Η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή
- 5.6 Η αυτεπαγωγή
- 5.7 Το πηνίο στο εναλλασσόμενο ρεύμα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανακάλυψη ότι ο μαγνητισμός και ο ηλεκτρισμός είναι δύο φαινόμενα που συνδέονται μεταξύ τους και ότι η συνδυασμένη δράση τους έχει τη δυνατότητα να παράγει μηχανικές δυνάμεις και έργο, ήταν το αποφασιστικό γεγονός, που συνέβαλε στη μεγάλη διάδοση του ηλεκτρισμού από τον 19ο αιώνα.

Εφαρμογές και συσκευές, όπως οι ηλεκτρικές γεννήτριες, οι ηλεκτρικοί κινητήρες, οι μετασχηματιστές, ο τηλεγράφος, το τηλέφωνο, οι ασύρματες επικοινωνίες και πλήθος άλλων, βασίζονται σ' αυτήν την αλληλεπίδραση μαγνητισμού και ηλεκτρισμού.

Η περιγραφή και η ερμηνεία των σύνθετων αυτών φαινομένων (μαγνητισμού και ηλεκτρισμού) είναι το αντικείμενο του Ηλεκτρομαγνητισμού και της Ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας.

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιοριστούμε στην αναφορά, επεξήγηση και επισήμανση μερικών εννοιών και μεγεθών (και των εφαρμογών τους), ώστε να βοηθηθούν οι μαθητές του μηχανολογικού τομέα των Τ.Ε.Ε. να κατανοήσουν τη λειτουργία των ηλεκτροτεχνικών συστημάτων και συσκευών που θα συναντήσουν.



Επιδιωκόμενοι στόχοι:

Με τη συμπλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου, θα μπορείτε:

- ☒ Να ορίζετε το φυσικό και τον τεχνητό μαγνήτη.
- ☒ Να περιγράφετε το μαγνητικό πεδίο και να ορίζετε τα μεγέθη της μαγνητικής επαγωγής και της μαγνητικής ροής.
- ☒ Να αναφέρετε εφαρμογές των μαγνητών.
- ☒ Να περιγράφετε έναν ηλεκτρομαγνήτη.
- ☒ Να περιγράφετε το μαγνητικό πεδίο γύρω από ένα ρευματοφόρο αγωγό και ένα ηλεκτρομαγνήτη.

- ☒ Να αναφέρετε εφαρμογές των ηλεκτρομαγνητών.
- ☒ Να περιγράφετε τη λειτουργία του ηλεκτρονόμου και να αναφέρετε τις εφαρμογές του.
- ☒ Να περιγράφετε το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.
- ☒ Να περιγράφετε το φαινόμενο της αυτεπαγωγής.
- ☒ Να ορίζετε την επαγωγική αντίσταση ενός πηνίου.
- ☒ Να εξηγείτε πώς συμπεριφέρεται ένα πηνίο στο συνεχές και στο εναλλασσόμενο ρεύμα.

5.1 ΜΑΓΝΗΤΕΣ

Ορισμένα σώματα έχουν την ικανότητα να έλκουν αντικείμενα κατασκευασμένα από σίδηρο (χάλυβα, χυτοσίδηρο), νικέλιο, κοβάλτιο και κράματά τους.

Τα σώματα αυτά ονομάζονται **μαγνήτες**. Τα υλικά που έλκονται από τους μαγνήτες ονομάζονται **σιδηρομαγνητικά** υλικά.

Στη φύση υπάρχει ένα ορυκτό ο **μαγνητίτης** (μορφή οξειδίου του σιδήρου) με το οποίο μπορούν να κατασκευαστούν μαγνήτες. Οι μαγνήτες αυτοί ονομάζονται **φυσικοί μαγνήτες**.

Οι μαγνήτες που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες τεχνικές εφαρμογές, είναι **τεχνητοί μαγνήτες**, είναι πιο ισχυροί από τους φυσικούς μαγνήτες και κατασκευάζονται από σιδηρομαγνητικά υλικά, τα οποία υφίστανται κατάλληλη επεξεργασία.

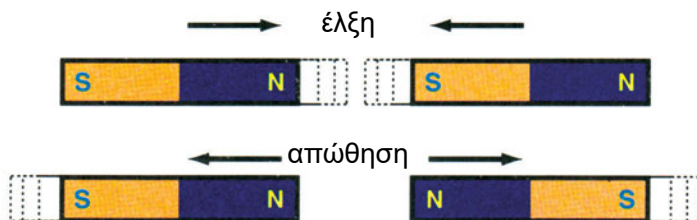
Η ελκτική δύναμη του μαγνήτη δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη στο σώμα του μαγνήτη. Στα άκρα του μαγνήτη υπάρχουν **δύο πόλοι**, όπου η ελκτική δύναμη είναι ισχυρότερη (Σχ. 5.1.α). Οι δύο πόλοι ονομάζονται Βόρειος και Νότιος και συμβολίζονται με N ο Βόρειος (από την αγγλική λέξη North) και με S ο Νότιος (από τη λέξη South).



Σχήμα 5.1.α Αν πλησιάσουμε τον μαγνήτη σε ρινίσματα σιδήρου παρατηρούμε ότι στους δύο πόλους προσκολλώνται περισσότερα ρινίσματα, επειδή η ελκτική δύναμη είναι ισχυρότερη.

Αν πλησιάσουμε δύο μαγνήτες μεταξύ τους, θα παρατηρήσουμε τα εξής: (Σχ. 5.1.β)

- Ο Βόρειος πόλος του ενός μαγνήτη απωθεί το Βόρειο πόλο του άλλου μαγνήτη.
- Ο Νότιος πόλος του ενός μαγνήτη απωθεί το νότιο πόλο του άλλου μαγνήτη.
- Αντίθετα, ο Βόρειος και ο Νότιος πόλος έλκονται μεταξύ τους.



Σχήμα 5.1.β Οι ομώνυμοι πόλοι απωθούνται, ενώ οι ετερόνυμοι έλκονται



**Οι ομώνυμοι μαγνητικοί πόλοι απωθούνται
και οι ετερόνυμοι έλκονται**

Η ονομασία Βόρειος και Νότιος πόλος των μαγνητών προέρχεται από την ονομασία των πόλων της Γης. Αν αναρτήσουμε ένα μαγνήτη από κάποιο σταθερό σημείο θα στραφεί, ώστε ο Βόρειος πόλος του να δείχνει το Βόρειο πόλο της Γης και ο Νότιος το Νότιο πόλο. Αυτό συμβαίνει γιατί η Γη είναι μαγνήτης με πόλους που συμπίπτουν περίπου με τους γνωστούς γεωφυσικούς πόλους της.

Στο φαινόμενο του γήινου μαγνητισμού βασίζεται η λειτουργία της μαγνητικής πυξίδας. (Σχ. 5.1.γ)



Σχήμα 5.1.γ Απλή μαγνητική πυξίδα (μαγνητική βελόνη)

Αναφέρθηκε ότι ο μαγνήτης έλκει αντικείμενα κατασκευασμένα από σιδηρομαγνητικά υλικά. Αυτό συμβαίνει γιατί τα αντικείμενα αυτά **μαγνητίζονται**, γίνονται δηλαδή και αυτά μαγνήτες.

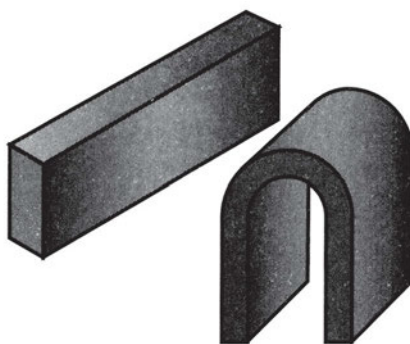
Αν πλησιάσουμε το άκρο μιας ράβδου από σιδηρομαγνητικό υλικό στο Βόρειο πόλο ενός μαγνήτη, τότε το άκρο αυτό θα γίνει Νότιος πόλος και το άλλο άκρο της ράβδου θα γίνει Βόρειος πόλος. Τα αντίθετα θα

συμβούν αν πλησιάσουμε τη ράβδο στο Νότιο πόλο του μαγνήτη.

Ανάλογα με το υλικό, από το οποίο είναι κατασκευασμένη η ράβδος, μαγνητίζεται **μόνιμα** ή **παροδικά**. Ράβδοι από μαλακό σίδηρο χάνουν σύντομα το μαγνητισμό τους, ενώ ράβδοι από σκληρό χάλυβα τον διατηρούν επί πολύ χρόνο.

Τέτοια υλικά χρησιμοποιούνται για την κατασκευή **μονίμων μαγνητών**, (τεχνητών μαγνητών).

Οι μόνιμοι μαγνήτες έχουν διάφορα σχήματα.

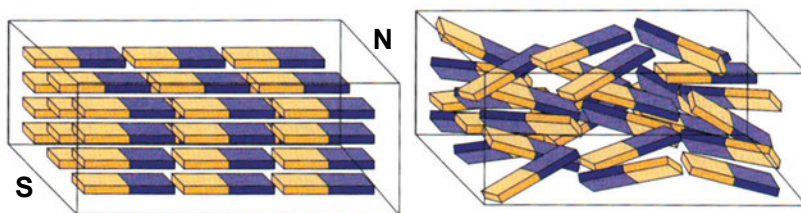


Σχήμα 5.1.δ Ευθύγραμμος και πεταλοειδής μαγνήτης

Οι πιο διαδεδομένοι τύποι κατασκευάζονται σε μορφή ράβδου ή πετάλου (Σχ. 5.1.δ). Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή διατάξεων οι οποίες έλκουν αντικείμενα από σιδηρομαγνητικό υλικό.

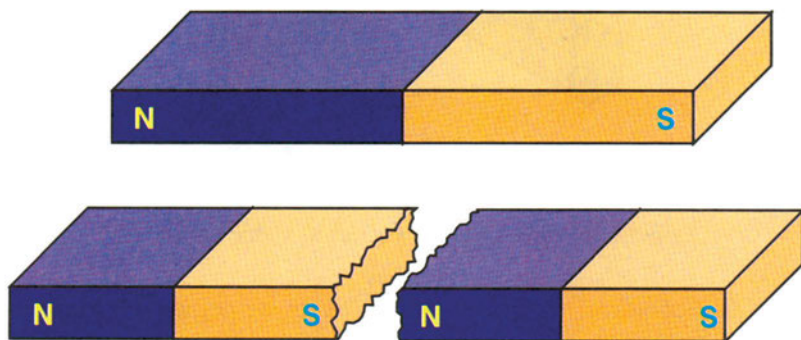
Μερικές εφαρμογές τους: συγκράτηση των προς κατεργασία τεμαχίων στις εργαλειομηχανές και στις εργασίες συγκόλλησης, μαγνητικό κλείσιμο θυρών, απομάκρυνση μεταλλικών ρινισμάτων από τα λιπαντικά υγρά κ.λπ. Χρησιμοποιούνται ακόμη για τη δημιουργία του μαγνητικού πεδίου σε ηλεκτροκινητήρες μικρής ισχύος.

Για την ερμηνεία του μαγνητισμού δεχόμαστε ότι κάθε μόριο ενός σιδηρομαγνητικού υλικού είναι ένας στοιχειώδης μαγνήτης. Όταν το υλικό δεν είναι μαγνητισμένο οι στοιχειώδεις μαγνήτες έχουν τυχαία διάταξη στο χώρο (Σχ. 5.1.ε) και οι μαγνητικές δυνάμεις αλληλοεξουδετερώνονται. Σε μια μαγνητισμένη ράβδο, όμως, οι στοιχειώδεις μαγνήτες είναι προσανατολισμένοι με τέτοιο τρόπο, ώστε να ενισχύονται οι μαγνητικές δράσεις.



Σχήμα 5.1.ε Ο μαγνητισμός δημιουργείται από τον προσανατολισμό των στοιχειωδών μαγνητών.

Η θεωρία αυτή ερμηνεύει και το γεγονός ότι, αν κόψουμε ένα μαγνήτη σε δύο κομμάτια, κάθε κομμάτι θα σχηματίσει Βόρειο και Νότιο πόλο (Σχ. 5.1.στ)



Σχήμα 5.1.στ Αν κοπεί ένας μαγνήτης στα δύο προκύπτουν δύο μαγνήτες, καθένας από τους οποίους έχει Βόρειο και Νότιο πόλο

5.2 ΤΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

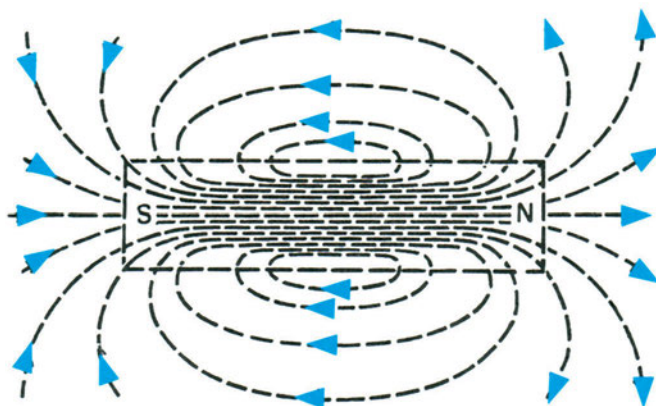
Όπως αναφέρθηκε, ο μαγνήτης ασκεί δυνάμεις σε άλλους μαγνήτες ή αντικείμενα, κατασκευασμένα από σιδηρομαγνητικά υλικά, τα οποία θα βρεθούν κοντά του.



Ο χώρος στον οποίο ενεργούν οι μαγνητικές δυνάμεις ονομάζεται μαγνητικό πεδίο

Το μαγνητικό πεδίο (όπως κάθε δυναμικό πεδίο) απεικονίζεται με **μαγνητικές δυναμικές γραμμές**.

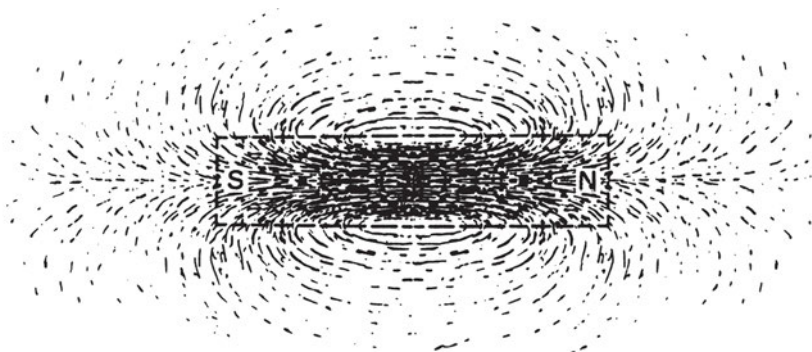
Οι μαγνητικές γραμμές είναι κλειστές καμπύλες, που διαγράφονται στο χώρο με φορά από το Βόρειο στο Νότιο πόλο του μαγνήτη. Συνεχίζονται στο εσωτερικό του μαγνήτη με φορά από το Νότιο στο Βόρειο πόλο (Σχ. 5.2.α) Οι μαγνητικές γραμμές δεν τέμνονται μεταξύ τους.



Σχήμα 5.2.α Μαγνητικές γραμμές γύρω από ένα ραβδόμορφο μαγνήτη

Μπορεί κανείς να δει την εικόνα αυτών των νοητών γραμμών, αν τοποθετήσει ρινίσματα σιδήρου πάνω σε ένα φύλλο χαρτιού και στη συνέχεια το τοποθετήσει πάνω σε ένα μαγνήτη.

Τα ρινίσματα του σιδήρου μαγνητίζονται, γίνονται δηλαδή μικροί μαγνήτες. Ασκούνται σε αυτά μαγνητικές δυνάμεις από το μαγνήτη, με αποτέλεσμα καθένα από τα ρινίσματα να στραφεί και να πάρει την κατεύθυνση της δυναμικής γραμμής, που περνά από αυτό. (Σχ. 5.2.β)



Σχήμα 5.2.β Τα ρινίσματα του σιδήρου μας δίνουν τη μορφή του μαγνητικού πεδίου γύρω από ένα ραβδόμορφο μαγνήτη

Όσο πιο **πυκνές** είναι οι μαγνητικές γραμμές ενός πεδίου, τόσο πιο **ισχυρό** είναι το πεδίο, δηλαδή τόσο πιο ισχυρές είναι οι μαγνητικές δυνάμεις, που ασκούνται. Γι' αυτό οι δυναμικές γραμμές είναι πυκνότερες κοντά στους πόλους του μαγνήτη.

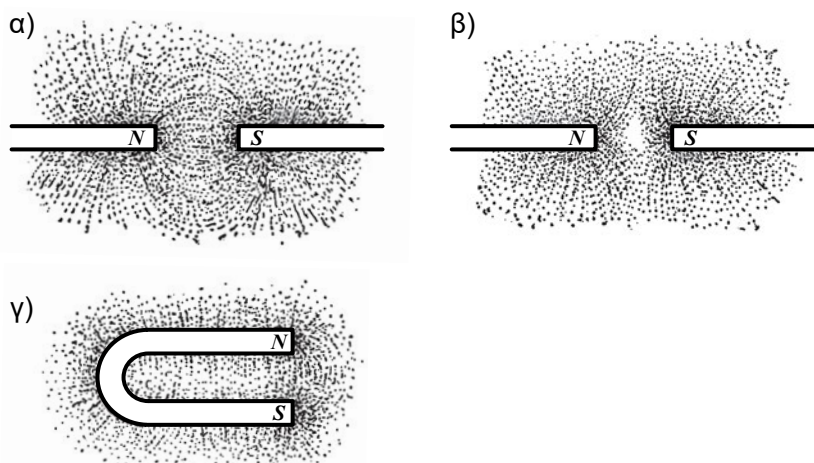
Το μέγεθος που δείχνει πόσο ισχυρό είναι το μαγνητικό πεδίο ονομάζεται **μαγνητική επαγωγή**, συμβολίζεται με το γράμμα B και μετριέται σε T (Tesla)

Μαγνητική επαγωγή	Σύμβολο	Μονάδα
	B	T (Tesla)

Η μαγνητική επαγωγή είναι διανυσματικό μέγεθος. Σε κάθε σημείο του μαγνητικού πεδίου αντιστοιχεί ένα διάνυσμα B , του οποίου η διεύθυνση είναι πάντοτε εφαπτόμενη στη μαγνητική γραμμή, που περνά από αυτό και έχει ως φορά αυτή των μαγνητικών γραμμών.

Συναφές με το μέγεθος της μαγνητικής επαγωγής είναι το μέγεθος της **μαγνητικής ροής**. Η μαγνητική ροή αναφέρεται σε μια οποιαδήποτε επιφάνεια μέσα στο μαγνητικό πεδίο. **Όσο περισσότερες μαγνητικές γραμμές διασχίζουν την επιφάνεια, τόσο μεγαλύτερη είναι η μαγνητική ροή, που διέρχεται από τη συγκεκριμένη επιφάνεια.**

Όπως φαίνεται από το Σχ. 5.2.γ, το μαγνητικό πεδίο μπορεί να πάρει διάφορες μορφές στο χώρο.



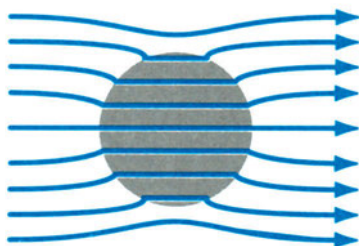
Σχήμα 5.2.γ Τα ρινίσματα του σιδήρου δίνουν τη μορφή του μαγνητικού πεδίου: α) Μαγνητικό πεδίο μεταξύ των ετερωνύμων πόλων δύο μαγνητών, β) Μαγνητικό πεδίο μεταξύ ομωνύμων πόλων, γ) Μαγνητικό πεδίο πεταλοειδούς μαγνήτη

Αν οι μαγνητικές γραμμές είναι ευθείες παράλληλες και σε κανονικές μεταξύ τους αποστάσεις το πεδίο ονομάζεται **ομογενές** (Σχ. 5.2.δ Ι).

Αν μέσα σε ένα τέτοιο πεδίο τοποθετηθεί ένα αντικείμενο από υλικό που μαγνητίζεται εύκολα, π.χ. από μαλακό σίδηρο, τότε προκαλείται αλλοίωση των μαγνητικών γραμμών. Οι μαγνητικές γραμμές καμπυλώνονται, προσπαθώντας να περάσουν, όσο το δυνατόν, περισσότερες μέσα από τη μάζα του σιδήρου. Ισχυροποιείται έτσι το πεδίο στο σίδηρο (πυκνώνουν οι μαγνητικές γραμμές) και εξασθενίζει γύρω απ' αυτόν (αραιώνουν οι μαγνητικές γραμμές) (Σχ. 5.2.δΙΙ)



Σχήμα 5.2.δ Ι Ομογενές μαγνητικό πεδίο



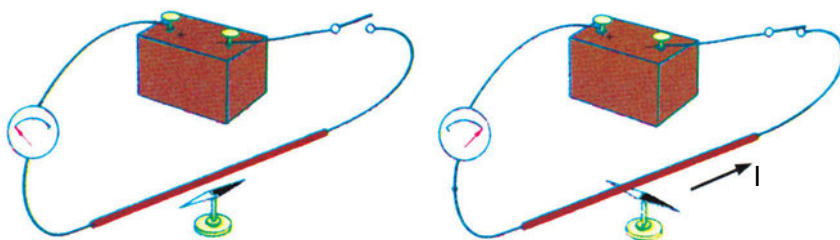
Σχήμα 5.2.δ.ΙΙ Το ομογενές μαγνητικό πεδίο αλλοιώνεται, όταν εντός του τοποθετηθεί ένα σιδηρομαγνητικό υλικό

5.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός δεν είναι φαινόμενα ανεξάρτητα το ένα του άλλου.

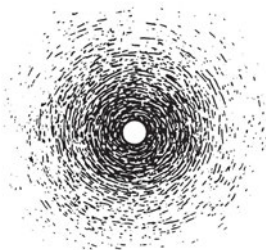
Μαγνητικό πεδίο μπορεί να δημιουργηθεί και χωρίς να υπάρχουν μαγνήτες. Όταν **ρέει ένα ηλεκτρικό ρεύμα** δημιουργείται πάντοτε γύρω του μαγνητικό πεδίο. Αυτό μπορεί να αποδειχθεί με ένα απλό πείραμα:

Κοντά σε ένα ευθύγραμμο αγωγό, που είναι τοποθετημένος σε οριζόντια θέση και διαρρέεται από συνεχές ρεύμα, τοποθετούμε μια μαγνητική πυξίδα. (Σχ. 5.3.α). Αρχικά η μαγνητική βελόνη της πυξίδας δείχνει τη διεύθυνση του μαγνητικού βορρά. Όταν περάσει ρεύμα από τον αγωγό, η βελόνη αρχίζει να ταλαντώνεται και τελικά ισορροπεί σε μια νέα θέση. Μόλις σταματήσει η ροή του ρεύματος η βελόνη επανέρχεται στην αρχική της θέση.



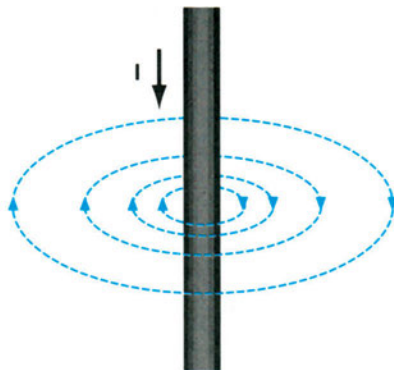
Σχήμα 5.3.α Η μαγνητική βελόνη αλλάζει κατεύθυνση όταν περάσει ρεύμα μέσα από τον αγωγό.

Για να απεικονίσουμε το μαγνητικό πεδίο γύρω από έναν αγωγό, μπορούμε να πάρουμε ένα φύλλο χαρτί, πάνω στο οποίο υπάρχουν ρινίσματα σιδήρου, και να το τοποθετήσουμε, ώστε να τέμνει κάθετα έναν κατακόρυφο αγωγό, που διαρρέεται από ισχυρό ηλεκτρικό ρεύμα. Τα ρινίσματα θα διαταχθούν σχηματίζοντας ομόκεντρους κύκλους γύρω από το ίχνος του αγωγού. (Σχ. 5.3.β)



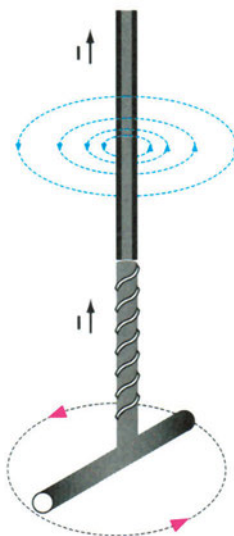
Σχήμα 5.3.β Τα ρινίσματα δείχνουν τη μορφή του μαγνητικού πεδίου γύρω από έναν ευθύγραμμο αγωγό.

Οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου ενός ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού σχηματίζουν ομόκεντρους κύκλους γύρω από τον αγωγό (Σχ. 5.3.γ). Επειδή το πεδίο εκτείνεται σε όλο το χώρο γύρω από τον αγωγό, μπορούμε να φανταστούμε αυτές τις γραμμές να σχηματίζουν ομόκεντρες κυλινδρικές επιφάνειες γύρω από τον αγωγό. Όσο απομακρύνεται κανείς από τον αγωγό, η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κύκλων (μαγνητικών γραμμών) αυξάνεται, επειδή μειώνεται η μαγνητική επαγωγή B .



Σχήμα 5.3.γ. Μαγνητικό πεδίο γύρω από ευθύγραμμο αγωγό.

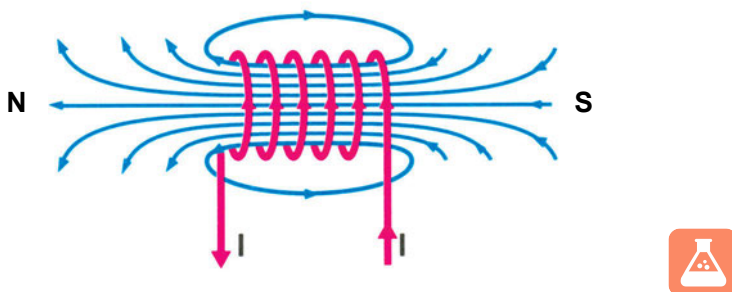
Η φορά των μαγνητικών γραμμών (και της μαγνητικής επαγωγής B που είναι εφαπτόμενη στις γραμμές) δίνεται από τον κανόνα του δεξιόστροφου κοχλίου. (Σχ. 5.3.δ)



Σχήμα 5.3.δ Κανόνας του δεξιόστροφου κοχλίου για τον προσδιορισμό της φοράς των μαγνητικών γραμμών.

Όσο περισσότερο ρεύμα περνά μέσα από τον αγωγό, τόσο πιο ισχυρό είναι το μαγνητικό πεδίο, που παράγεται γύρω από αυτόν.

Αν πάρουμε έναν αγωγό και τον τυλίξουμε αρκετές φορές, ώστε να σχηματισθούν διαδοχικές **σπείρες**, όπως στο ελικοειδές ελατήριο, τότε σχηματίζεται ένα **πηνίο**.



Σχήμα 5.3.ε Το μαγνητικό πεδίο γύρω από ένα πηνίο που διαρρέεται από συνεχές ρεύμα είναι παρόμοιο με το μαγνητικό πεδίο γύρω από έναν ευθύγραμμο μαγνήτη.

Όταν το πηνίο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, σχηματίζεται γύρω από κάθε σπείρα του μαγνητικό πεδίο. Τα μαγνητικά πεδία των σπειρών προστίθενται το ένα στο άλλο, με αποτέλεσμα στο εσωτερικό του πηνίου να πυκνώνουν οι μαγνητικές γραμμές.

Έτσι, το μαγνητικό πεδίο του πηνίου έχει σχήμα παρόμοιο με το μαγνητικό πεδίο ενός ευθύγραμμου μαγνήτη με καθορισμένους μαγνητικούς πόλους N και S (Σχ. 5.3.ε).

Η φορά των μαγνητικών γραμμών του πεδίου του πηνίου εξαρτάται από τη φορά του ρεύματος στις σπείρες του πηνίου.

Το μαγνητικό πεδίο είναι τόσο **ισχυρότερο**:

- όσο **μεγαλύτερη είναι η ένταση του ρεύματος**, που διαρρέει το πηνίο.
- όσο **περισσότερες σπείρες** έχει το πηνίο.

Αν στο εσωτερικό του πηνίου τοποθετηθεί ένας πυρήνας από μαλακό σίδηρο, δημιουργείται ένας **ηλεκτρομαγνήτης**. (Σχ. 5.3.στ)

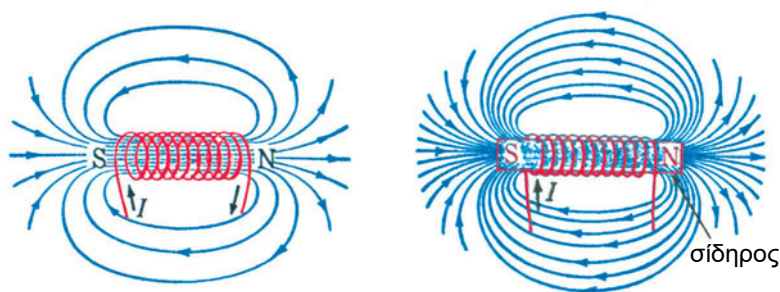
Με την προσθήκη του μαλακού σιδήρου οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου γίνονται πολύ περισσότερες (εκατοντάδες φορές περισσότερες) απ' ό,τι, όταν στο πηνίο υπάρχει μόνο αέρας. **Ισχυροποιείται δηλαδή πολύ το μαγνητικό πεδίο** (βλέπε και παράγραφο 5.2).

Σε αντίθεση με τους μόνιμους μαγνήτες, οι ηλεκτρομαγνήτες διατηρούν τις μαγνητικές τους ιδιότητες μόνο, όσο το πηνίο τους διαρρέεται από ρεύμα, μπορούν, όμως, να εξασκήσουν πολύ πιο ισχυρές δυνάμεις απ' ό,τι οι μόνιμοι μαγνήτες. Οι ηλεκτρομαγνήτες έχουν πολλές τεχνικές εφαρμογές και κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη και μορφές.

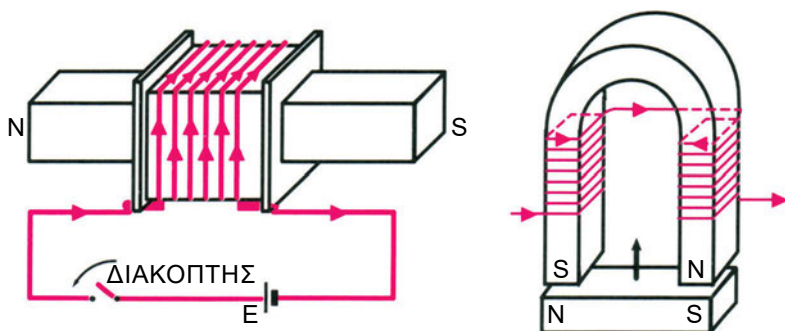
Μερικές από τις κυριότερες εφαρμογές τους είναι:

Συστήματα ανυψώσεως βαρών, μετάδοση κίνησης μέσω ηλεκτρομαγνητικών συνδέσμων, κατασκευή ηλεκτρομαγνητικών φρένων για την πέδηση κινητήρων, κατασκευή διατάξεων συγκράτησης τεμαχίων στις μηχανουργικές κατεργασίες, ηλεκτροβάνες, ηλεκτρικά κουδούνια, μεγάφωνα κ.λπ.

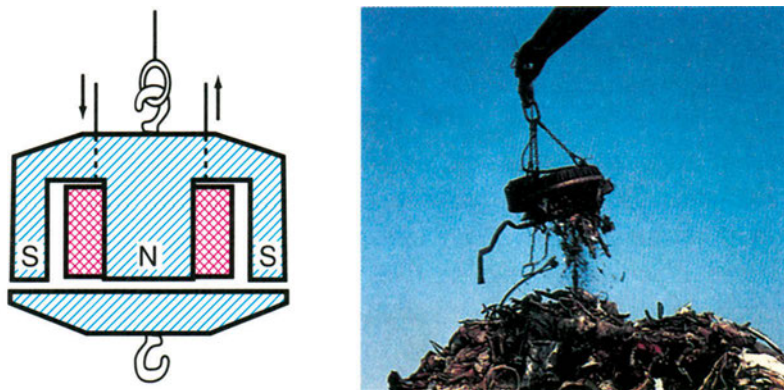
Ιδιαίτερα διαδεδομένη είναι η χρήση των ηλεκτρομαγνητών για την κατασκευή ηλεκτρονόμων (ρελαί), για τον έλεγχο και την προστασία ηλεκτρικών κυκλωμάτων.



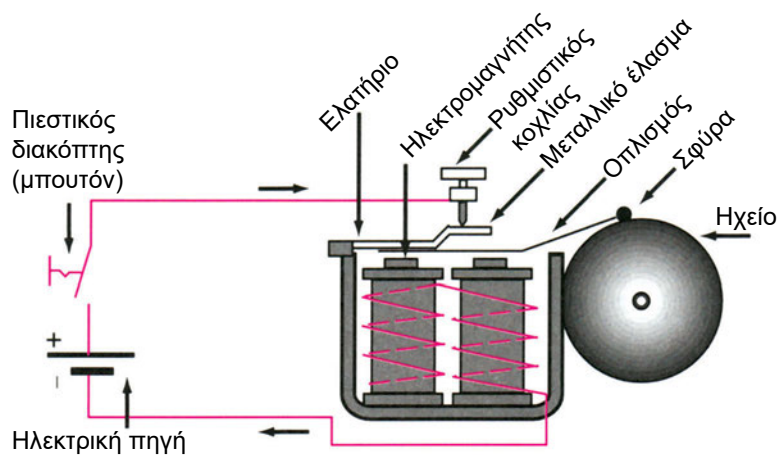
Σχήμα 5.3.στ Η προσθήκη πυρήνα από μαλακό σίδηρο ενισχύει το μαγνητικό πεδίο του ηλεκτρομαγνήτη.



Σχήμα 5.3.ζ Σχηματική παράσταση ηλεκτρομαγνητών



Σχήμα 5.3.η Ηλεκτρομαγνήτες ανύψωσης βαρών



Σχήμα 5.3.θ Παραδοσιακό ηλεκτρικό κουδούνι.

Με την πίεση του πιεστικού διακόπτη το πηνίο διαρρέεται από ρεύμα. Ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει τον οπλισμό στον οποίο είναι προσαρμοσμένη μια σφύρα, που κτυπά το ηχείο. Μόλις όμως κινηθεί ο οπλισμός, διακόπτεται το κύκλωμα τροφοδοσίας του πηνίου στο σημείο του ρυθμιστικού κοχλίας. Το πηνίο παύει να έλκει τον οπλισμό, ο οποίος επανέρχεται στην αρχική του θέση. Κλείνει έτσι το ηλεκτρικό κύκλωμα και αρχίζει νέος κύκλος λειτουργίας. Με αυτό τον τρόπο η σφύρα πάλλεται χτυπώντας το ηχείο, όση ώρα πιέζεται ο διακόπτης.



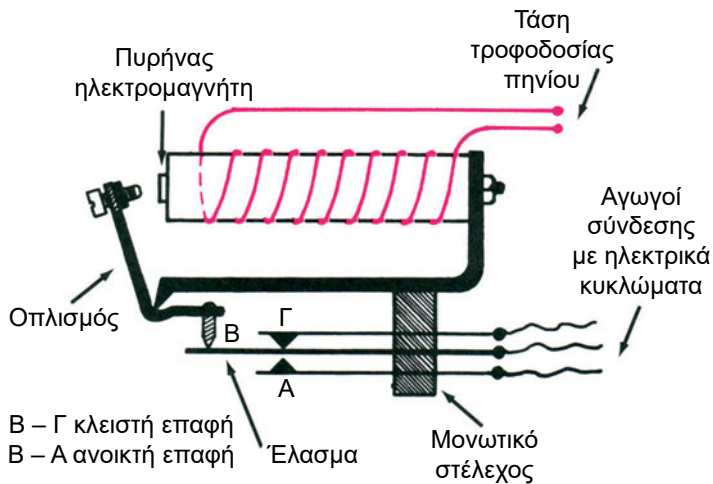
5.4 Ο ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΣ

Ο ηλεκτρονόμος είναι ηλεκτρικός διακόπτης, που ενεργοποιείται από έναν ηλεκτρομαγνήτη.

Στην πιο απλή μορφή του αποτελείται:

- από ένα πηνίο τυλιγμένο γύρω από πυρήνα σιδηρομαγνητικού υλικού, δηλαδή από έναν ηλεκτρομαγνήτη.
- από τον κινητό οπλισμό του ηλεκτρομαγνήτη
- από μια ή περισσότερες ηλεκτρικές επαφές (διακόπτες), που μπορούν να συνδεθούν σε ηλεκτρικά κυκλώματα. Οι επαφές αυτές είναι προσαρμοσμένες στον κινητό οπλισμό.

Όταν περνά μέσα από το πηνίο ηλεκτρικό ρεύμα, ενεργοποιείται ο ηλεκτρομαγνήτης και έλκει τον κινητό οπλισμό, ο οποίος παρασύρει μαζί του τις επαφές και τις αναγκάζει να αλλάξουν θέση. Αν ήταν αρχικά ανοικτές, κλείνουν, αν ήταν κλειστές, ανοίγουν. (Σχ. 5.4.α)



Σχήμα 5.4.α Όταν το πηνίο του ηλεκτρονόμου διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, έλκεται ο κινητός οπλισμός, με αποτέλεσμα η ανοικτή επαφή μεταξύ των σημείων A και B να κλείσει, ενώ ανοίγει η αρχικά κλειστή επαφή μεταξύ των σημείων B και Γ.

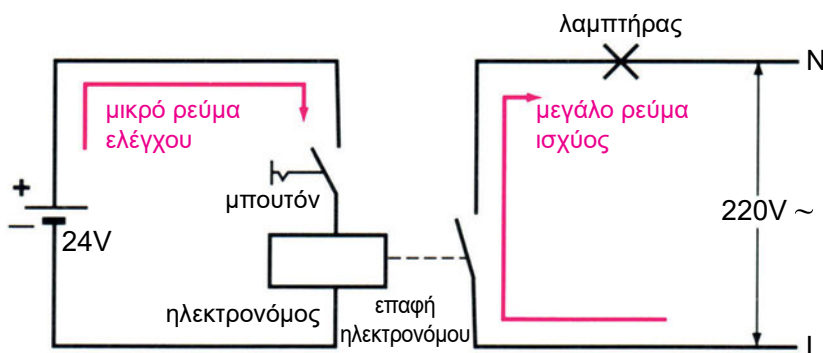
Σύμφωνα με τα προηγούμενα, ο ηλεκτρονόμος συνδέεται ηλεκτρικά σε δύο κυκλώματα:

- α) Το πηνίο συνδέεται σε ένα κύκλωμα που ονομάζεται **κύκλωμα ελέγχου**. Επειδή το πηνίο είναι κατασκευασμένο από σύρμα μικρής

διατομής, άρα μεγάλης αντίστασης, το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα μικρής έντασης.

β) Οι επαφές, που ενεργοποιούνται με την κίνηση του σπλισμού του ηλεκτρονόμου συνδέονται σε κύκλωμα, που διαρρέεται από ρεύμα μεγάλης έντασης (ανάλογα με την εφαρμογή, μπορεί να φθάσει μέχρι εκατοντάδες Α). Το κύκλωμα αυτό ονομάζεται **κύριο κύκλωμα** ή **κύκλωμα ισχύος**.

Με τους ηλεκτρονόμους δηλαδή είναι δυνατός ο **έλεγχος (διακοπή και επαναλειτουργία) του κυκλώματος ισχύος, με τον έλεγχο του μικρού ρεύματος του κυκλώματος ελέγχου**. (Σχ. 5.4.β)

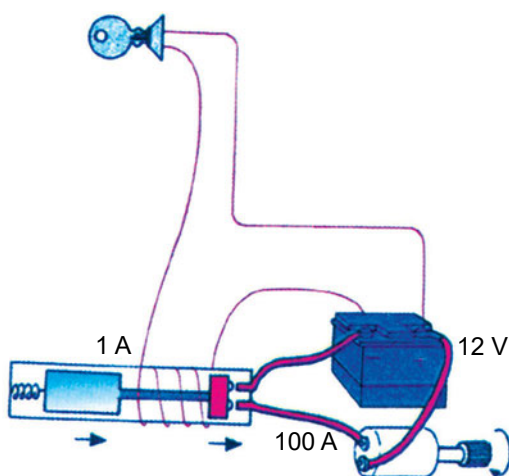


Σχήμα 5.4.β Το κύκλωμα ελέγχου του σχήματος τροφοδοτείται από μια πηγή συνεχούς ρεύματος τάσης 24V. Με το μπουτόν (πιεστικό διακόπτη) κλείνει το κύκλωμα ελέγχου και διεγείρεται το πηνίο του ηλεκτρονόμου. Κλείνει έτσι η επαφή στο κυρίως κύκλωμα, το οποίο στην περίπτωση του σχήματος περιλαμβάνει ένα λαμπτήρα, που τροφοδοτείται από εναλλασσόμενη τάση 220 V.

Έτσι μπορεί να γίνει τηλεχειρισμός των διαφόρων ηλεκτρικών καταναλώσεων, αφού τα κυκλώματα ελέγχου μπορούν να κατασκευαστούν, με οικονομικό τρόπο, με αγωγούς μικρής διατομής και να χρησιμοποιηθεί χαμηλότερη τάση για την ασφάλεια των χειριστών.

Πολλές φορές εξ άλλου χρησιμοποιούνται διάφοροι αισθητήρες, π.χ. θερμοστάτες, πρεσοστάτες, φωτοκύτταρα κλπ. για τον έλεγχο της λειτουργίας διαφόρων συσκευών. Οι αισθητήρες αυτοί συνήθως δεν έχουν την ισχύ να διακόψουν κατ' ευθείαν το κυρίως κύκλωμα των συσκευών και τοποθετούνται στο κύκλωμα ελέγχου του ηλεκτρονόμου, όπως και τα μπουτόν (πιεστικοί διακόπτες) χειρισμού.

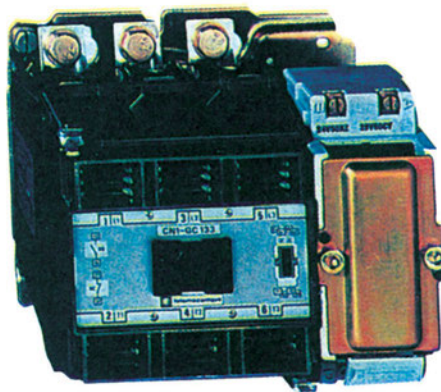
Μια χαρακτηριστική περίπτωση εφαρμογής του ηλεκτρονόμου είναι ο διακόπτης της μίζας του αυτοκινήτου. (Σχ. 5.4.γ)



Σχήμα 5.4.γ Σχηματική παράσταση του ηλεκτρονόμου, που ελέγχει το κύκλωμα της μίζας του αυτοκινήτου

Με το γύρισμα του κλειδιού στο διακόπτη, που βρίσκεται στο τιμόνι του αυτοκινήτου, κλείνει η επαφή στο κύκλωμα τροφοδότησης του πηνίου ενός ηλεκτρονόμου, ενεργοποιείται το πηνίο του και έλκει τον σπλισμό, κλείνοντας το διακόπτη του κυκλώματος ισχύος μεταξύ του συσσωρευτή (μπαταρίας) και της μίζας του αυτοκινήτου.

Έτσι, από το διακόπτη στο τιμόνι περνά μόνο το μικρό ρεύμα ελέγχου του πηνίου του ηλεκτρονόμου (περίπου 1A) και όχι το μεγάλο ρεύμα εκκίνησης της μίζας, που είναι της τάξης των 100 A.



Σχήμα 5.4.δ. Αυτόματος διακόπτης για τον τηλεχειρισμό τριφασικών ηλεκτρικών κινητήρων.

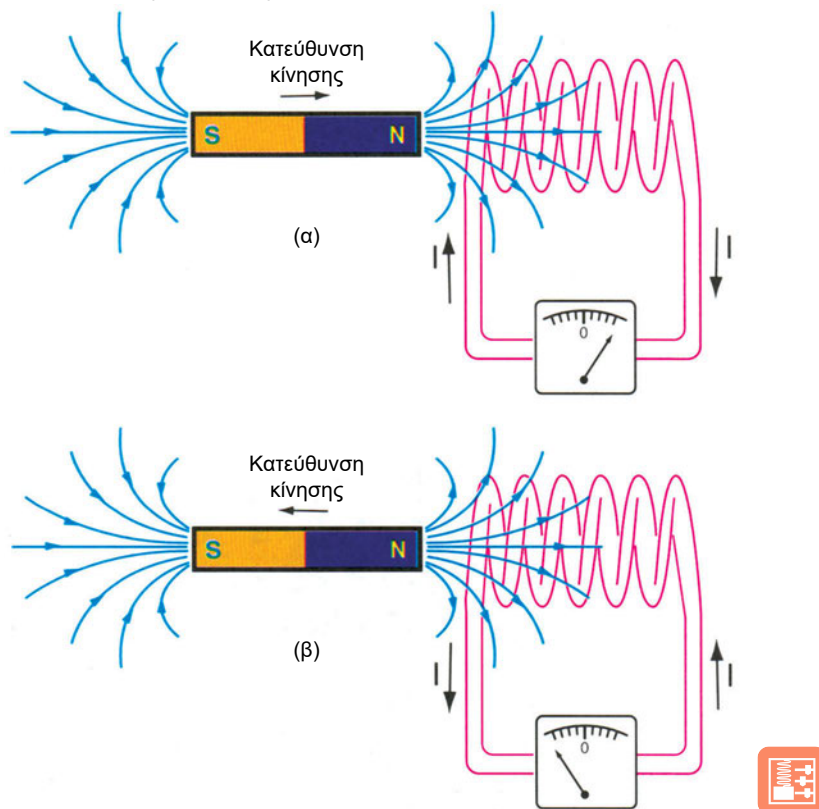
5.5 Η ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

Η ανακάλυψη ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο έκανε τους επιστήμονες, από τον 18ο αιώνα, να ερευνήσουν, αν συμβαίνει και το αντίστροφο. Αν δηλαδή μπορεί να **παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα** από το μαγνητικό πεδίο. Έτσι ανακαλύφθηκε η **ηλεκτρομαγνητική επαγωγή**.

Το φαινόμενο αυτό μπορεί να γίνει αντιληπτό και κατανοητό με την εκτέλεση πειραμάτων, όπως αυτά περιγράφονται πιο κάτω:

α) Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, λόγω της κίνησης μαγνητών (ή ηλεκτρομαγνητών).

Σχηματίζουμε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα, συνδέοντας τα άκρα ενός πηνίου στα άκρα ενός ευαίσθητου αμπερομέτρου, το οποίο ονομάζεται γαλβανόμετρο (Σχ. 5.5.α)



Σχήμα 5.5.α Κατά την κίνηση του μαγνήτη παρατηρείται ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα του πηνίου.

Πλησιάζουμε στο πηνίο ένα μόνιμο μαγνήτη. Παρατηρούμε ότι όσο διαρκεί η κίνηση του μαγνήτη παρατηρείται απόκλιση του δείκτη του γαλβανόμετρου, γεγονός που σημαίνει ότι στο κύκλωμα του πηνίου διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Αν απομακρύνουμε το μαγνήτη, παρατηρούμε ότι πάλι κυκλοφορεί ρεύμα. Το ρεύμα όμως έχει αντίθετη φορά, όπως δείχνει η απόκλιση του γαλβανόμετρου.

Επισημαίνεται πως το ρεύμα παρατηρείται μόνο, όσο κινείται ο μαγνήτης. Όταν σταματήσει η κίνηση το ρεύμα μηδενίζεται, σε όποια απόσταση και αν βρίσκεται ο μαγνήτης και το πηνίο.

Αν, αντί να κινήσουμε το μαγνήτη, τον κρατήσουμε ακίνητο και κινήσουμε προς το μέρος του (ή απομακρύνουμε) το πηνίο, πάλι θα εμφανισθεί ρεύμα στο κύκλωμα. Είναι προφανές ότι, αν στη θέση του μονίμου μαγνήτη, χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρομαγνήτη, θα έχουμε τα ίδια αποτελέσματα.

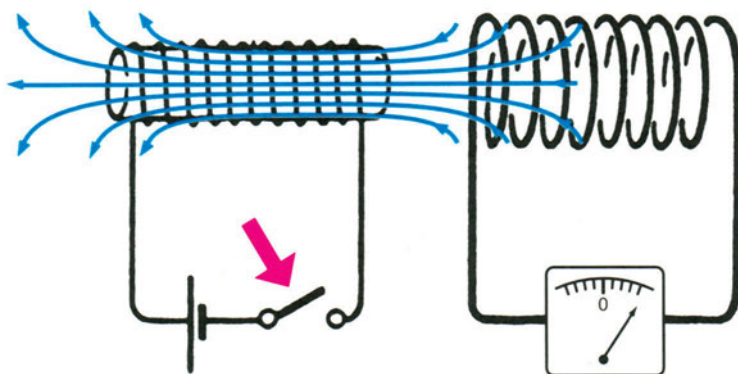
Η εμφάνιση ρεύματος στο κύκλωμα του πηνίου δείχνει ότι **δημιουργείται προσωρινά κάποια πηγή τάσης** στο κύκλωμα, η οποία έχει κάποια ηλεκτρεγερτική δύναμη. (Υπενθυμίζεται ότι, για να υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα, πρέπει να υπάρχει ηλεκτρική τάση).

Η τάση αυτή ονομάζεται **ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή**, συμβολίζεται με **E** και μετριέται σε **V** (Volt).



β) Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, χωρίς κίνηση μαγνητών

Στο Σχ. 5.5.β. δύο πηνία είναι κοντά το ένα στο άλλο έτσι, ώστε οι άξονες των δύο πηνίων να συμπίπτουν.



Σχήμα 5.5.β Το κλείσιμο του διακόπτη δημιουργεί μαγνητικό πεδίο στο πρώτο πηνίο. Μέρος της μαγνητικής ροής του πεδίου αυτού διέρχεται από το δεύτερο πηνίο.

Τα άκρα του ενός πηνίου έχουν συνδεθεί σε σειρά με μια **πηγή συνεχούς ρεύματος**. Στο κύκλωμα υπάρχει και ένας διακόπτης.

Το άλλο πηνίο είναι συνδεδεμένο με γαλβανόμετρο, όπως στο προηγούμενο πείραμα.

Μόλις κλείσουμε το διακόπτη στο κύκλωμα του πρώτου πηνίου, παρατηρούμε μια στιγμιαία απόκλιση του γαλβανόμετρου στο κύκλωμα του δεύτερου πηνίου.

Αν ανοίξουμε στη συνέχεια το κύκλωμα του πρώτου πηνίου, πάλι παρατηρούμε μια απόκλιση στο γαλβανόμετρο αντίθετης όμως φοράς.

Και στα δύο πειράματα εμφανίζεται ηλεκτρικό ρεύμα (και ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή) στο κύκλωμα του δεύτερου πηνίου.

Η κοινή αιτία που προκάλεσε το φαινόμενο και στις δύο περιπτώσεις (α και β), έχει να κάνει με το **μαγνητικό πεδίο**.

Στο πρώτο πείραμα, μερικές από τις δυναμικές (μαγνητικές) γραμμές του μαγνήτη “κόβουν” τις σπείρες του πηνίου (Σχ. 5.5.α). Καθώς κινείται ο μαγνήτης προς το πηνίο, εμπλέκονται στις σπείρες του πηνίου περισσότερες δυναμικές γραμμές. Αυξάνεται δηλαδή η **μαγνητική ροή** (παράγρ. 5.2), που διέρχεται μέσα από το πηνίο. Με την απομάκρυνση του πηνίου, μειώνεται η μαγνητική ροή.

Στο δεύτερο πείραμα το κλείσιμο του διακόπτη δημιουργεί μαγνητικό πεδίο στο πρώτο πηνίο (γίνεται ηλεκτρομαγνήτης). Μέρος της **μαγνητικής ροής** αυτού του πεδίου διέρχεται από το δεύτερο πηνίο (Σχ. 5.5.β)

Και στα δύο πειράματα, το ρεύμα και η τάση (ηλεκτρεγερτική δύναμη) από επαγωγή παρατηρούνται **μόνον, όταν η μαγνητική ροή, που διέρχεται μέσα από το δεύτερο πηνίο, μεταβάλλεται**.

Μπορούμε, λοιπόν, να συμπεράνουμε ότι:



Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή δημιουργείται σ' ένα ηλεκτρικό κύκλωμα (π.χ. στο κύκλωμα του πηνίου στα δύο πειράματα), όταν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που εμπλέκεται στο κύκλωμα.

Στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, που δημιουργείται λόγω της μηχανικής κίνησης μαγνητικών πεδίων, βασίζεται η λειτουργία των ηλεκτρικών γεννητριών.

Στην ηλεκτρομαγνητική επαγωγή, που δημιουργείται, χωρίς μηχανική κίνηση μαγνητικών πεδίων, αλλά με τη μεταβολή των ρευμάτων, που τα προκαλούν, βασίζεται η λειτουργία των μετασχηματιστών.

Ο υπολογισμός της ηλεκτρεγερτικής δύναμης, που αναπτύσσεται σε κάθε περίπτωση, παρουσιάζει δυσκολίες, καθώς πρέπει να προσδιοριστούν με ακρίβεια όλοι οι παράγοντες, που επηρεάζουν το φαινόμενο όπως η μορφή των μαγνητικών πεδίων, η ταχύτητα κίνησης, το ποσό της μαγνητικής ροής που εμπλέκεται κ.λπ.

Για την απλή περίπτωση ενός αγωγού, που κινείται μέσα σε ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο έτσι, ώστε να “κόβει” κάθετα τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου (Σχ. 5.5.γ), ισχύει η απλή σχέση:

$$E = B \cdot l \cdot v$$

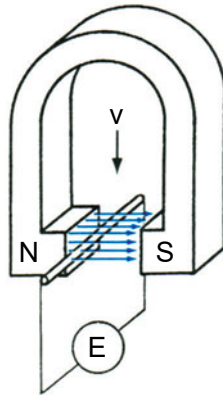
όπου

E: η ηλεκτρεγερτική δύναμη που αναπτύσσεται στον αγωγό σε V (Volt)

B: η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή του πεδίου σε T (Tesla)

l: το μήκος του αγωγού, που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο σε m

v: η ταχύτητα του αγωγού σε m/s



Σχήμα 5.5.γ Η κίνηση του αγωγού, κάθετα προς τις μαγνητικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου, μαγνητικής επαγωγής B , δημιουργεί στα άκρα του ηλεκτρεγερτική δύναμη E .

Για τον προσδιορισμό της φοράς της επαγόμενης ηλεκτρεγερτικής δύναμης, λαμβάνεται υπόψη η φορά των μαγνητικών γραμμών του πεδίου και η φορά της ταχύτητας του αγωγού.

Επισημαίνεται ότι ο τύπος $E = B \cdot l \cdot v$ αποτελεί τη βασική σχέση, πάνω στην οποία στηρίζεται ο σχεδιασμός όλων των ηλεκτρικών γεννητριών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Μέσα σ' ένα ομοιόμορφο (ομογενές) μαγνητικό πεδίο (βλ. Σχ. 5.5.γ), το οποίο σε κάθε σημείο του έχει μαγνητική επαγωγή $B = 0,6 \text{ T}$, κινείται ένας ευθύγραμμος αγωγός, με ταχύτητα 10 m/s , κάθετα προς τις μαγνητικές γραμμές. Αν το μήκος του αγωγού που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο είναι 40 cm , πόση είναι η ηλεκτρεγερτική δύναμη, που δημιουργείται σ' αυτόν από επαγωγή;

Απάντηση

Εφαρμόζουμε τον τύπο $E = B \cdot l \cdot v$

$$B = 0,6 \text{ T}$$

$$l = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

$$v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$E = 0,6 \cdot 0,4 \cdot 10 = 2,4 \text{ V}$$

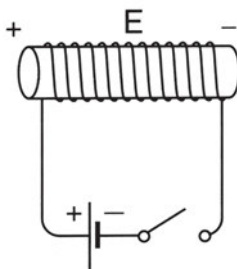
Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή, που αναπτύσσεται στα άκρα του αγωγού, είναι $E = 2,4 \text{ V}$.

5.6 Η ΑΥΤΕΠΑΓΩΓΗ

Στην προηγούμενη παράγραφο (παράγρ. 5.5) εξετάστηκε πώς δημιουργείται ηλεκτρεγερτική δύναμη (τάση) από επαγωγή, όταν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή, που μεταβιβάζεται από ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε ένα άλλο (π.χ. από το πρώτο πηνίο του Σχ. 5.5.β. στο δεύτερο).

Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή συμβαίνει και στο κύκλωμα, που παράγει το μαγνητικό πεδίο. Επειδή η αναπτυσσόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη και η μαγνητική ροή που την προκαλεί, **συνυπάρχουν στο ίδιο κύκλωμα**, το φαινόμενο ονομάζεται **αυτεπαγωγή**.

Ας δούμε πιο αναλυτικά τι συμβαίνει σε αυτές τις περιπτώσεις με το απλό κύκλωμα του Σχ. 5.6.α που αποτελείται από μια πηγή συνεχούς ρεύματος, ένα πηνίο και ένα διακόπτη.



Σχήμα 5.6.α. Με το κλείσιμο του διακόπτη στα άκρα του πηνίου αναπτύσσεται μια ηλεκτρεγερτική δύναμη E που έχει φορά αντίθετη από την τάση της πηγής.

Μόλις κλείσουμε το διακόπτη αρχίζει να περνά ρεύμα, το οποίο, με τη σειρά του, δημιουργεί μαγνητικό πεδίο στο πηνίο. Καθώς αυξάνεται το ηλεκτρικό ρεύμα, αυξάνεται και η μαγνητική ροή γύρω από τους αγωγούς (σπείρες) του πηνίου. Οι σπείρες του πηνίου επηρεάζονται από τη **μεταβολή** της μαγνητικής ροής και αντιδρούν αναπτύσσοντας ηλεκτρεγερτική δύναμη εξ επαγωγής. Η ηλεκτρεγερτική αυτή δύναμη έχει **φορά αντίθετη προς την τάση της πηγής**.

Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι το πηνίο **αντιδρά στην αύξηση του ρεύματος** (προσπαθεί να την εμποδίσει). Το φαινόμενο διαρκεί, όσο μεταβάλλεται το ρεύμα και η μαγνητική ροή στο κύκλωμα. Καθώς αυξάνεται το ρεύμα η επαγόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη μειώνεται μέχρι μηδενισμού της. Στο τέλος, το ρεύμα παίρνει την τιμή, που προσδιορίζεται από την τάση της πηγής και τις ωμικές αντιστάσεις (του πηνίου, των αγωγών, της πηγής) του κυκλώματος.

Το αντίστροφο συμβαίνει κατά το **άνοιγμα του διακόπτη**. Το πηνίο **αντιδρά στη μείωση του ρεύματος** και αναπτύσσει ηλεκτρεγερτική δύναμη, για να διατηρήσει το ρεύμα. Στο τέλος το ρεύμα θα μηδενισθεί, αλλά με κάποια καθυστέρηση, σε σχέση με το ρεύμα ενός κυκλώματος με ωμικές μόνο αντιστάσεις.



Συνοπτικά:



Αυτεπαγωγή είναι το φαινόμενο, κατά το οποίο δημιουργείται ηλεκτρεγερτική δύναμη (τάση) σε ένα κύκλωμα, λόγω της μεταβολής του ρεύματος σε αυτό.

Λόγω της αυτεπαγωγής, το κύκλωμα αντιτίθεται σε κάθε μεταβολή του ρεύματος, που το διαρρέει.

Όσο πιο απότομη είναι η μεταβολή (αύξηση ή μείωση) του ρεύματος, τόσο πιο μεγάλη είναι η αντιτιθέμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη, που αναπτύσσεται.

Ακόμη και ένας ευθύγραμμος αγωγός εμφανίζει κάποια μικρή αυτεπαγωγή, αφού δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο. Μεγάλη όμως αυτεπαγωγή εμφανίζουν τα πηνία και κάθε ηλεκτρική συσκευή, που περιέχει πηνία (π.χ. ένας ηλεκτρικός κινητήρας).

Η αυτεπαγωγή ενός πηνίου και, γενικότερα, ενός ηλεκτρικού κυκλώματος μετρείται με το συντελεστή αυτεπαγωγής.

Συντελεστής αυτεπαγωγής	Σύμβολο	Μονάδα
	L	H (Henry – Ανρύ)

Η μονάδα H ορίζεται ως εξής:

Ένα πηνίο έχει συντελεστή αυτεπαγωγής 1 H (Henry) αν μεταβληθεί (αυξηθεί ή μειωθεί) το ρεύμα, που το διαρρέει, κατά 1 A (Ampere) μέσα σε χρόνο 1 s (δευτερόλεπτο) και εμφανίσει τάση (ηλεκτρεγερτική δύναμη) στα άκρα του ίση με 1 V (Volt).

Ο συντελεστής αυτεπαγωγής L ενός πηνίου εξαρτάται από **τον αριθμό των σπειρών του, τις διαστάσεις του και το υλικό του πυρήνα του**. Πηνία με πυρήνα από σιδηρομαγνητικό υλικό έχουν πολύ μεγαλύτερο συντελεστή L από τα αντίστοιχα πηνία αέρος.

5.7 ΤΟ ΠΗΝΙΟ ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

Αν συνδεθεί ένα πηνίο στα άκρα μιας πηγής συνεχούς ρεύματος, π.χ. μιας μπαταρίας, το ρεύμα, που θα περάσει, θα προσδιορισθεί με το νόμο του Ωμ $I = \frac{U}{R}$, όπου R η ωμική αντίσταση του σύρματος του πηνίου και U η τάση στα άκρα του πηνίου. Το φαινόμενο της αυτεπαγωγής θα καθυστερήσει για λίγο την αποκατάσταση του ρεύματος στο κύκλωμα (παράγραφος 5.6)

Τα πράγματα όμως είναι διαφορετικά στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Εδώ η πηγή **παράγει μεταβαλλόμενο ρεύμα**, δηλαδή το ρεύμα αυξάνεται και μειώνεται ακολουθώντας την ημιτονοειδή καμπύλη.

Το πηνίο αντιδρά στις μεταβολές του ρεύματος, αναπτύσσοντας αντιτιθέμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη. Το φαινόμενο, δηλαδή, δεν περιορίζεται μόνο στο αρχικό στάδιο του κλεισίματος του διακόπτη (Σχ. 5.5.α), αλλά συντηρείται συνεχώς λόγω των συνεχών μεταβολών του ρεύματος.

Έτσι, λόγω της μόνιμης αντιτιθέμενης ηλεκτρεγερτικής δύναμης, το ρεύμα, που περνά από το κύκλωμα είναι σημαντικά μικρότερο, από όσο θα ήταν, αν το πηνίο είχε συνδεθεί σε πηγή συνεχούς ρεύματος ίσης τάσης.

Στο εναλλασσόμενο ρεύμα λοιπόν το πηνίο εμφανίζει μια **επαγωγική αντίσταση**, που θεωρείται υπεύθυνη για τη μείωση του ρεύματος.

Επαγωγική αντίσταση	Σύμβολο X_L	Μονάδα Ω (Ohm)
---------------------	------------------	--------------------------

Η τιμή της επαγωγικής αντίστασης προσδιορίζεται από τον συντελεστή αυτεπαγωγής L και τη συχνότητα f του εναλλασσόμενου ρεύματος, σύμφωνα με τον τύπο:

$$X_L = 2 \pi f L$$

όπου,

X_L : η επαγωγική αντίσταση σε Ω

π : 3,14....

f : η συχνότητα του ρεύματος σε Hz

L : ο συντελεστής αυτεπαγωγής σε H (Henry)

Ο παραπάνω τύπος δείχνει ότι **η τιμή της επαγωγικής αντίστασης αυξάνεται, όσο αυξάνεται η συχνότητα του ρεύματος**, πράγμα αναμενόμενο, αφού μεγαλύτερη συχνότητα σημαίνει πως οι μεταβολές του ρεύματος είναι πιο απότομες διότι συμβαίνουν σε μικρότερο χρόνο. Δημιουργούν έτσι μεγαλύτερη αντιτιθέμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη (παράγραφος 5.5).

Για την εφαρμογή του νόμου του $\Omega\mu$ στο εναλλασσόμενο ρεύμα πρέπει να γνωρίζουμε τόσο την επαγωγική, όσο και την ωμική αντίσταση του πηνίου, από τις οποίες υπολογίζεται η **σύνθετη** αντίσταση του πηνίου.

Αν η ωμική αντίσταση είναι πολύ μικρότερη από την επαγωγική, όπως συμβαίνει σε πολλές περιπτώσεις, τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι το πηνίο παρουσιάζει μόνο επαγωγική αντίσταση.

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Ένα πηνίο παρουσιάζει ωμική αντίσταση $R = 2\Omega$ και συντελεστή αυτεπαγωγής $L = 0,4 \text{ H}$.

Στα άκρα του επιβάλλεται διαδοχικά:

A) Συνεχής τάση 220 V

B) Εναλλασσόμενη τάση 220 V συχνότητας 50 Hz

Ποιο ρεύμα θα διαρρέει το πηνίο σε κάθε μια περίπτωση;

Απάντηση

A) Στο συνεχές ρεύμα υπάρχει μόνο η ωμική αντίσταση R του πηνίου. Επομένως εφαρμόζεται ο νόμος του Ωμ:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{220 \text{ V}}{2 \Omega} = 110 \text{ A}$$

B) Υπολογίζεται πρώτα η επαγωγική αντίσταση:

$$X_L = 2 \pi f L$$

$$X_L = 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,4 = 125,6\Omega$$

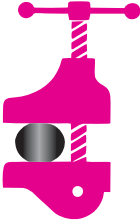
Παρατηρούμε ότι η επαγωγική αντίσταση X_L είναι πολύ μεγαλύτερη από την ωμική αντίσταση R . Μπορούμε, επομένως, να θεωρήσουμε ότι το πηνίο παρουσιάζει μόνο επαγωγική αντίσταση.

Εφαρμόζουμε το νόμο του Ωμ:

$$I = \frac{U}{X_L}$$

$$I = \frac{220 \text{ V}}{125,6 \Omega} = 1,75 \text{ A}$$

Παρόλο που η τιμή της τάσης στις δύο περιπτώσεις είναι ίδια (220 V), το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο είναι πολύ μικρότερο στο εναλλασσόμενο ρεύμα απ' ό,τι στο συνεχές.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Οι μαγνητικές ιδιότητες εμφανίζονται στα **σιδηρομαγνητικά** υλικά. Υπάρχουν οι φυσικοί και οι τεχνητοί μαγνήτες.
- Κάθε μαγνήτης έχει **Βόρειο και Νότιο πόλο**. Οι ομώνυμοι μαγνητικοί πόλοι απωθούνται, ενώ οι ετερόνυμοι έλκονται.
- Ο χώρος στον οποίο ενεργούν οι μαγνητικές δυνάμεις ονομάζεται **μαγνητικό πεδίο**. Το μαγνητικό πεδίο απεικονίζεται με **μαγνητικές (δυναμικές) γραμμές**. Όσο πιο πυκνές είναι οι μαγνητικές γραμμές, τόσο πιο ισχυρό είναι το μαγνητικό πεδίο.
- Σε κάθε σημείο του μαγνητικού πεδίου αντιστοιχεί ένα φυσικό μέγεθος, που ονομάζεται **μαγνητική επαγωγή**, συμβολίζεται με το B , μετριέται σε T (Tesla) και δείχνει πόσο ισχυρό είναι το μαγνητικό πεδίο στο σημείο αυτό.
- Η **μαγνητική ροή** αναφέρεται σε μια επιφάνεια, που βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο. Όσο περισσότερες μαγνητικές γραμμές διασχίζουν την επιφάνεια, τόσο μεγαλύτερη είναι η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια.
- Γύρω από τους αγωγούς που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα, σχηματίζεται μαγνητικό πεδίο.
- Ένα πηνίο, που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, σχηματίζει γύρω του μαγνητικό πεδίο ίδιας μορφής με αυτήν του πεδίου γύρω από ένα μαγνήτη. Αν στο εσωτερικό του πηνίου τοποθετηθεί πυρήνας από μαλακό σίδηρο, δημιουργείται ένας **ηλεκτρομαγνήτης**.
- Οι ηλεκτρομαγνήτες έχουν πολλές εφαρμογές. Μια από τις πιο σημαντικές είναι ο **ηλεκτρονόμος**. Με τον ηλεκτρονόμο είναι δυνατός ο έλεγχος της λειτουργίας ηλεκτρικών κυκλωμάτων ισχύος, μέσω του ελέγχου του μικρού ρεύματος του κυκλώματος τροφοδοσίας του ηλεκτρονόμου.
- Η **ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή** δημιουργείται σ' ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, όταν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που εμπλέκεται στο κύκλωμα. Συμβολίζεται με E και μετριέται σε V (Volt). Η μεταβολή της μαγνητικής ροής μπορεί να προκληθεί είτε από την κίνηση μαγνητών (ή ηλεκτρομαγνητών), είτε από τη μεταβολή του ηλεκτρικού ρεύματος

σε ένα δεύτερο κύκλωμα, το μαγνητικό πεδίο του οποίου επηρεάζει το κύκλωμα, όπου αναπτύσσεται η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή.

- Για την απλή περίπτωση ενός αγωγού που κινείται κάθετα προς τις μαγνητικές γραμμές ενός ομοιόμορφου μαγνητικού πεδίου, η αναπτυσσόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή δίδεται από τη σχέση $\mathbf{E} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{l} \cdot \mathbf{v}$.
- Όταν η επαγόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη και η μαγνητική ροή, που την προκαλεί, συνυπάρχουν στο ίδιο ηλεκτρικό κύκλωμα, το φαινόμενο ονομάζεται **αυτεπαγωγή**. Λόγω της αυτεπαγωγής, το ηλεκτρικό κύκλωμα αντιτίθεται σε κάθε μεταβολή του ρεύματος, που το διαρρέει.
- Στα πηνία το φαινόμενο της αυτεπαγωγής είναι έντονο. Κάθε πηνίο χαρακτηρίζεται από ένα **συντελεστή αυτεπαγωγής**, που συμβολίζεται με L και μετρείται σε H .
- Τα πηνία εμφανίζουν στο εναλλασσόμενο ρεύμα **επαγωγική αντίσταση**, που συμβολίζεται με X_L , μετρείται σε Ω και η τιμή της προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια είναι τα σιδηρομαγνητικά υλικά και ποια ιδιότητα έχουν;
2. Ποιοι είναι οι φυσικοί μαγνήτες, ποιοι οι τεχνητοί μαγνήτες και ποιοι οι ηλεκτρομαγνήτες;
3. Τι δυνάμεις ασκούνται μεταξύ των πόλων των μαγνητών;
4. Να περιγράψετε τη λειτουργία της μαγνητικής πυξίδας.
5. Τι ονομάζεται μαγνητικό πεδίο;
6. Να σχεδιάσετε τις μαγνητικές δυναμικές γραμμές γύρω από ένα ραβδόμορφο μαγνήτη.

7. Τι ονομάζεται μαγνητική επαγωγή και σε τι μονάδες μετρείται;
8. Ποιες είναι οι κύριες ιδιότητες των μαγνητικών δυναμικών γραμμών;
9. Ποιο μαγνητικό πεδίο ονομάζεται ομογενές;
10. Να σχεδιάσετε μερικές δυναμικές γραμμές γύρω από έναν ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό. Πώς προσδιορίζεται η φορά των μαγνητικών γραμμών;
11. Τι θα συμβεί στο μαγνητικό πεδίο ενός πηνίου, αν τοποθετηθεί στο εσωτερικό του πηνίου, πυρήνας από μαλακό σίδηρο;
12. Να αναφέρετε μερικές εφαρμογές των ηλεκτρομαγνητών.
13. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται το πόσο ισχυρό είναι το μαγνητικό πεδίο ενός ηλεκτρομαγνήτη;
14. Να σχεδιάσετε τη συνδεσμολογία (κύκλωμα ισχύος και κύκλωμα ελέγχου) ενός ηλεκτρονόμου που ενεργοποιείται με απλό διακόπτη και χρησιμοποιείται για να ανάβει και να σβήνει έναν ηλεκτρικό λαμπτήρα. Τόσο ο ηλεκτρονόμος, όσο και ο λαμπτήρας τροφοδοτούνται από το δίκτυο της ΔΕΗ, τάσης 220V.
15. Να περιγράψετε δύο πειράματα, το ένα με κίνηση μαγνητών και το άλλο χωρίς κίνηση, στα οποία να εμφανίζεται το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.
16. Σε ποια φυσικά μεγέθη αναφέρεται ο τύπος $E = B \cdot l \cdot v$ και σε ποια περίπτωση έχει εφαρμογή;
17. Πότε εμφανίζεται το φαινόμενο της αυτεπαγωγής σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα;
18. Ποια είναι η μονάδα μέτρησης του συντελεστή αυτεπαγωγής ενός πηνίου και ποια η μονάδα μέτρησης της επαγωγικής αντίστασης ενός πηνίου;
19. Πώς μεταβάλλεται η επαγωγική αντίσταση ενός πηνίου όταν μεταβάλλεται η συχνότητα του (εναλλασσόμενου) ρεύματος που το διαρρέει;
20. Τι θα συμβεί στο ρεύμα που διαρρέει ένα επαγωγικό κύκλωμα (π.χ. το κύκλωμα ενός πηνίου) αν αυξηθεί η συχνότητα της τάσης που τροφοδοτεί το κύκλωμα;

**ΑΣΚΗΣΕΙΣ**

1. Ένας ευθύγραμμος αγωγός μήκους 25 cm κινείται μέσα σε ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο μαγνητικής επαγωγής 0,8 T με ταχύτητα 10 m/s. Αν ο αγωγός “κόβει” κάθετα τις μαγνητικές γραμμές του πεδίου, πόση είναι η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται σε αυτόν;

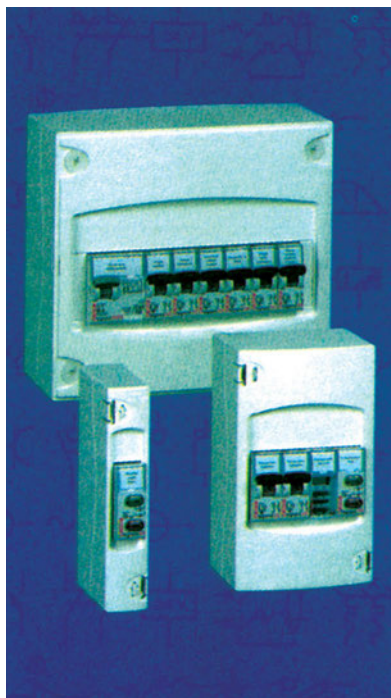
(Απάντηση: 2 V)

2. Ποια είναι η επαγωγική αντίσταση ενός πηνίου, με συντελεστή αυτεπαγωγής 0,3 H, στη συχνότητα 50 Hz; Ποια είναι η επαγωγική αντίσταση του ίδιου πηνίου στη συχνότητα 2 kHz (2000 Hz);

(Απάντηση: α) 94,2 Ω, β) 3768 Ω)

3. Να υπολογιστεί ο συντελεστής αυτεπαγωγής ενός πηνίου που έχει επαγωγική αντίσταση 471 Ω στη συχνότητα 100 Hz.

(Απάντηση: 0,75 H)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

6

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

- 6.1 Η ρευματοδότηση από τη ΔΕΗ
- 6.2 Δομή μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης
- 6.3 Αγωγοί
- 6.4 Σωλήνες
- 6.5 Διακόπτες
- 6.6 Ασφάλειες
- 6.7 Ρευματοδότες-Ρευματολήπτες
- 6.8 Πίνακες διανομής

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ΔΕΗ έχει την ευθύνη ρευματοδότησης των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.

Η ηλεκτρική εγκατάσταση κατασκευάζεται σύμφωνα με τους κανονισμούς ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, ώστε να παρέχει ασφάλεια κατά τη λειτουργία της.

Την κατασκευή μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης αναλαμβάνει ηλεκτρολόγος εγκατάστασης.

Τα βασικά στοιχεία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης (όπως υλικά, εξαρτήματα, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της, πρέπει να είναι εγκεκριμένα, σύμφωνα με την τυποποίηση του ΕΛ.Ο.Τ. (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης) και τις διεθνείς ηλεκτρολογικές ενώσεις (IEC, CENELEC).



Επιδιωκόμενοι στόχοι:

Με τη συμπλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου, θα μπορείτε:

- ☒ Να διακρίνετε τα διάφορα είδη παροχών και τα βασικά χαρακτηριστικά των παροχών.
- ☒ Να περιγράφετε τη δομή μιας πραγματικής ηλεκτρικής εγκατάστασης μετά από παρατήρηση και αναγνώριση των βασικών στοιχείων, που την αποτελούν και να διαβάζετε ένα απλό ηλεκτρολογικό σχέδιο μετά από αναγνώριση των τυποποιημένων ηλεκτρολογικών συμβόλων.
- ☒ Να γνωρίζετε τις τυποποιήσεις των βασικών ηλεκτρολογικών υλικών και εξαρτημάτων, ώστε να μπορείτε να προμηθεύσετε τέτοια υλικά και εξαρτήματα όταν απαιτούνται.
- ☒ Να πραγματοποιείτε με ακρίβεια και ασφάλεια τους χειρισμούς που απαιτούνται αναγνωρίζοντας τα όργανα προστασίας και ελέγχου και τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας τους.

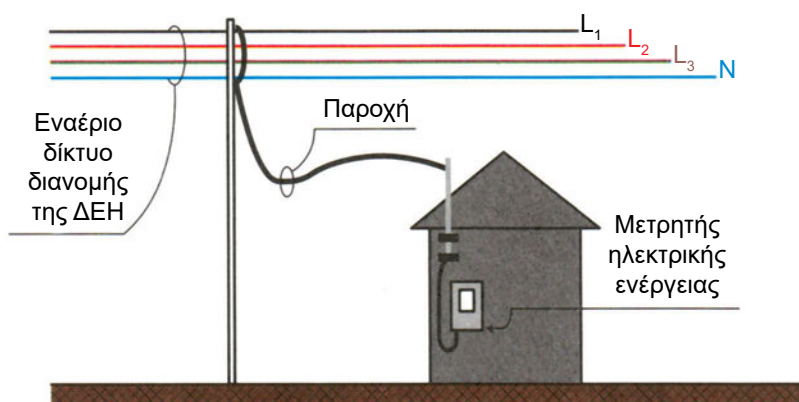
6.1 ΡΕΥΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ ΤΗ ΔΕΗ

6.1.1 Εναέρια, υπόγεια παροχή

– Το καλώδιο, που συνδέει το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ με την ηλεκτρική εγκατάσταση του καταναλωτή, ονομάζεται **παροχή**.

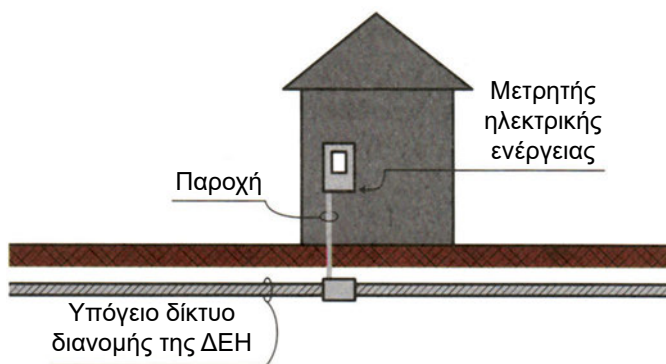
– Ανάλογα με τον τρόπο ρευματοδότησης διακρίνουμε:

α) Εναέρια παροχές, που τροφοδοτούνται από τα εναέρια δίκτυα διανομής (τις συναντούμε κυρίως στην επαρχία), σχήμα 6.1.1α.



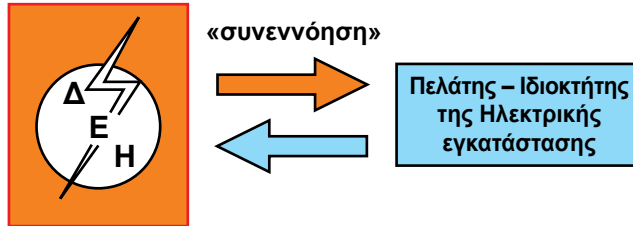
Σχήμα 6.1.1α Εναέρια παροχή

β) Υπόγειες παροχές, που τροφοδοτούνται από τα υπόγεια δίκτυα διανομής (τις συναντούμε κυρίως στις μεγάλες πόλεις) σχήμα 6.1.1β.



Σχήμα 6.1.1β Υπόγεια παροχή

– Το καλώδιο της παροχής αρχίζει από το δίκτυο διανομής της ΔΕΗ και καταλήγει στο **μετρητή** ηλεκτρικής ενέργειας του χρήστη της ηλεκτρικής εγκατάστασης.



– Η τοποθέτηση του μετρητή πραγματοποιείται από αρμόδιο τεχνικό της ΔΕΗ. Το είδος και η θέση του μετρητή καθορίζεται από τη ΔΕΗ, σε συνεννόηση με τον χρήστη της ηλεκτρικής εγκατάστασης.



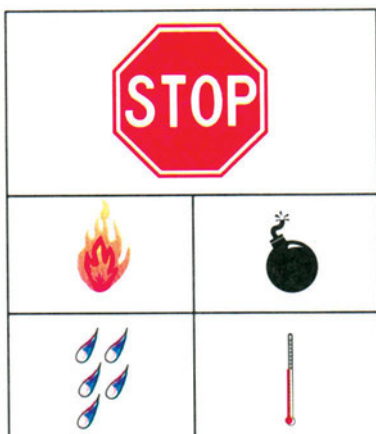
Φωτογραφία 6.1.1 Εναέριες παροχές και μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας

6.1.2 Κανονισμοί για τη σωστή θέση του μετρητή

Ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να τοποθετείται σε κατάλληλη θέση σύμφωνα με τους κανονισμούς. Οι συνθήκες του χώρου, στον οποίο είναι τοποθετημένος ο μετρητής, δεν πρέπει να διαφοροποιούνται από μελλοντικές εργασίες ή χρήσεις.

Συγκεκριμένα, δεν πρέπει ο μετρητής να είναι τοποθετημένος σε χώρους:

- α) που κινδυνεύουν από πυρκαγιά (π.χ. γκαράζ)
- β) που υπόκεινται σε εκρήξεις (π.χ. αποθήκη χρωμάτων ή καυσίμων)
- γ) που είναι υγροί ή βρεγμένοι (π.χ. πλυντήρια)
- δ) που επικρατεί υψηλή θερμοκρασία (π.χ. λεβητοστάσιο)

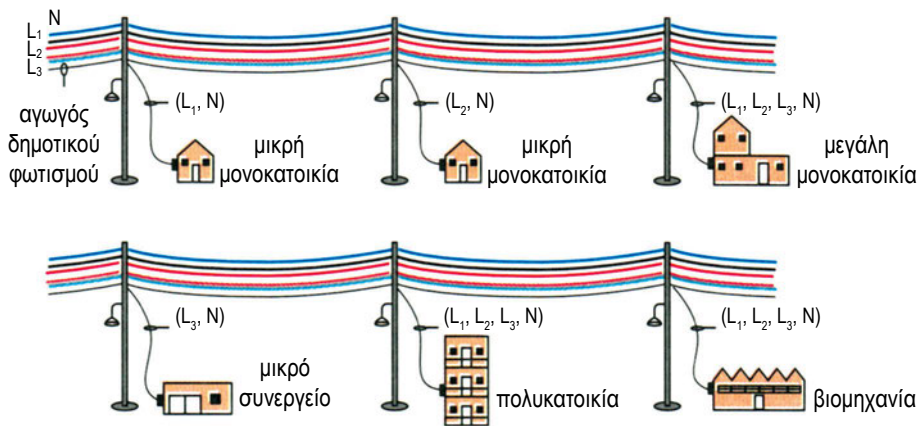


6.1.3 Μονοφασική, τριφασική παροχή

Η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται από το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης (Χ.Τ.) της Δ.Ε.Η. με τη βοήθεια τεσσάρων αγωγών, τρεις των φάσεων και ένας του ουδέτερου.

(ο πέμπτος αγωγός, που σημειώνεται στο σχήμα 6.1.3.α, χρησιμοποιείται για τη ρευματοδότηση του Δημοτικού φωτισμού).

– Οι τρεις φάσεις συμβολίζονται με τα τυποποιημένα γράμματα L_1 , L_2 , L_3 (παλαιότερος συμβολισμός R , S , T) και ο ουδέτερος με το τυποποιημένο γράμμα N (παλαιότερος συμβολισμός Mp). Τα χρώματα της μόνωσης των αγωγών είναι συνήθως για τις φάσεις: **μαύρο, κόκκινο, καφέ**. Η μόνωση του ουδέτερου αγωγού (N) έχει χρώμα **ανοικτό γαλάζιο** (παλαιότερα **γκρι**).



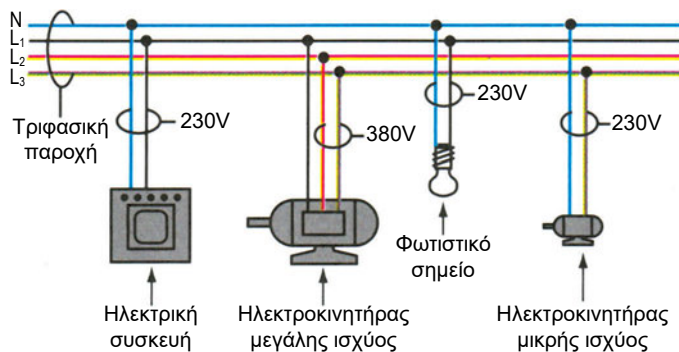
Σχήμα 6.1.3.α Μονοφασικές και τριφασικές παροχές

– Από αυτό το σύστημα (τρεις φάσεις και ουδέτερος) πραγματοποιείται η ρευματοδότηση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων με δυο είδη παροχών:

- α) τη μονοφασική παροχή** (μία φάση και ο ουδέτερος π.χ. L_1 , N ή L_2 , N ή L_3 , N).
- β) την τριφασική παροχή** (τρεις φάσεις και ο ουδέτερος π.χ. L_1 , L_2 , L_3 , N)

– Στη μονοφασική παροχή, η τάση ρευματοδότησης των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων είναι **230V** και ονομάζεται **φασική τάση**, ενώ στην τριφασική παροχή υπάρχει η δυνατότητα ρευματοδότησης:

- Τριφασικών καταναλώσεων (π.χ. ηλεκτροκινητήρων μεγάλης ισχύος), που απαιτούν τρεις φάσεις για τη λειτουργία τους. Η τάση μεταξύ δύο διαφορετικών φάσεων (π.χ. L_1 , L_2) είναι **380V** και ονομάζεται **πολική τάση**.
- Μονοφασικών καταναλώσεων (π.χ. φωτιστικών σημείων, κινητήρων μικρής ισχύος), που απαιτούν μια φάση και ουδέτερο για τη λειτουργία τους.



Σχήμα 6.1.3.β Τριφασική παροχή μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης με τριφασικές και μονοφασικές καταναλώσεις

6.1.4 Επιλογή της παροχής

– Για την επιλογή της κατάλληλης παροχής υπολογίζεται η μέγιστη ισχύς λειτουργίας (**KVA**) της ηλεκτρικής εγκατάστασης, σύμφωνα με τον τυποποιημένο πίνακα παροχών της ΔΕΗ (πίνακας 6.1.4).

KVA: μονάδα ηλεκτρικής ισχύος

Πίνακας 6.1.4 Τύποι παροχών

ΕΙΔΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ	Νο ΠΑΡΟΧΗΣ	ΙΣΧΥΣ (kVA)
ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ	01	5
	02	6
	03	8
	04	10
	05	12
ΤΡΙΦΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ	1	15
	2	23
	3	36
	4	55
	5	87
	6	140

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

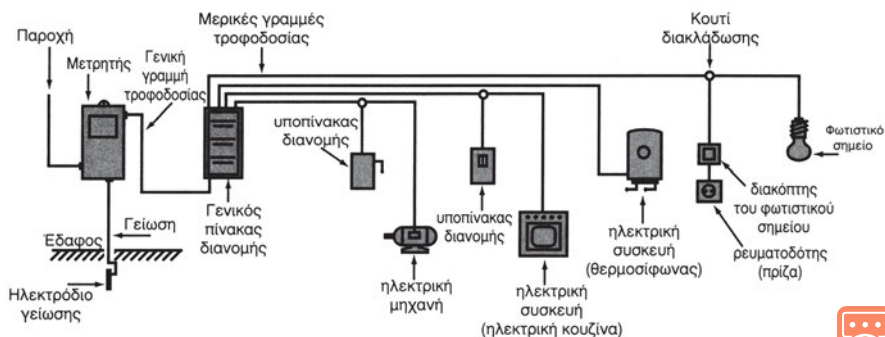
1. Αν μια μονοκατοικία έχει μέγιστη ισχύ λειτουργίας **8 KVA**, τότε η ΔΕΗ θα εγκαταστήσει **μονοφασική παροχή No 03**.
2. Αν ένα συνεργείο έχει μέγιστη ισχύ λειτουργίας **10 KVA**, τότε η ΔΕΗ θα εγκαταστήσει **μονοφασική παροχή No 04**, ενώ, αν έχει μέγιστη ισχύ λειτουργίας **15 KVA**, τότε η ΔΕΗ θα εγκαταστήσει **τριφασική παροχή No 1**.
3. Αν μια πολυκατοικία έχει μέγιστη ισχύ λειτουργίας **23 KVA**, τότε η ΔΕΗ θα εγκαταστήσει **τριφασική παροχή No 2**.

6.2 ΔΟΜΗ ΜΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

6.2.1 Περιγραφή

Κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση αποτελείται από τα εξής βασικά στοιχεία:

- α. Την **κύρια γραμμή τροφοδοσίας** (ή γενική γραμμή τροφοδοσίας), δηλαδή το καλώδιο, που αναχωρεί από το μετρητή της ΔΕΗ και καταλήγει στο **γενικό πίνακα** της ηλεκτρικής εγκατάστασης. (σχήμα 6.2.1)
- β. Το **γενικό πίνακα διανομής** της ηλεκτρικής εγκατάστασης, που είναι τοποθετημένος στο εσωτερικό του σπιτιού ή του συνεργείου και τους **υποπίνακες διανομής**.
- γ. Τις **μερικές γραμμές τροφοδοσίας**, που αναχωρούν από το γενικό πίνακα διανομής και καταλήγουν στα φωτιστικά σημεία, στις ηλεκτρικές συσκευές και μηχανές της ηλεκτρικής εγκατάστασης.
- ε. Τα **φωτιστικά σημεία, τις ηλεκτρικές συσκευές και μηχανές**.
- στ. Τις **διατάξεις γείωσης**.
- ζ. Τα **όργανα προστασίας και ελέγχου** της ηλεκτρικής εγκατάστασης (όπως διακόπτες, ασφάλειες, ρελέ προστασίας κ.λπ.).
- η. Τα **εξαρτήματα και υλικά** της ηλεκτρικής εγκατάστασης (όπως ρευματοδότες, κουτιά διακλάδωσης κ.λπ.).

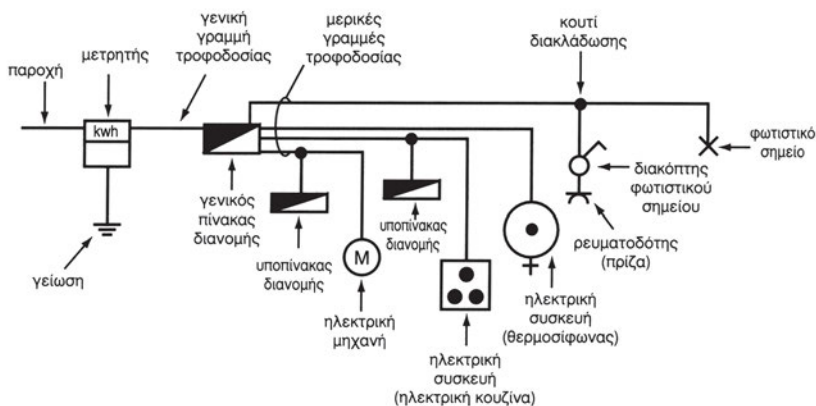


Σχήμα 6.2.1 Παραστατική σχεδίαση των βασικών στοιχείων μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης

6.2.2 Σύμβολα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

Επειδή είναι δύσκολο να σχεδιασθεί μια ηλεκτρική εγκατάσταση με τον τρόπο του σχήματος 6.2.1 έχουν καθιερωθεί **τυποποιημένα ηλεκτρολογικά σύμβολα**, με τα οποία σχεδιάζονται τα βασικά στοιχεία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Στο σχήμα 6.2.2 είναι σχεδιασμένη η ηλεκτρική εγκατάσταση του σχήματος 6.2.1 με **τυποποιημένα ηλεκτρολογικά σύμβολα**.

Ο τρόπος σχεδίασης του σχήματος 6.2.2 ονομάζεται **μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο**.



Σχήμα 6.2.2 Μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο

6.2.3 Απλό ηλεκτρικό κύκλωμα

– Ο χώρος, που φαίνεται στο σχήμα 6.2.3.α, φωτίζεται από ένα λαμπτήρα (φωτιστικό σημείο). Ο χειρισμός της λειτουργίας του λαμπτήρα πραγματοποιείται από το διακόπτη, που είναι τοποθετημένος δίπλα από την πόρτα εισόδου σε κατάλληλη προσιτή θέση.

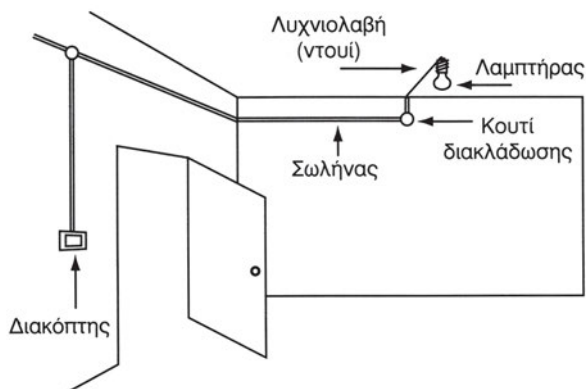
Ο λαμπτήρας τοποθετείται μέσα σε λυχνιολαβή (ντουί).

– Η συνδεσμολογία και η συρμάτωση αυτού του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος φαίνεται με παραστατικό τρόπο στο σχήμα 6.2.3.β. Παρατηρώντας το σχήμα 6.2.3.β διαπιστώνουμε ότι ο αγωγός της φάσης (L) συνδέεται στο διακόπτη.

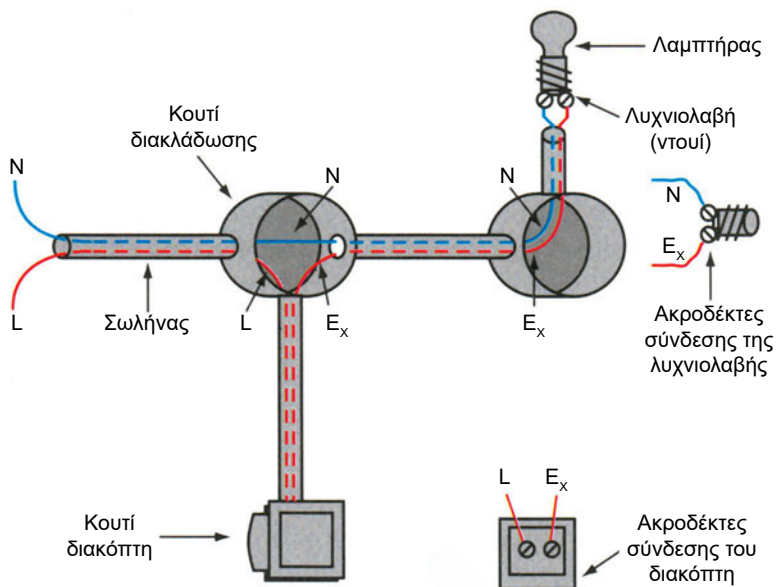


ΠΡΟΣΟΧΗ! Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο ο διακόπτης βρίσκεται πάντα υπό τάση, ανεξάρτητα αν είναι αναμμένος ή όχι ο λαμπτήρας.

Ο αγωγός σύνδεσης του διακόπτη με το λαμπτήρα-επιστροφή λαμπτήρα (**Ex**) συνδέεται στο ένα άκρο του με το διακόπτη και στο άλλο άκρο του με τη λυχνιολαβή. Ο ουδέτερος (N) συνδέεται στη λυχνιολαβή. Η λυχνιολαβή και ο διακόπτης έχουν δύο ακροδέκτες σύνδεσης, ώστε να είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες συνδέσεις των αγωγών.



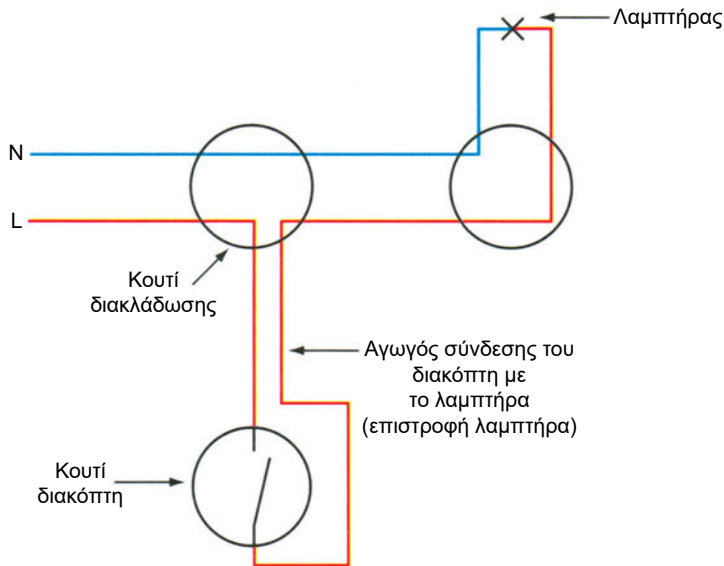
Σχήμα 6.2.3.α Απλό ηλεκτρικό κύκλωμα σε πραγματική μορφή



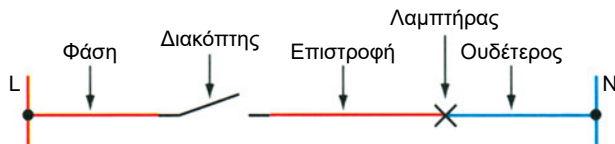
Σχήμα 6.2.3.β Παραστατική μορφή της συνδεσμολογίας

– Στο σχήμα 6.2.3.γ σημειώνεται το **πολυγραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο** αυτού του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. Τα στοιχεία του κυκλώματος παριστάνονται με ηλεκτρολογικά σύμβολα. Το πολυγραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο απεικονίζει τη συνδεσμολογία (συρμάτωση) του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος που γι' αυτό το λόγο ονομάζεται και **σχέδιο συρμάτωσης**.

– Στο σχήμα 6.2.3.δ σημειώνεται το **λειτουργικό ηλεκτρολογικό σχέδιο**. Με το πάτημα του διακόπτη περνά ρεύμα (κατά σειρά) από τη φάση στο διακόπτη, στην επιστροφή, στο λαμπτήρα και στον ουδέτερο, με αποτέλεσμα να ανάψει ο λαμπτήρας (κλειστό κύκλωμα).



Σχήμα 6.2.3.γ Πολυγραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο



Σχήμα 6.2.3.δ Λειτουργικό ηλεκτρολογικό σχέδιο

6.3 ΑΓΩΓΟΙ

6.3.1 Γενικά

Οι αγωγοί χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος και την τροφοδότηση των ηλεκτρικών μηχανών και συσκευών μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης.

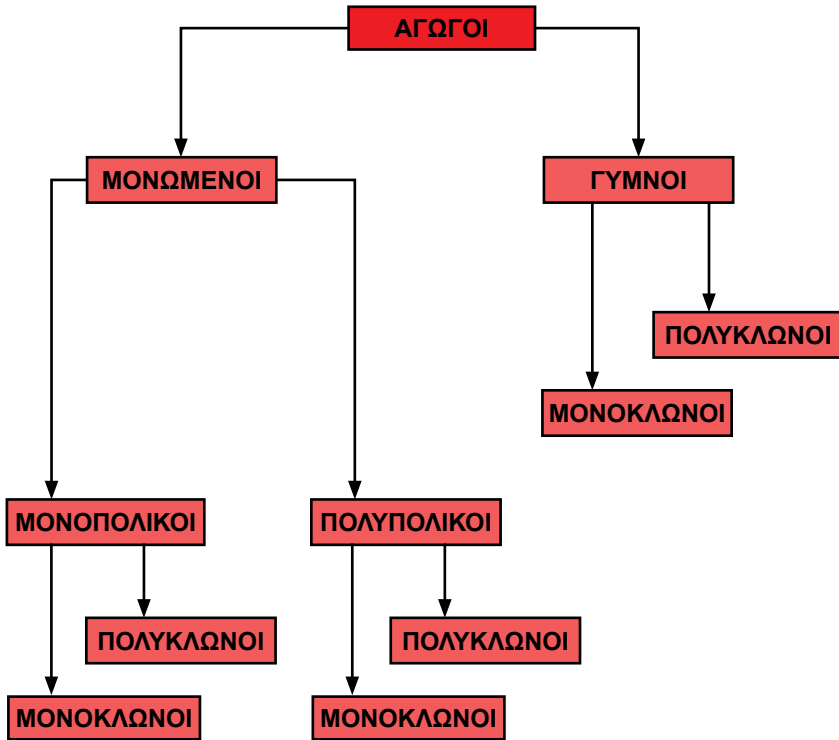
Διακρίνονται σε διάφορους τύπους ανάλογα με:

- α. το υλικό κατασκευής τους** π.χ. χάλκινοι-αλουμινένιοι
- β. το αν έχουν μόνωση ή όχι** π.χ. μονωμένοι-γυμνοί
- γ. το χρώμα της μόνωσής τους** π.χ. μαύρο-μπλε κ.λπ.
- δ. το υλικό της μόνωσής τους** π.χ. μόνωση σιλικόνης-πλαστικού
- ε. τον αριθμό των πόλων** π.χ. μονοπολικοί-τριπολικοί
- στ. τον αριθμό των κλώνων** π.χ. μονόκλωνοι-πολύκλωνοι
- ζ. τη διατομή τους** π.χ. $1,5\text{mm}^2$ - $2,5\text{mm}^2$ κ.λπ.

6.3.2 Συνοπτική παρουσίαση των αγωγών σχετικά με τη μόνωση, τον αριθμό των κλώνων και τον αριθμό των πόλων

Σύμφωνα με το διάγραμμα 6.3.2 διαπιστώνουμε ότι οι αγωγοί διακρίνονται σε μονωμένους και γυμνούς, σχετικά με το αν έχουν μόνωση ή όχι. Οι γυμνοί αγωγοί διακρίνονται σε μονόκλωνους και πολύκλωνους. Οι μονόκλωνοι κατασκευάζονται από έναν κλώνο (σύρμα) ενώ οι πολύκλωνοι κατασκευάζονται από πολλούς κλώνους (πίνακας 6.3.2). Οι πολύκλωνοι αγωγοί είναι πιο εύκαμπτοι από τους πολύκλωνους. Οι κανονισμοί προβλέπουν να είναι πολύκλωνοι οι αγωγοί με διατομή άνω των 16mm^2 (16 “καρέ”).

Οι μονωμένοι αγωγοί διακρίνονται σε μονοπολικούς και πολυπολικούς. Οι μονοπολικοί και οι πολυπολικοί διακρίνονται σε μονόκλωνους και πολύκλωνους (διάγραμμα 6.3.2).



Διάγραμμα 6.3.2 Διάκριση αγωγών

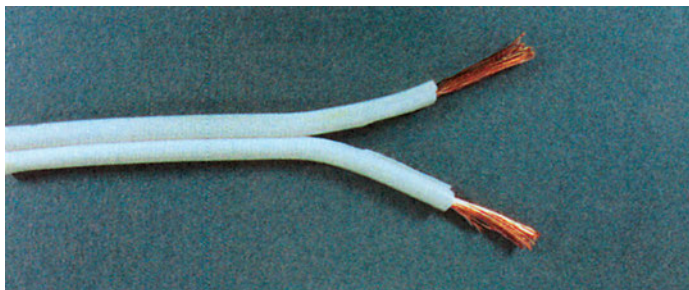
Δύο χαρακτηριστικοί τύποι μονωμένων πολυπολικών αγωγών είναι **τα καλώδια και οι σειρίδες**.

Οι διαφορές μιας σειρίδας από ένα καλώδιο είναι οι εξής:

- α) Οι κλώνοι της σειρίδας είναι πολύ λεπτότεροι από τους κλώνους του καλωδίου (συνεπώς οι σειρίδες είναι πιο εύκαμπτες από τα καλώδια).
- β) Η μόνωση της σειρίδας είναι λεπτότερη (και συνεπώς ελαφρότερη) από τη μόνωση του καλωδίου.



Φωτογραφία 6.3.2.α Διπολική πολύκλωνη σειρίδα με συνεστραμμένους πόλους



Φωτογραφία 6.3.2.β Διπολική πολύκλωνη σειράδα «πλακέ» (οροφής)

Στον παρακάτω πίνακα σημειώνονται (παραστατικά) διάφοροι βασικοί τύποι αγωγών, που χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και αντίστοιχα η περιγραφή τους.

Πίνακας 6.3.2. Διάφοροι τύποι αγωγών

ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
κλώνος	Γυμνός μονόκλωνος
μόνωση αγωγού	Μονωμένος μονόκλωνος
κλώνοι	Γυμνός πολύκλωνος
	Μονωμένος πολύκλωνος
	Καλώδιο με μονόκλωνους αγωγούς
	Καλώδιο με πολύκλωνους αγωγούς



Φωτογραφία 6.3.2.γ Εύκαμπτο καλώδιο ηλεκτροσυγκολήσεων

Το εύκαμπτο καλώδιο ηλεκτροσυγκολήσεων κατασκευάζεται από συρματίδια χαλκού, τα οποία είναι τυλιγμένα από μια διάφανη ταινία θερμοπλαστικής ύλης με ικανή επικάλυψη. Το εξωτερικό μονωτικό περίβλημα του καλωδίου είναι από ελαστικό. Στον διπλανό πίνακα σημειώνονται οι ονομαστικές διατομές των εύκαμπτων καλωδίων ηλεκτροσυγκολήσεων (σε mm²) και (αντίστοιχα) οι μέγιστες επιτρεπόμενες εντάσεις (σε A) για θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C και για διακεκομμένη λειτουργία.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΟΥ (σε mm ²)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΕΝΤΑΣΗ (σε A)
16	200
25	245
35	325
50	385
70	475
95	540

6.3.3 Πληροφορίες σχετικά με το υλικό και το χρώμα της μόνωσης των αγωγών

1. Ανάλογα με τις συνθήκες του χώρου, στον οποίο θα τοποθετηθούν οι αγωγοί, πρέπει το υλικό της μόνωσης να έχει κατάλληλη θερμική, μηχανική και ηλεκτρομονωτική αντοχή.

Συγκεκριμένα, κατασκευάζονται καλώδια που η μόνωση τους είναι:

α) από θερμοπλαστικό υλικό (P.V.C), έτσι ώστε το καλώδιο να έχει μικρό βάρος (αυτή η μόνωση θεωρείται απλή και είναι κατάλληλη για κανονικές συνθήκες).

β) ενισχυμένη από μεταλλική επένδυση (οπλισμός), έτσι, ώστε το καλώδιο να έχει κατάλληλη αντοχή σε ισχυρές μηχανικές καταπονήσεις

γ) από ελαστικό-σιλικόνη έτσι, ώστε το καλώδιο να έχει κατάλληλη αντοχή, αν τοποθετηθεί σε χώρους με υψηλές θερμοκρασίες (έως 180°C).

δ) κατασκευασμένη με θωράκιση από χαλκό και στρώση εξωτερικής επένδυσης από θερμοπλαστικό υλικό.

2. Τα χρώματα της μόνωσης των αγωγών είναι τυποποιημένα σύμφωνα με τους κανονισμούς και χρησιμοποιούνται ως εξής:

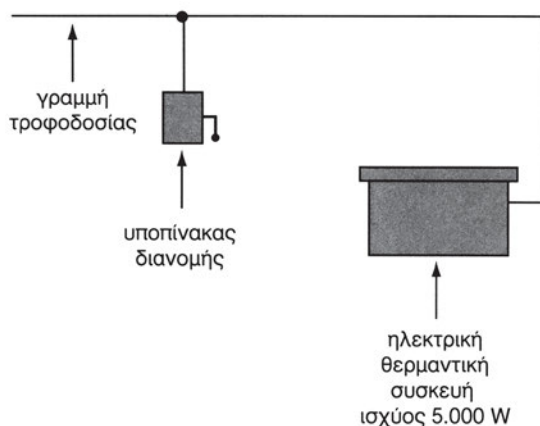
α) για τους αγωγούς φάσεων: **μαύρο, κόκκινο, καφέ.**

β) για τον ουδέτερο αγωγό: **ανοικτό γαλάζιο** (παλαιότερα γκρι)

γ) για τον αγωγό της γείωσης: **κίτρινο με πράσινη ρίγα** (παλαιότερα κίτρινο).

6.3.4 Προσδιορισμός της διατομής των αγωγών τροφοδοσίας για την ασφαλή λειτουργία της ηλεκτρικής εγκατάστασης

Στο σχήμα 6.3.4 φαίνεται η γραμμή τροφοδοσίας μιας ηλεκτρικής θερμαντικής συσκευής. Η ηλεκτρική ισχύς της θερμαντικής συσκευής είναι 5000W (5kW).



Σχήμα 6.3.4 Γραμμή τροφοδοσίας ηλεκτρικής συσκευής

Η γραμμή τροφοδοσίας είναι μονοφασική. Η τάση τροφοδοσίας της ηλεκτρικής θερμαντικής συσκευής είναι 230V. Μέσα από τους αγωγούς τροφοδοσίας, όταν λειτουργήσει η θερμαντική συσκευή, θα περάσει ηλεκτρικό ρεύμα έντασης 21,74A.

$$I = \frac{P}{U} \quad I = \frac{5000 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 21,74 \text{ A}$$

I = ένταση (σε A)

P = ισχύς (σε W)

U = τάση (σε V)

Από τον πίνακα 6.3.4 παρατηρούμε ότι η κατάλληλη τυποποιημένη διατομή των αγωγών τροφοδοσίας πρέπει να είναι τουλάχιστον 4mm². Η διατομή των 2,5mm² δεν είναι κατάλληλη, γιατί αντιστοιχεί σε μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση 20A.

Πίνακας 6.3.4 Τυποποιημένες διατομές-Μ.Ε.Ε.*

ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΟΥ σε mm ²	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΕΝΤΑΣΗ (Μ.Ε.Ε.) σε Α
0.75	9
1	11
1.5	14
2.5	20
4	25
6	33
10	43
16	60
25	83
35	100
50	127
70	147
95	181
120	208
150	238
185	266
240	310
300	355

* Σημείωση: Οι πίνακες που δίνουν τη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση για κάθε τυποποιημένη διατομή, αναφέρονται σε συγκεκριμένους τύπους αγωγών και σε συγκεκριμένες συνθήκες εγκατάστασης και λειτουργίας τους.

Σε περίπτωση που οι αγωγοί τροφοδοσίας έχουν μικρότερη διατομή από την κατάλληλη τυποποιημένη διατομή, υπερθερμαίνονται και είναι πιθανόν να καταστραφεί (λιώσει) η μόνωσή τους.



Αν καταστραφεί η μόνωση των αγωγών υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να προκληθεί πυρκαγιά ή και ηλεκτροπληξία.

6.4 ΣΩΛΗΝΕΣ

6.4.1 Γενικά

Ο τύπος των μονωμένων αγωγών τροφοδοσίας που χρησιμοποιούνται για τη ρευματοδότηση των ηλεκτρικών συσκευών και μηχανών μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης έχει απλή μόνωση που παρουσιάζει μικρή μηχανική αντοχή. Γι' αυτό το λόγο οι αγωγοί τροφοδοσίας τοποθετούνται μέσα σε σωλήνες που τους προστατεύουν από διάφορες μηχανικές ζημιές, όπως είναι π.χ. η καταστροφή της μόνωσής τους από ένα αιχμηρό αντικείμενο.

Οι σωλήνες διακρίνονται σε διάφορους τύπους, ανάλογα με:

α. το υλικό κατασκευής τους π.χ. πλαστικοί μεταλλικοί

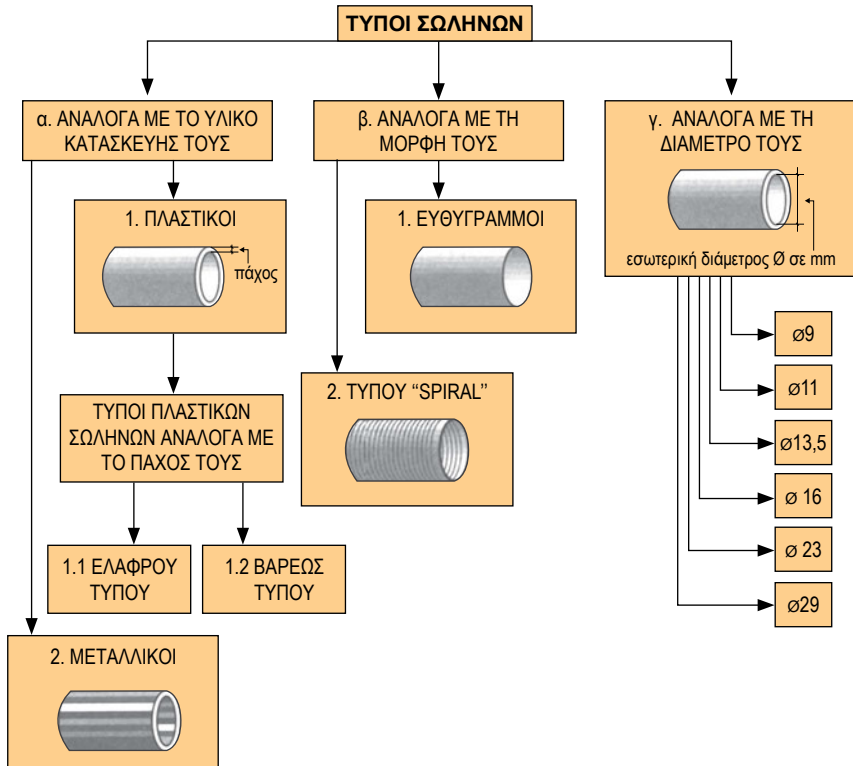
β. τη μορφή τους π.χ. ευθύγραμμοι-“σπιράλ”

γ. τη διάμετρό τους π.χ. Φ11 - Φ13,5 κ.λπ.

δ. το πάχος τους π.χ. ελαφρού τύπου - βαρέος τύπου (αυτή η διάκριση γίνεται για τον τύπο των πλαστικών σωλήνων).

6.4.2 Συνοπτική παρουσίαση των σωλήνων

Στο διάγραμμα 6.4.2 σημειώνονται οι τύποι σωλήνων, οι ονομασίες τους και η παραστατική τους μορφή.



Διάγραμμα 6.4.2 Τύποι σωλήνων

Σημείωση: Οι πλαστικοί και οι μεταλλικοί σωλήνες κατασκευάζονται ευθύγραμμοι και "σπирάλ".

6.4.3 Πληροφορίες σχετικά με το υλικό κατασκευής και τη μορφή κάθε τύπου σωλήνα

1. Πλαστικοί ευθύγραμμοι και "σπирάλ" (εύκαμπτοι) σωλήνες ελαφρού τύπου: Κατασκευάζονται από πλαστικό μικρού πάχους. Τοποθετούνται χωνευτοί κάτω από το επίχρισμα (σοβά) των τοίχων και σε χώρους με ήπιες μηχανικές καταπονήσεις. Στα τμήματα που οι αγωγοί τροφοδοσίας ακολουθούν ευθύγραμμη πορεία, τοποθετούνται οι ευθύγραμμοι σωλήνες, ενώ στα τμήματα, που οι αγωγοί τροφοδοσίας δεν ακολουθούν ευθύγραμμη πορεία, τοποθετούνται οι σωλήνες τύπου "σπирάλ".

2. Πλαστικοί ευθύγραμμοι και "σπирάλ" σωλήνες βαρέος τύπου: Κατασκευάζονται από πλαστικό πάχους μεγαλύτερου από το πάχος, που

έχουν οι πλαστικοί σωλήνες ελαφρού τύπου. Ανάλογα με την πορεία που ακολουθούν οι αγωγοί τροφοδοσίας (ευθύγραμμη ή μη), χρησιμοποιούνται αντίστοιχα ευθύγραμμοι σωλήνες ή τύπου “σπирάλ”. Τοποθετούνται χωνευτοί κάτω από το επίχρισμα (σοβά) των τοίχων ή χωνευτοί μέσα στο σκυρόδεμα ή ορατοί πάνω από το επίχρισμα (σοβά) των τοίχων και σε χώρους, που χαρακτηρίζονται από υψηλές καταπονήσεις και απαιτούν αυξημένα μέτρα προστασίας.

3. Πλαστικοί ευθύγραμμοι σωλήνες από σκληρό PVC (θερμοπλαστικοί).

Κατασκευάζονται από σκληρό θερμοπλαστικό (PVC), πάχους 3 mm τουλάχιστον. Οι σωλήνες αυτοί δεν κατασκευάζονται σε μορφή “σπирάλ”, γιατί το σκληρό PVC είναι δύσκαμπτο υλικό.

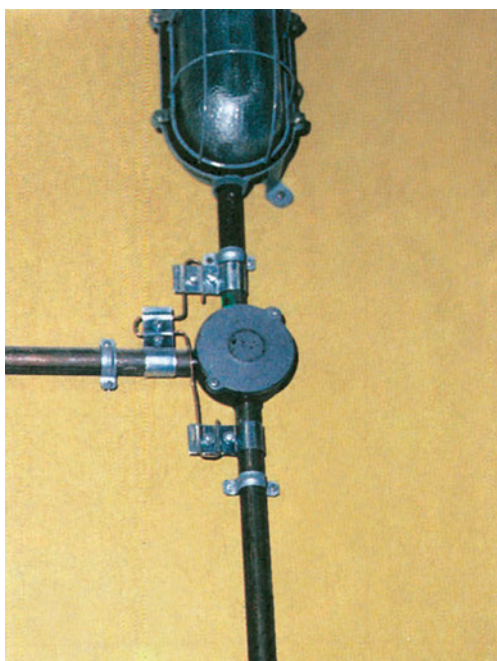
Τοποθετούνται υπόγεια μέσα στο έδαφος ή χωνευτά κάτω από το επίχρισμα (σοβά) των τοίχων ή μέσα στο σκυρόδεμα ή ορατά πάνω από το επίχρισμα (σοβά) των τοίχων και γενικά τοποθετούνται σε χώρους, που χαρακτηρίζονται από υψηλές καταπονήσεις.

4. Μεταλλικοί σωλήνες τύπου σπирάλ με ελικοειδή σπλισμό (“φλέξιμπλ”). Χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, για τη μηχανική προστασία των αγωγών τροφοδοσίας των ηλεκτρικών μηχανών και σε χώρους, που χαρακτηρίζονται από υψηλές μηχανικές καταπονήσεις.

5. Μεταλλικοί (χαλύβδινοι) ευθύγραμμοι και “σπирάλ” σωλήνες. Κατασκευάζονται από χάλυβα, πάχους 1 mm τουλάχιστον. Στο εσωτερικό του χαλύβδινου σωλήνα τοποθετείται ένας δεύτερος σωλήνας από χαρτί ποτισμένο με μονωτικές ουσίες. Ανάλογα με την πορεία που ακολουθούν οι αγωγοί τροφοδοσίας (ευθύγραμμοι ή μη) χρησιμοποιούνται, αντίστοιχα, ευθύγραμμοι σωλήνες ή σωλήνες τύπου σπирάλ. Τοποθετούνται, χωνευτοί ή ορατοί, σε χώρους, που χαρακτηρίζονται από υψηλές καταπονήσεις.



Φωτογραφία 6.4.3.α Ορατή εγκατάσταση με ευθύγραμμους πλαστικούς σωλήνες βαρέος τύπου



Φωτογραφία 6.4.3.β Ορατή εγκατάσταση με χαλυβδοσωλήνες

6.4.4 Προσδιορισμός της διαμέτρου του σωλήνα ανάλογα με τον επιτρεπόμενο αριθμό και τη διατομή των διερχομένων αγωγών

Στον πίνακα 6.4.4 σημειώνονται οι εσωτερικοί διάμετροι των σωλήνων, σχετικά με τον αριθμό και τη διατομή των διερχομένων αγωγών, σύμφωνα με τους κανονισμούς ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Αν, για παράδειγμα, πρόκειται να τοποθετήσουμε τρεις αγωγούς, ο καθένας από τους οποίους έχει διατομή 6 mm² μέσα σε ορατό σωλήνα (δηλαδή σωλήνα που τοποθετείται πάνω στο επίχρισμα του τοίχου), τότε, σύμφωνα με τον πίνακα 6.4.4, πρέπει να επιλέξουμε σωλήνα Φ 16mm.

Πίνακας 6.4.4 Διάμετροι σωλήνων-αριθμός, διατομή αγωγών

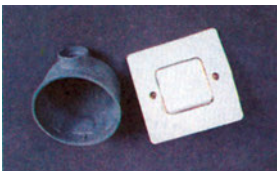
Διατομή αγωγών σε mm ²	Εσωτερική διάμετρος σωλήνων σε mm	
	Ορατοί σωλήνες	Χωνευτοί σωλήνες
1 x 1	9	11
1 x 1,5	9	11
1 x 2,5	9	11
1 x 4	11	11
1 x 6	11	11
1 x 10	11	11
1 x 16	13,5	13,5
2 x 1	9	11
2 x 1,5	11	13,5
2 x 2,5	13,5	16
2 x 4	13,5	16
2 x 6	16	16
2 x 10	23	23
2 x 16	23	23
3 x 1	11	11
3 x 1,5	13,5	16
3 x 2,5	13,5	16
π.χ. → 3 x 4	επιλογή → 16	23
3 x 6	16	23
3 x 10	23	23
3 x 16	29	29
4 x 1	13,5	13,5
4 x 1,5	13,5	16
4 x 2,5	16	16
4 x 4	16	23
4 x 6	23	23
4 x 10	29	29
4 x 16	29	29
5 x 1	13,5	13,5
6 μέχρι 7 x 1	16	16
8 μέχρι 12 x 1	23	23
5 μέχρι 7 x 1,5	16	16
8 μέχρι 12 x 1,5	23	23

6.4.5 Διάφορα εξαρτήματα των σωλήνων

Στον πίνακα 6.4.5 διακρίνονται τα εξαρτήματα των πλαστικών σωλήνων ως προς τη μορφή, την ονομασία και τη χρήση τους.

Αντίστοιχα εξαρτήματα υπάρχουν και για τους μεταλλικούς σωλήνες.

Πίνακας 6.4.5 Διάφορα παρελκόμενα εξαρτήματα των σωλήνων

ΜΟΡΦΗ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΧΡΗΣΗ
	Μούφα (Σύνδεσμος)	Χρησιμοποιείται για τις συνδέσεις των σωλήνων στο σημείο στο οποίο οι σωλήνες δεν αλλάζουν διεύθυνση.
	Καμπύλη	Χρησιμοποιείται για τις συνδέσεις των σωλήνων στο σημείο στο οποίο οι σωλήνες αλλάζουν διεύθυνση.
	Κολλάρο	Χρησιμοποιείται για τη στήριξη των σωλήνων σε ορατές εγκαταστάσεις.
	Κουτί διακλάδωσης	Χρησιμοποιείται για τις διακλαδώσεις των αγωγών και για τη σύνδεση των σωλήνων.
	Κουτί τέρματος ή κουτί διακόπτη - ρευματοδότη	Χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση του διακόπτη ή του ρευματοδότη.

6.5 ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ

6.5.1 Γενικά

Διακόπτης είναι η γενική ονομασία κάθε διάταξης, που διακόπτει και αποκαθιστά (δηλαδή ξανασυνδέει) τη συνέχεια του κυκλώματος.

Οι διακόπτες διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες όπως

α) διακόπτες φωτισμού

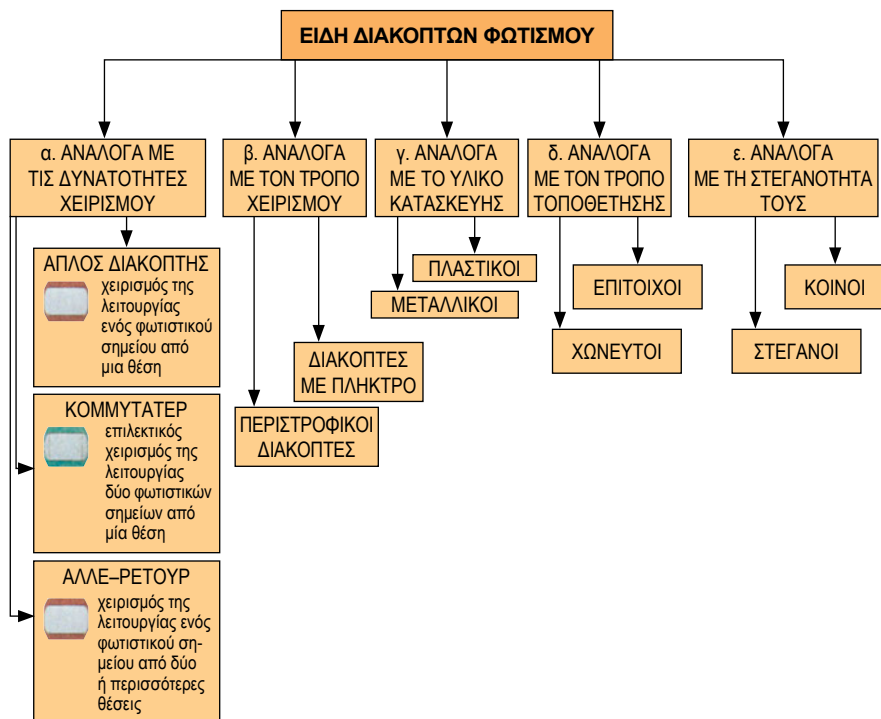
β) διακόπτες πινάκων

γ) διακόπτες επαγγελματικής-βιομηχανικής χρήσης

δ) αυτόματοι διακόπτες (βλέπε παράγραφο 8.5).

6.5.2 Διακόπτες Φωτισμού

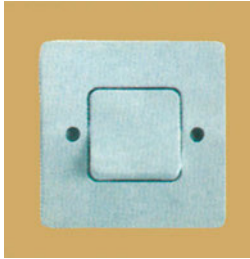
Οι διακόπτες φωτισμού χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της λειτουργίας των φωτιστικών σημείων και διακρίνονται σε διάφορους τύπους, όπως σημειώνεται στο διάγραμμα 6.5.2.



Διάγραμμα 6.5.2 Είδη διακοπών φωτισμού

6.5.3 Διάφοροι τύποι διακοπών φωτισμού

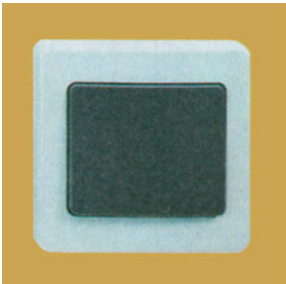
Στις παρακάτω φωτογραφίες (6.5.3.α, 6.5.3.β, 6.5.3.γ, 6.5.3.δ και 6.5.3.ε) διακρίνονται τα χαρακτηριστικά στοιχεία της εξωτερικής μορφής απλών διακοπών φωτισμού σε σχέση με τον τρόπο τοποθέτησής τους, τη στεγανότητά τους και το υλικό κατασκευής τους.



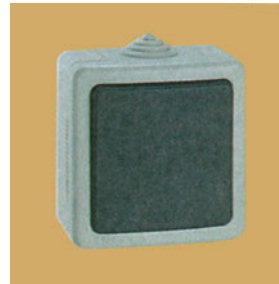
Φωτογραφία 6.5.3.α Κοινός (μη στεγανός), χωνευτός, πλαστικός διακόπτης με πλήκτρο



Φωτογραφία 6.5.3.β Κοινός (μη στεγανός), επίτοιχος, πλαστικός διακόπτης με πλήκτρο



Φωτογραφία 6.5.3.γ Στεγανός, χωνευτός, πλαστικός διακόπτης με πλήκτρο



Φωτογραφία 6.5.3.δ Στεγανός, επίτοιχος, πλαστικός διακόπτης με πλήκτρο

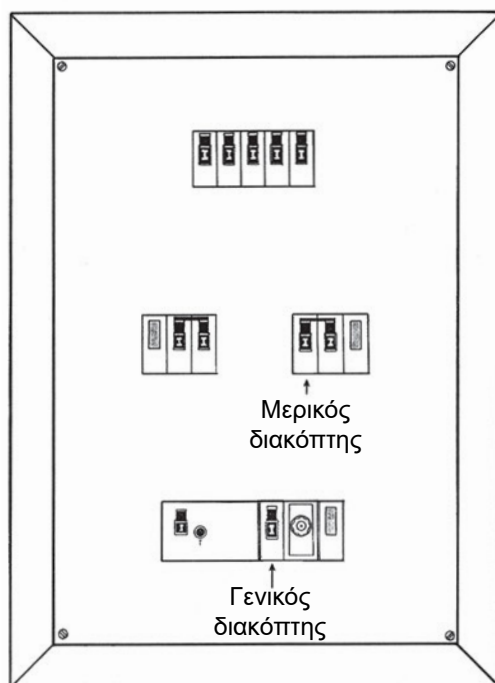


Φωτογραφία 6.5.3.ε Στεγανός, επίτοιχος, μεταλλικός, περιστροφικός διακόπτης

6.5.4 Διακόπτες πινάκων

Οι διακόπτες πινάκων τοποθετούνται στους πίνακες και υποπίνακες διανομής μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και παρέχουν τη δυνατότητα χειρισμού όσον αφορά τη λειτουργία των γραμμών τροφοδοσίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Στο σχήμα 6.5.4 σημειώνονται οι μερικοί διακόπτες και ο γενικός διακόπτης του γενικού πίνακα διανομής. Με το γενικό διακόπτη διακόπτουμε-επανασυνδέουμε τη γενική γραμμή τροφοδοσίας, ενώ με το μερικό διακόπτη διακόπτουμε-επανασυνδέουμε τη γραμμή τροφοδοσίας. Επειδή έχουν την ίδια εξωτερική μορφή με τις ασφάλειες, είναι σημειωμένο στη μετώπη τους το σύμβολο του διακόπτη, (: —) για να μπορούμε να τους διακρίνουμε.

Σημείωση: Οι διακόπτες που είναι τοποθετημένοι σε υποπίνακες θεωρούνται μερικοί διακόπτες.



Σχήμα 6.5.4 Γενικός πίνακας

Ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών που διακόπτουν - επανασυνδέουν διακρίνονται σε **μονοπολικούς, διπολικούς, τριπολικούς και τετραπολικούς**, όπως σημειώνονται στον πίνακα 6.5.4.

Πίνακας 6.5.4 *Είδη διακοπών πινάκων*

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ	ΧΡΗΣΗ
Μονοπολική		Διακοπή και επανασύνδεση μιας φάσης
Διπολική		Διακοπή και επανασύνδεση μιας φάσης και του ουδέτερου
Τριπολική		Διακοπή και επανασύνδεση των τριών φάσεων
Τετραπολική		Διακοπή και επανασύνδεση των τριών φάσεων και του ουδέτερου

Ανάλογα με την ένταση και την τάση της γραμμής τροφοδοσίας, διακρίνονται σε διακόπτες **ονομαστικής έντασης 25Α, 40Α, 63Α, 80Α, 100Α** και **ονομαστικής τάσης 230V, 380V**.

6.5.5 Γενική περιγραφή διακοπών επαγγελματικής χρήσης

1. **Διακόπτης αστέρα-τριγώνου:** Χρησιμοποιείται για την ομαλή εκκίνηση κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.
2. **Διακόπτης αναστροφής:** Χρησιμοποιείται για την αναστροφή της φοράς περιστροφής των τριφασικών κινητήρων.
3. **Διακόπτης διπλής ενέργειας:** Χρησιμοποιείται κυρίως για δύο περιπτώσεις:
 - α) εναλλακτική τροφοδότηση μιας κατανάλωσης ή από τη ΔΕΗ ή από ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος.
 - β) εναλλακτική τροφοδότηση δύο καταναλώσεων από τη ΔΕΗ.
4. **Διακόπτης αλλαγής πόλων:** Χρησιμοποιείται για την επιλογή της ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων με δύο ταχύτητες περιστροφής (χαμηλή ταχύτητα-υψηλή ταχύτητα).

6.6 ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ

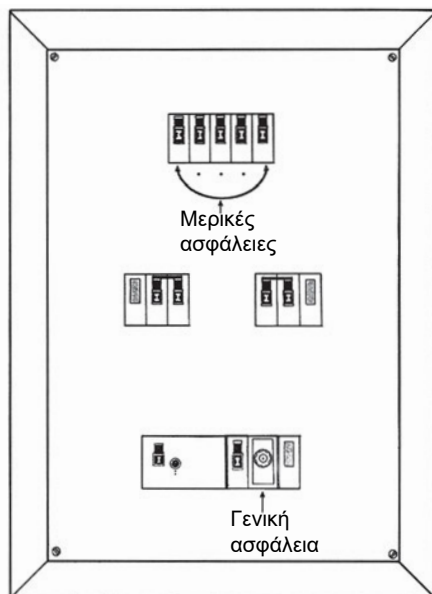
6.6.1 Γενικά

Οι ασφάλειες τοποθετούνται στο γενικό πίνακα διανομής της ηλεκτρικής εγκατάστασης και προστατεύουν την ηλεκτρική εγκατάσταση από τις επικίνδυνες εντάσεις υπερφόρτωσης και βραχυκυκλώματος, που ενδέχεται να εμφανισθούν στην ηλεκτρική εγκατάσταση.

Στο σχήμα 6.6.1 σημειώνεται **η γενική ασφάλεια και οι μερικές ασφάλειες**.

Η γενική ασφάλεια τοποθετείται στη γενική γραμμή τροφοδοσίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης και οι μερικές ασφάλειες τοποθετούνται στις μερικές γραμμές τροφοδοσίας μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης.





Σχήμα 6.6.1 Γενικός πίνακας διανομής

6.6.2 Βραχυκύκλωμα, υπερφόρτωση

Βραχυκύκλωμα ονομάζεται το κύκλωμα που έχει πολύ μικρή αντίσταση (βραχύ = μικρό). Σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση, όταν έλθουν σε επαφή δύο ρευματοφόρα σημεία, που βρίσκονται υπό τάση (π.χ. σημείο φάσης και σημείο ουδετέρου) και η ηλεκτρική αντίσταση που παρεμβάλλεται ανάμεσά τους είναι μικρή (όπως συμβαίνει με την αντίσταση των αγωγών φάσης και ουδετέρου), τότε η ένταση του ρεύματος θα είναι μεγάλη, σύμφωνα με το Νόμο του Ohm: $I = U / R$. Αυτή η ένταση ονομάζεται **ένταση βραχυκυκλώματος και είναι επικίνδυνη για την πρόκληση πυρκαγιάς**, λόγω της θερμότητας που αναπτύσσεται από τη μεγάλη ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος (φαινόμενο Joule).

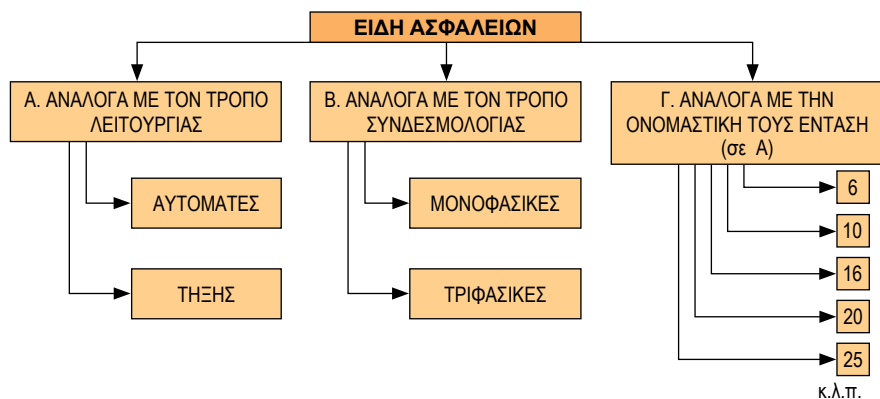
Υπερφόρτωση ή υπερένταση ονομάζεται η μεγαλύτερη ένταση λειτουργίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης, συγκριτικά με την ένταση κανονικής λειτουργίας.

Η ασφάλεια στην περίπτωση βραχυκυκλώματος διακόπτει τη ρευματοδότηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης σε ελάχιστο χρονικό διάστημα.

Σε περίπτωση υπερφόρτωσης, η ασφάλεια θα διακόψει τη ρευματοδότηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, ανάλογα με το μέγεθος της υπερφόρτωσης και το χρόνο κατά τον οποίο αυτή (η υπερφόρτωση) συνεχίζει να υπάρχει στους αγωγούς τροφοδοσίας.

6.6.3 Είδη ασφαλειών

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 6.6.3 οι ασφάλειες διακρίνονται σε διάφορα είδη.

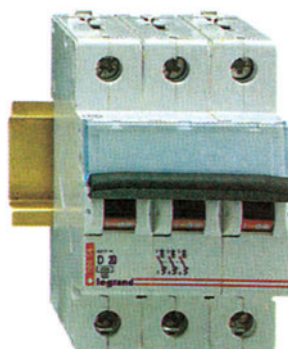


Διάγραμμα 6.6.3 Είδη ασφαλειών

- Οι αυτόματες ασφάλειες διακρίνονται σε:
 - μονοφασικές (φωτογραφία 6.6.3.α) και σε
 - τριφασικές (φωτογραφία 6.6.3.β).



Φωτογραφία 6.6.3.α Μονοφασική αυτόματη ασφάλεια



Φωτογραφία 6.6.3.β Τριφασική αυτόματη ασφάλεια

- Οι ασφάλειες τήξης διακρίνονται σε:
 - Βιδωτές (φωτογραφία 6.6.3.γ),
 - Μαχαιρωτές (φωτογραφία 6.6.3.δ) και
 - Κυλινδρικές (φωτογραφία 6.6.3.ε).



Φωτογραφία 6.6.3.γ
Βιδωτή ασφάλεια

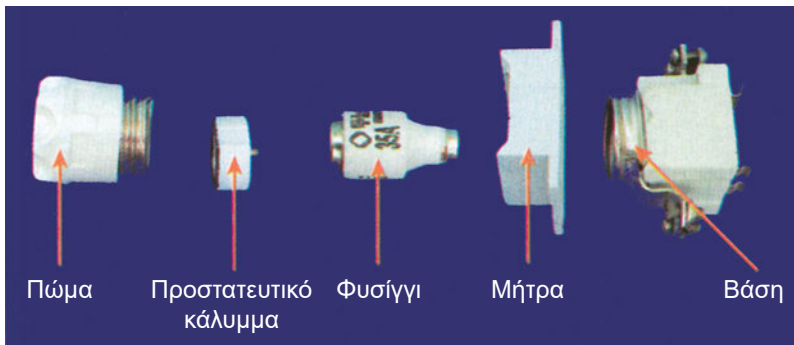


Φωτογραφία 6.6.3.δ
Μαχαιρωτή ασφάλεια



Φωτογραφία 6.6.3.ε
Κυλινδρική ασφάλεια

- Ο τύπος των βιδωτών ασφαλειών είναι ευρύτερα γνωστός, γιατί τοποθετείται ως γενική ασφάλεια στο γενικό πίνακα διανομής μιας κατοικίας.
- Η βιδωτή ασφάλεια περιλαμβάνει τα εξής μέρη: πώμα, προστατευτικό κάλυμμα, φυσίγγι, μήτρα και βάση (φωτογραφία 6.6.3.ζ).



Φωτογραφία 6.6.3.ζ *Τα μέρη μιας βιδωτής ασφάλειας*

6.6.4 Προσδιορισμός της κατάλληλης ασφάλειας για μια γραμμή τροφοδοσίας

Σήμερα οι κανονισμοί επιτρέπουν τη χρησιμοποίηση ασφαλειών με ονομαστική ένταση το πολύ ίση με τη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση των αγωγών. Παλαιότερα ο προσδιορισμός της κατάλληλης ασφάλειας γινόταν με βάση τον πίνακα 6.6.4.

Πίνακας 6.6.4 Πίνακας στοιχείων για τον προσδιορισμό της κατάλληλης ασφάλειας

Διατομή αγωγού (mm ²)	Μέγιστη επ. ένταση (A)	Φυσίγγι ασφάλειας (A)	Βάσεις ασφάλειας (A)	Χρώμα δείκτη και μήτρας
1	11	6	25A 500V	πράσινο
1,5	14	10		κόκκινο
2,5	20	16 (20)		γκρι
4	25	20 (25)		μπλε
6	33	25		κίτρινο
10	43	35	63A 500V	μαύρο
16	60	60 (63)		άσπρο
25	83	63		χαλκόχρωμο
35	100	80	100A-500V Γολιάθ	ασημί
50	125	100		κόκκινο



ΟΔΗΓΙΑ: Ποτέ δεν πρέπει το τηκτό νήμα του φυσίγγιού μιας ασφάλειας, όταν καεί, να αντικατασταθεί με οποιοδήποτε λεπτό συρματίδιο ή αλουμινόχαρτο, γιατί τότε η ασφάλεια μόνο προστασία δεν παρέχει. Πάντοτε θα αντικαθίσταται το καμένο φυσίγγι με άλλο της ίδιας ονομαστικής έντασης.

6.7 ΡΕΥΜΑΤΟΔΟΤΕΣ – ΡΕΥΜΑΤΟΛΗΠΤΕΣ

6.7.1 Γενικά

Οι ρευματοδότες-ρευματολήπτες αποτελούν διατάξεις για την τροφοδότηση φωτιστικών σημείων, ηλεκτρικών συσκευών και μηχανών, των οποίων απαιτείται συχνά η σύνδεση και αποσύνδεσή τους από τη γραμμή τροφοδοσίας.

Κάθε τύπος ρευματοδότη (πρίζα) αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο τύπο ρευματολήπτη (φισ).

Οι ρευματοδότες-ρευματολήπτες διακρίνονται σε διάφορα είδη, ανάλογα με:

- α. Το υλικό κατασκευής τους π.χ. πλαστικοί-μεταλλικοί
- β. Τη στεγανότητά τους π.χ. κοινοί-στεγανοί
- γ. Τον τρόπο τοποθέτησής τους π.χ. χωνευτοί-εξωτερικοί
- δ. Την ονομαστική τους ένταση π.χ. 6Α, 10Α, 16Α κτλ.
- ε. Την ονομαστική τους τάση π.χ. 230V, 380V, 500V κτλ.

6.7.2 Βιομηχανικοί ρευματοδότες και ρευματολήπτες

Οι βιομηχανικοί ρευματοδότες-ρευματολήπτες κατασκευάζονται σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα τυποποίησης έτσι, ώστε όλα τα μηχανήματα βιομηχανικής χρήσης, που κατασκευάζονται σε μια ευρωπαϊκή χώρα, να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σ' όλη την Ευρώπη, χωρίς να υπάρχει πρόβλημα αλλαγής των ρευματοληπτών.



Φωτογραφία 6.7.2.α
Εξωτερικός βιομηχανικός
ρευματοδότης



Φωτογραφία 6.7.2.β
Φορητός βιομηχανικός
ρευματοδότης τύπου
μπαλαντέζας



Φωτογραφία 6.7.2.γ
Φορητός βιομηχανικός
ρευματοδότης – ρευματο-
λήπτης τύπου μπαλαντέζας

Σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα τυποποίησης, έχουν καθιερωθεί πέντε διαφορετικά χρώματα για τα περιβλήματα των ρευματοδοτών-ρευματοληπτών, ανάλογα με την τάση: **μωβ για τα 24V, άσπρο για τα 42V, κίτρινο για τα 110V, μπλε για τα 230V και κόκκινο για τα 380V.**



6.8 ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

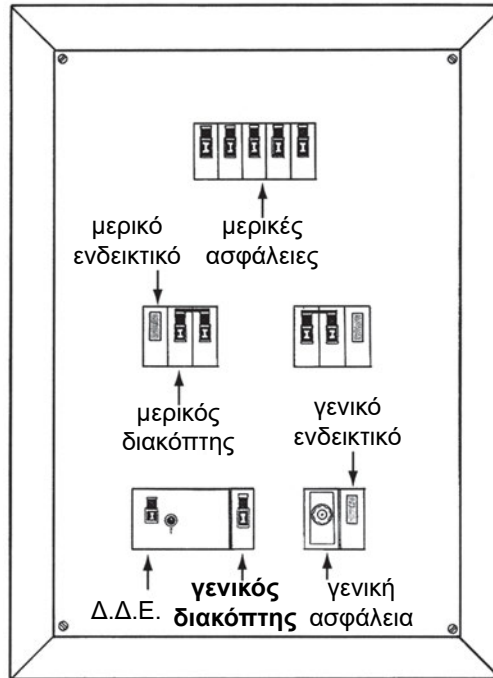
6.8.1 Γενικά

Οι πίνακες διανομής μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης διακρίνονται, όπως ήδη έχουμε γνωρίσει στην παράγραφο 6.2 σε: γενικούς πίνακες και υποπίνακες διανομής.

Ο γενικός πίνακας μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης αποτελεί την “καρδιά” της ηλεκτρικής εγκατάστασης και περιλαμβάνει:

- α. **το Διακόπτη Διαφυγής Έντασης**, που διακόπτει αυτόματα τη ρευματοδότηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης (γενική γραμμή) σε περίπτωση διαφυγής (διαρροής) της έντασης.
- β. **τη γενική ασφάλεια**, που διακόπτει τη ρευματοδότηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης (γενική γραμμή), σε περίπτωση βραχυκυκλώματος ή υπερφόρτωσης πάνω στη γενική γραμμή.
- γ. **το γενικό διακόπτη** που παρέχει τη δυνατότητα να πραγματοποιηθεί με χειρισμό η διακοπή και επανασύνδεση της γενικής γραμμής τροφοδοσίας.
- δ. **το γενικό ενδεικτικό**, που παρέχει τη δυνατότητα αναγνώρισης σχετικά με το αν βρίσκεται υπό τάση η γενική γραμμή τροφοδοσίας.
- ε. **τα μερικά ενδεικτικά**, που παρέχουν τη δυνατότητα αναγνώρισης, σχετικά με το αν βρίσκονται υπό τάση οι μερικές γραμμές τροφοδοσίας.
- στ. **τους μερικούς διακόπτες**, που παρέχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιηθεί με χειρισμό η διακοπή και επανασύνδεση των μερικών γραμμών τροφοδοσίας.

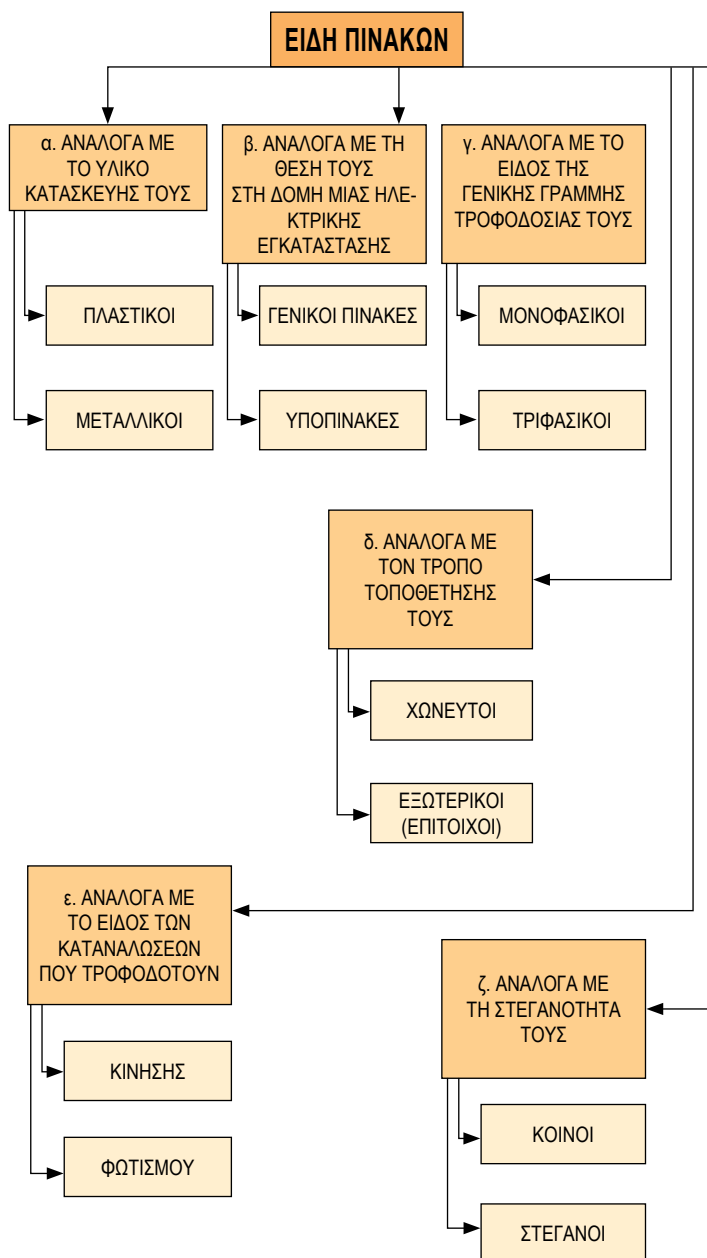
- ζ. **τις μερικές ασφάλειες**, που διακόπτουν αυτόματα τη ρευματοδότηση των μερικών γραμμών τροφοδοσίας, σε περίπτωση βραχυκυκλώματος ή υπερφόρτωσης πάνω στις μερικές γραμμές τροφοδοσίας.



Σχήμα 6.8.1 Γενικός πίνακας διανομής μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης

6.8.2 Είδη πινάκων

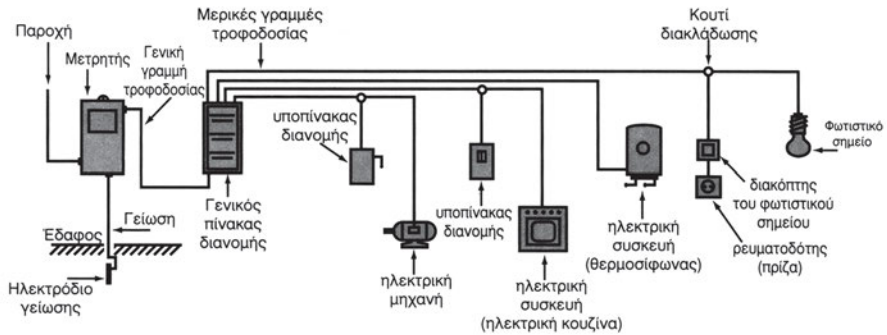
Οι πίνακες διανομής μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης διακρίνονται σε διάφορα είδη σύμφωνα με το διάγραμμα 6.8.2



Διάγραμμα 6.8.2 Είδη πινάκων

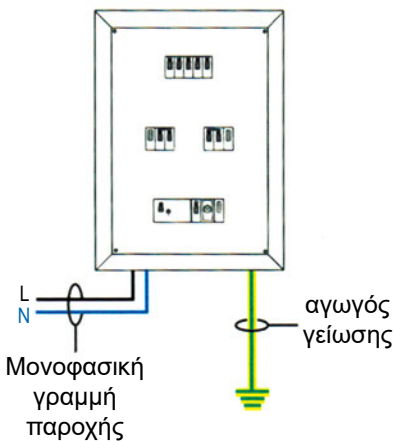
Επεξηγήσεις του διαγράμματος 6.8.2

Οι **γενικοί πίνακες** τροφοδοτούν ολόκληρη την εγκατάσταση. Οι **υποπίνακες** τροφοδοτούν μέρος της εγκατάστασης ή μια ηλεκτρική συσκευή ή ηλεκτρική μηχανή (Βλέπε σχήμα 6.8.2.α).

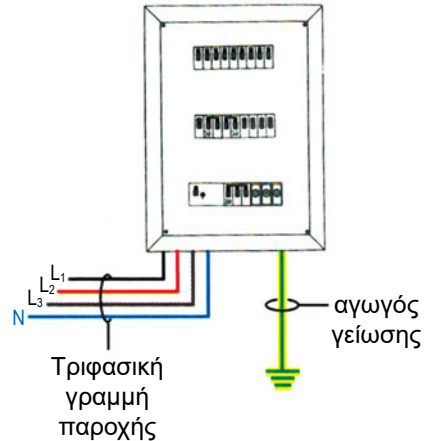


Σχήμα 6.8.2.α Παραστατική σχεδίαση των βασικών στοιχείων μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης

Οι **μονοφασικοί πίνακες** χρησιμοποιούνται για μικρές μονοφασικές εγκαταστάσεις με ισχύ μέχρι και 12 kW. Ρευματοδοτούνται με μία φάση (L), τον ουδέτερο (N) και τη γείωση (PE). Οι **τριφασικοί πίνακες** χρησιμοποιούνται για τριφασικές εγκαταστάσεις. Ρευματοδοτούνται με τρεις φάσεις (L_1 , L_2 , L_3), τον ουδέτερο (N) και τη γείωση.

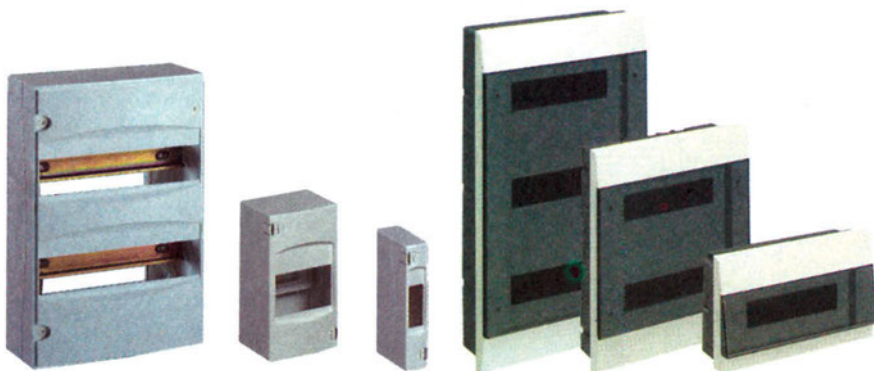


Σχήμα 6.8.2.α Μονοφασικός πίνακας



Σχήμα 6.8.2.β Τριφασικός πίνακας

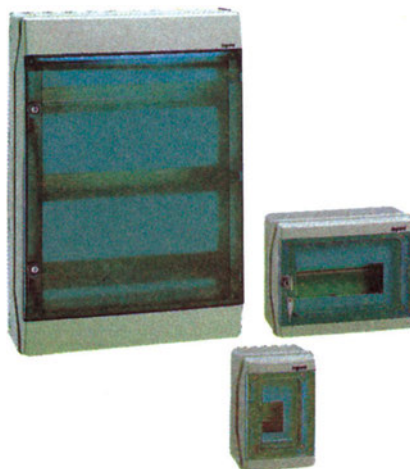
Οι **εξωτερικοί πίνακες** (επίτοιχοι) τοποθετούνται επί του τοίχου (φωτογραφία 6.8.2.α) και οι **χωνευτοί πίνακες** τοποθετούνται μέσα στον τοίχο, “πρόσωπο” με το επίχρισμα (φωτογραφία 6.8.2.β).



Φωτογραφία 6.8.2.α Εξωτερικοί, πλαστικοί, κοινοί (μη στεγανοί) πίνακες

Φωτογραφία 6.8.2.β Χωνευτοί, πλαστικοί, κοινοί (μη στεγανοί) πίνακες

Οι **στεγανοί πίνακες** είναι κατάλληλοι για υγρούς χώρους ή και χώρους με υγρασία (φωτογραφία 6.8.2.γ).



Φωτογραφία 6.8.2.γ Επίτοιχοι, πλαστικοί, στεγανοί πίνακες



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Η ρευματοδότηση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων γίνεται από τη Δ.Ε.Η με διάφορα είδη παροχών (εναέρια-υπόγεια, μονοφασική “01” “02” “03” “04” “05”-τριφασική “1”, “2”, “3”, “4”, “5”, “6”).
- Μια ηλεκτρική εγκατάσταση αποτελείται από την κύρια γραμμή τροφοδοσίας, το γενικό πίνακα, τους υποπίνακες διανομής, τις μερικές γραμμές τροφοδοσίας, τα φωτιστικά σημεία, τις ηλεκτρικές συσκευές, τις ηλεκτρικές μηχανές, τις διατάξεις γείωσης, τα όργανα προστασίας, τα όργανα ελέγχου, τα εξαρτήματα και τα υλικά. Τα στοιχεία μιας εγκατάστασης σχεδιάζονται με τυποποιημένα ηλεκτρολογικά σύμβολα.
- Υπάρχουν διάφορα είδη αγωγών, που εξυπηρετούν τις κατασκευαστικές απαιτήσεις των Ε.Η.Ε. Τα χαρακτηριστικά στοιχεία ενός αγωγού είναι η τυποποιημένη ονομασία, η διατομή, το χρώμα και το υλικό της μόνωσής τους.
- Για την τοποθέτηση και την προστασία των αγωγών χρησιμοποιούνται σωλήνες, οι οποίοι διακρίνονται σε διάφορα είδη, ανάλογα με το υλικό κατασκευής, τις διαστάσεις και τη διαμόρφωσή τους.
- Οι διακόπτες μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης διακρίνονται σε διακόπτες φωτισμού, πινάκων, επαγγελματικής-βιομηχανικής χρήσης και σε αυτόματους διακόπτες.
- Οι ασφάλειες χρησιμοποιούνται για την προστασία των γραμμών τροφοδοσίας, σε περίπτωση βραχυκυκλώματος ή υπερφόρτωσης και διακρίνονται σε διάφορα είδη, ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας, τον τρόπο συνδεσμολογίας και την ονομαστική τους ένταση.
- Οι ρευματοδότες και οι ρευματολήπτες χρησιμοποιούνται για την παροδική λήψη ρεύματος από την ηλεκτρική εγκατάσταση και διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, τη στεγανότητά τους, τον τρόπο τοποθέτησής τους, την ονομαστική τους ένταση και την ονομαστική τους τάση.
- Οι πίνακες αποτελούν το κεντρικό σημείο μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Περιλαμβάνουν το Διακόπτη Διαφυγής Έντασης (Δ.Δ.Ε), τη γενική ασφάλεια, το γενικό ενδεικτικό, το γενικό διακόπτη, τους μερικούς δι-

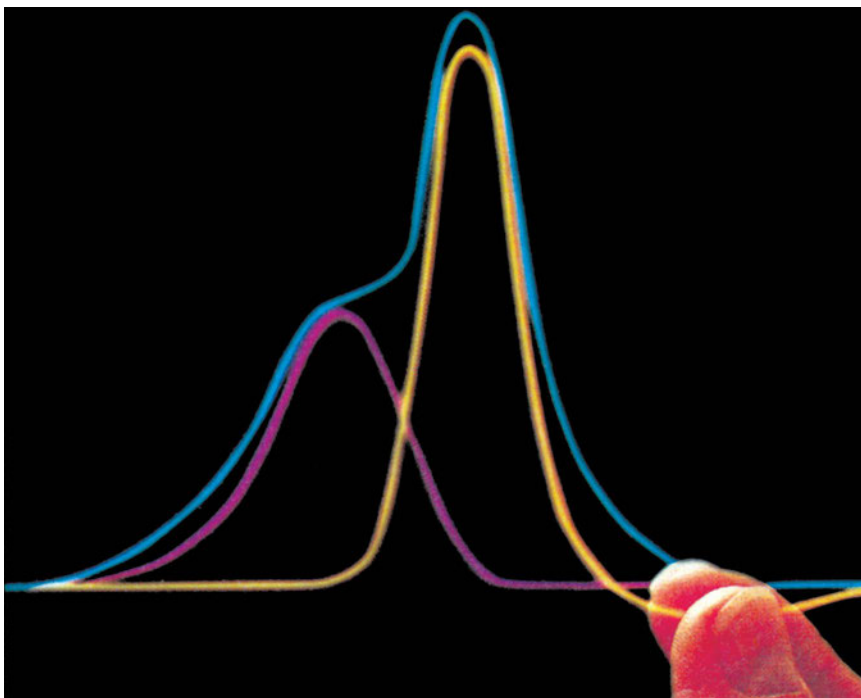
ακόπτες, τις μερικές ασφάλειες και τα μερικά ενδεικτικά και διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, τη θέση τους στη δομή μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης, το είδος της γενικής γραμμής τροφοδοσίας τους, τον τρόπο τοποθέτησής τους, το είδος των καταναλώσεων, που τροφοδοτούν και τη στεγανότητά τους.



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σε ποιους χώρους δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας;
2. Τι γνωρίζετε για τη μονοφασική και την τριφασική παροχή όσον αφορά τη δυνατότητα ρευματοδότησης μονοφασικών και τριφασικών καταναλώσεων;
3. Αν ένα συνεργείο έχει μέγιστη ισχύ λειτουργίας 15KVA, ποιον τύπο παροχής θα εγκαταστήσει η ΔΕΗ και γιατί;
4. Ποια είναι τα βασικά στοιχεία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης;
5. Πώς συνδεσμοποιείται ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα, το οποίο αποτελείται από ένα φωτιστικό σημείο και έναν απλό διακόπτη για το χειρισμό της λειτουργίας του φωτιστικού σημείου;
6. Ποια είναι η χρήση των αγωγών και σε ποιους τύπους διακρίνονται;
7. Ποιες είναι οι διαφορές μιας σειρίδας από ένα καλώδιο;
8. Ποια είναι η χρήση των σωλήνων και σε ποιους τύπους διακρίνονται;
9. Τι γνωρίζετε για τα είδη των μεταλλικών σωλήνων;
10. Ποια είναι η χρήση των διακοπών και σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται;
11. Ποια είναι τα είδη διακοπών φωτισμού και η χρήση τους, ανάλογα με τις δυνατότητες χειρισμού, που παρέχουν για τη λειτουργία των φωτιστικών σημείων;
12. Ποια είναι τα είδη διακοπών πινάκων και η χρήση τους;
13. Ποια είναι η χρήση των ασφαλειών και σε ποια είδη διακρίνονται;

14. Ποια είναι η χρήση των ρευματοδοτών-ρευματοληπτών και σε ποια είδη διακρίνονται;
15. Ποια στοιχεία περιλαμβάνει ο γενικός πίνακας διανομής μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και ποια είναι η χρήση τους;
16. Σε ποια είδη διακρίνονται οι πίνακες διανομής μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης;



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

7

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

- 7.1 Ηλεκτροπληξία
- 7.2 Πρώτες βοήθειες
- 7.3 Διατάξεις και μέσα προστασίας από την ηλεκτροπληξία
- 7.4 Ο ρόλος της γείωσης στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί κάθε μέρα, τουλάχιστον μια φορά, ένα από τα στοιχεία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Από αυτό προκύπτει ότι υπάρχουν πολλές πιθανότητες, αν η ηλεκτρική εγκατάσταση δεν παρέχει ασφάλεια κατά τη χρήση της από τον άνθρωπο, να προκληθούν ηλεκτρικά ατυχήματα.

Για την αποφυγή των ηλεκτρικών ατυχημάτων πρέπει να τοποθετούνται ορισμένες διατάξεις προστασίας στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και ο άνθρωπος να χρησιμοποιεί τα στοιχεία μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην προκαλούνται ηλεκτρικά ατυχήματα.



Επιδιωκόμενοι στόχοι:

Με τη συμπλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου, θα μπορείτε:

- ☒ Να γνωρίζετε τον κίνδυνο της ηλεκτροπληξίας με ιδιαίτερη έμφαση στο θάνατο, που μπορεί να προέλθει από αυτήν.
- ☒ Να γνωρίζετε τους τρόπους προστασίας για την αποφυγή της ηλεκτροπληξίας και τις πρώτες βοήθειες, που πρέπει να παρασχεθούν, σε περίπτωση ηλεκτροπληξίας.
- ☒ Να αναγνωρίζετε και να περιγράφετε πως κατασκευάζεται μια καλή γείωση.
- ☒ Να αναγνωρίζετε και να περιγράφετε τις διατάξεις και τα μέσα προστασίας, που χρησιμοποιούνται για την ασφάλεια των ανθρώπων και των εγκαταστάσεων.

7.1 ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑ

7.1.1 Ορισμός της ηλεκτροπληξίας

Η χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος για όλες σχεδόν τις σύγχρονες ανάγκες του ανθρώπου είναι πλέον αναγκαία. Το ηλεκτρικό ρεύμα είναι χρήσιμο, αλλά και επικίνδυνο.

Το ανθρώπινο σώμα είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος. Επομένως, αν ο άνθρωπος έλθει σε επαφή με δύο σημεία, μεταξύ των οποίων επικρατεί ηλεκτρική τάση (διαφορά δυναμικού), τότε θα περάσει ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από το ανθρώπινο σώμα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις το ηλεκτρικό ρεύμα που θα περάσει μέσα από το ανθρώπινο σώμα προκαλεί δυσμενείς επιδράσεις έως και το θάνατο.



Ηλεκτροπληξία είναι η επικίνδυνη προσβολή του ανθρώπινου οργανισμού από το ηλεκτρικό ρεύμα.

7.1.2 Όρια επικινδυνότητας τάσης-έντασης

Η ηλεκτρική αντίσταση του ανθρώπινου σώματος είναι μεταβλητή και ποικίλλει από μερικές χιλιάδες ohm (Ω) μέχρι 1.000 Ω (αν είναι υγρό ή ιδρωμένο το ανθρώπινο σώμα).

Η τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος (**I**) που θα περάσει μέσα από το ανθρώπινο σώμα, προσδιορίζεται από τη σχέση

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{Νόμος του Ohm}$$

όπου **U** είναι η τάση, κάτω από την οποία θα βρεθεί ο άνθρωπος τη στιγμή του ηλεκτρικού ατυχήματος και

R είναι η αντίσταση, που έχει το ανθρώπινο σώμα (σε Ω).

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται επικίνδυνη, όταν ξεπεράσει τα **30mA**.

Ένταση 30mA μπορεί να περάσει μέσα από το ανθρώπινο σώμα σε διάφορες περιπτώσεις π.χ. α) αν το ανθρώπινο σώμα έχει αντίσταση 1.666 Ω και βρεθεί σε δύο σημεία, στα οποία επικρατεί τάση 50V ή β) αν

το ανθρώπινο σώμα έχει αντίσταση 7.666Ω και βρεθεί σε δύο σημεία στα οποία επικρατεί τάση $230V$.

Έτσι προσδιορίστηκε ότι η τάση του ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται επικίνδυνη, όταν ξεπεράσει τα **50V**.

κατάσταση του ανθρώπινου σώματος		
Αντίσταση	1.000Ω	10.000Ω
Τάση	$230V$	$230V$
Ένταση	$230mA$	$23mA$
Αποτέλεσμα	ΘΑΝΑΤΗΦΟΡΟ	ΑΙΣΘΗΣΗ ΠΟΝΟΥ

7.1.3 Επιδράσεις του ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα

Στον πίνακα που ακολουθεί σημειώνονται οι επιδράσεις του ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα, σε σχέση με την ένταση, που θα περάσει μέσα από αυτό.

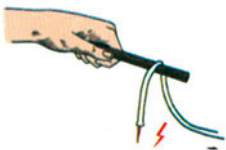
Σημειώσεις:

- Τα στοιχεία του πίνακα αναφέρονται σε τάση άνω των $50V$, που θεωρείται επικίνδυνη.
- Στον πίνακα παρατηρούμε ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση, τόσο δυσμενέστερη είναι η επίδραση στο ανθρώπινο σώμα.
- Τα στοιχεία του πίνακα ισχύουν για χώρους με συνηθισμένες συνθήκες (ξηρός χώρος με δάπεδο από μονωτικό υλικό).
- Σε χώρους με πιο επικίνδυνες συνθήκες (υγρούς-βρεγμένους), οι επιδράσεις στο ανθρώπινο σώμα γίνονται δυσμενέστερες.
- Επίσης, το μέγεθος της ηλεκτροπληξίας εξαρτάται από το χρόνο επαφής του ανθρώπου με το ρευματοφόρο σημείο. Όσο μεγαλύτερος είναι ο χρόνος επαφής, τόσο δυσμενέστερες είναι οι επιδράσεις του ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα.

Ένταση	Παράσταση	Επίδραση
1-10mA		• Όριο αίσθησης
10-30mA		• Σύσπαση μυών • Πόνος
30-50mA		• Σύσπαση μυών • Πόνος • Ασφυξία
50-100mA		• Παράλυση • Πόνος • Αρρυθμία στη λειτουργία της καρδιάς
100-200mA		• Επικίνδυνη καρδιακή προσβολή • Επικίνδυνα εγκαύματα
200mA και άνω		• Θανατηφόρα καρδιακή προσβολή • Θανατηφόρα επικίνδυνα εγκαύματα

7.2 ΠΡΩΤΕΣ ΒΟΗΘΕΙΕΣ

7.2.1 Πρώτες ενέργειες σε περίπτωση ηλεκτροπληξίας

1ο	Διακόψτε αμέσως την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος από το γενικό διακόπτη.	
2ο	Σε περίπτωση που το ατύχημα της ηλεκτροπληξίας έχει γίνει σε υπαίθριο χώρο, από βλάβη του δικτύου διανομής της ΔΕΗ, αφού απομακρύνετε μ' ένα στεγνό ξύλο το ηλεκτροφόρο καλώδιο από το θύμα, φροντίστε να ειδοποιηθεί το γρηγορότερο και η ΔΕΗ.	
3ο	Αποφύγετε κάθε μεταφορά ή μεγάλη μετακίνηση του θύματος.	
4ο	Αρχίστε αμέσως τη μέθοδο της τεχνητής αναπνοής. Αν το θύμα έχει χάσει τις αισθήσεις του, μην προσπαθήσετε να του δώσετε να πει.	
5ο	Φροντίστε κάποιος άλλος να ειδοποιήσει το πλησιέστερο νοσοκομείο ή κάποιο γιατρό ή το σταθμό Πρώτων Βοηθειών.	

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

- Για να μην κινδυνεύσουμε αλλά και για να μπορέσουμε να βοηθήσουμε ένα ηλεκτροπληκτό άτομο, πρέπει να διατηρήσουμε την ψυχραιμία μας.
- Αν δεν υπάρχει τρόπος ταχύτατης διακοπής της τάσης στο τμήμα της εγκατάστασης, όπου έγινε το ατύχημα, πρέπει να απομακρύνουμε το θύμα από το ρευματοφόρο σημείο.

Φροντίζουμε να πατήσουμε σε κάποιο μονωτικό υλικό και με ένα στεγνό ξύλο ή με οποιοδήποτε μονωτικό υλικό το οποίο προσφέρεται εκείνη τη στιγμή (λάστιχο, χαρτί, πλαστικό κ.λπ.), σπρώχνουμε το θύμα, για να αποκολληθεί από το ρευματοφόρο σημείο. Στην ανάγκη, τραβάμε το θύμα από τα ρούχα του, αν είναι στεγνά, τυλίγοντας συγχρόνως, για ασφάλεια, τα χέρια μας με αρκετό χαρτί ή στεγνό ύφασμα.

7.2.2 Πρώτες βοήθειες σε περίπτωση ηλεκτροπληξίας

Ανάλογα με την επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος, πρέπει να δοθούν στον παθόντα οι κατάλληλες πρώτες βοήθειες, όπως σημειώνονται συγκεκριμένα παρακάτω:



Ασφυξία-προσβολή του αναπνευστικού συστήματος- διακοπή της αναπνοής:

Επιβάλλεται η αποκατάσταση της αναπνοής του παθόντος με **τεχνητή αναπνοή**, που πρέπει να του προσφερθεί, όσο το δυνατό, ταχύτερα.

Η τεχνητή αναπνοή, πρέπει να συνεχιστεί, για όσο χρόνο χρειάζεται, μέχρι να επανέλθει η κανονική αναπνοή του παθόντος. Για τις μεθόδους τεχνητής αναπνοής βλέπε στην παράγραφο 7.2.3.



Εγκαύματα εσωτερικά ή και εξωτερικά, λόγω του θερμικού αποτελέσματος του ηλεκτρικού ρεύματος:

Τα εξωτερικά εγκαύματα θεραπεύονται με το συνήθη τρόπο. Για εγκαύματα βαριάς μορφής, επιβάλλεται η μεταφορά του παθόντος στο πλησιέστερο νοσοκομείο.

Τα εσωτερικά εγκαύματα είναι τα πλέον επικίνδυνα για το ανθρώπινο σώμα, διότι προσβάλλεται το μυϊκό και το κυκλοφοριακό σύστημα.

Επιβάλλεται η μεταφορά του παθόντος στο νοσοκομείο το συντομότερο.



Προσβολή της καρδιάς (Μαρμαρυγή)

Είναι η πλέον επικίνδυνη επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος. Το σύμπτωμα από την επίδραση αυτή ονομάζεται και Ινδική συστολή ή Μαρμαρυγή.

Η καρδιά δεν είναι σε θέση να κυκλοφορήσει το αίμα και η πιθανότητα θανάτου είναι μεγάλη.

Η μεταφορά του ασθενή στο νοσοκομείο είναι απαραίτητη σε, όσο το δυνατόν, μικρότερο χρόνο.

7.2.3 Μέθοδοι τεχνητής αναπνοής

Υπάρχουν δύο μέθοδοι τεχνητής αναπνοής: η μέθοδος “στόμα με στόμα” και η μέθοδος “Nilsen”. Για την αποτελεσματική εφαρμογή τους απαιτείται προηγούμενη εξάσκηση.

1η Μέθοδος “στόμα με στόμα”

1ο	Τοποθετούμε το θύμα ανάσκελα με το κεφάλι του ελαφρά γυρισμένο προς τα πίσω. Βάζουμε το ένα χέρι μας στο μέτωπο και το άλλο στο λαιμό του παθόντος και σπρώχνουμε ελαφρά το κεφάλι, ώστε να έλθει προς τα πίσω.	
2ο	Στη συνέχεια, με το ένα χέρι ανοίγουμε τα σαγόνια του, βάζοντας το χέρι μας στο στόμα του, και με το άλλο χέρι κλείνουμε τα ρουθούνια του. Ελέγχουμε αν η γλώσσα έχει φράξει τη φαρυγγική κοιλότητα.	
3ο	Παίρνουμε βαθιά αναπνοή και στη συνέχεια βάζουμε το στόμα μας να εφάπτεται στο στόμα του παθόντος. Φυσάμε τον αέρα που αναπνεύσαμε στο θύμα, προσφέροντάς του τεχνητή αναπνοή. Απομακρύνουμε το στόμα μας από το στόμα του παθόντος και αναπνέουμε ξανά.	
4ο	Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται συνέχεια μέχρι να επαναφέρουμε την αναπνοή στον παθόντα. Η εισπνοή και εκπνοή του αέρα πρέπει να γίνεται σε σταθερούς χρόνους και με συχνότητα 12 φορές το λεπτό.	 12 φορές σε 1 λεπτό.

2η Μέθοδος “Nilsen”

1ο	Τοποθετούμε το θύμα μπρούμυτα. Βάζουμε τα χέρια του το ένα πάνω στο άλλο και ακουμπάμε το κεφάλι του επάνω στα χέρια του. Το κεφάλι του θα πρέπει να είναι τεντωμένο και το στόμα του θα πρέπει να μην έχει μέσα τίποτα. Η γλώσσα του θα πρέπει να είναι έξω από το στόμα.	
2ο	Τοποθετούμε τις παλάμες των χεριών μας ανοικτές, στην πλάτη του παθόντος. Το σημείο τοποθέτησης είναι κάτω από τη νοητή γραμμή που σχηματίζουν οι μασχάλες του. Πιέζουμε σταθερά με τις παλάμες των χεριών μας την πλάτη του.	
3ο	Στη συνέχεια πιάνουμε τους αγκώνες του και τραβάμε προς τα εμπρός με την κίνηση του σώματός μας τα χέρια του. Η κίνηση αυτή γίνεται, χωρίς να καταβάλουμε μεγάλη μυϊκή δύναμη. Με την κίνηση αυτή επιτυγχάνουμε την τεχνητή εισπνοή του παθόντος.	
4ο	Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με συχνότητα 12 φορές το λεπτό. Ο ρυθμός της τεχνητής αναπνοής πρέπει να διατηρηθεί ο ίδιος. Η τεχνητή αναπνοή θα πρέπει να συνεχιστεί, για όσο χρόνο χρειασθεί.	

7.3 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑ

7.3.1 Προληπτικά μέτρα για την αποφυγή της ηλεκτροπληξίας

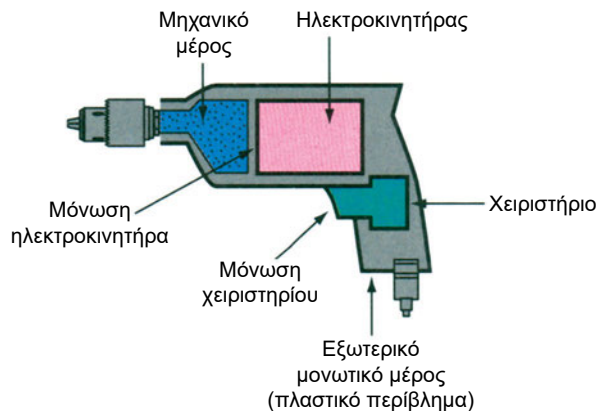
Ηλεκτρική μόνωση

Σε μια ηλεκτρική συσκευή ή μηχανή, τα μηχανήματα που βρίσκονται υπό τάση κατά την κανονική λειτουργία της συσκευής ή της μηχανής (π.χ. ο ηλεκτροκινητήρας) απομονώνονται από τα εξωτερικά μεταλλικά μέρη της συσκευής ή της μηχανής με την τοποθέτηση μονωτικών υλικών. (σχήμα 7.3.1α)

Για πρόσθετη ασφάλεια, όταν χρησιμοποιούμε ένα φορητό ηλεκτρικό εργαλείο (όπως αυτό που φαίνεται στο σχήμα 7.3.1α), πρέπει το εξωτερικό μέρος να είναι από μονωτικό υλικό. Σε αυτήν την περίπτωση το φορητό ηλεκτρικό εργαλείο έχει **διπλή μόνωση**. Η διπλή μόνωση σημειώνεται με το σύμβολο: 

Για την αποφυγή ατυχημάτων ηλεκτροπληξίας, όταν χρησιμοποιούμε (ή αγοράζουμε) ένα φορητό ηλεκτρικό εργαλείο, μια ηλεκτρική συσκευή ή μια ηλεκτρική μηχανή, πρέπει να ελέγξουμε τα εξής:

- α) Την ύπαρξη διπλής μόνωσης
- β) Την καλή κατάσταση της μόνωσης.



Σχήμα 7.3.1.α Φορητό ηλεκτρικό εργαλείο με διπλή μόνωση

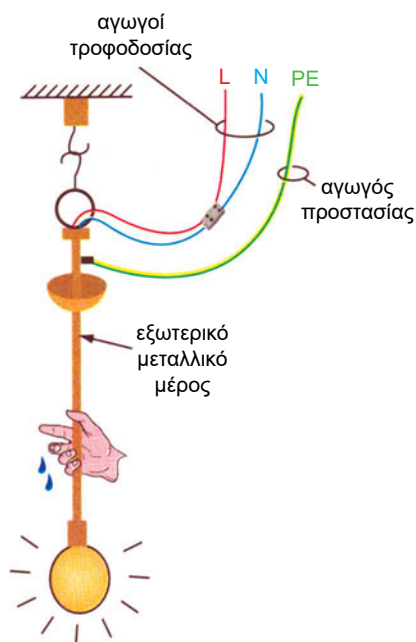
Γείωση των εξωτερικών μεταλλικών μερών της συσκευής ή της μηχανής

Τα εξωτερικά μεταλλικά μέρη των συσκευών ή των μηχανών πρέπει να συνδέονται με τον αγωγό γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης (**PE**). Η μόνωση του αγωγού γείωσης έχει χρώμα **κίτρινο με πράσινη ρίγα**.

Αυτό το μέτρο προστασίας πραγματοποιείται για την αποφυγή ατυχημάτων ηλεκτροπληξίας, στην περίπτωση που θα καταστραφεί η μόνωση.

Όπως θα δούμε παρακάτω, στο κεφάλαιο που αναφέρεται στη γείωση, η μεγαλύτερη ένταση περνά από τον αγωγό γείωσης και η μικρότερη από το ανθρώπινο σώμα. Συνεπώς, με τη γείωση των εξωτερικών μεταλλικών μερών της συσκευής ή της μηχανής περιορίζεται ο κίνδυνος για τον άνθρωπο.

Η σύνδεση του αγωγού γείωσης στον ακροδέκτη γείωσης πρέπει να ελέγχεται, αν έχει: 1) χαλαρώσει ή αποσυνδεθεί
2) σκουριάσει ή καταστραφεί.



Σχήμα 7.3.1.β Γείωση εξωτερικού μεταλλικού μέρους

Τοποθέτηση Διακόπτη Διαφυγής Έντασης (Δ.Δ.Ε.) - αντιηλεκτροπληξιακός διακόπτης

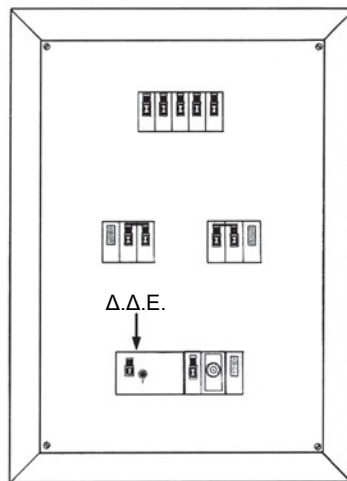
Αν, για κάποιο λόγο, έλθει σε επαφή ρευματοφόρος αγωγός τροφοδοσίας με το εξωτερικό μεταλλικό μέρος μιας συσκευής, τότε θα περάσει ρεύμα στο εξωτερικό μεταλλικό μέρος και από εκεί προς τη γη είτε μέσα από τη βάση της συσκευής (αν είναι και αυτή μεταλλική και ακουμπά στο δάπεδο) είτε μέσα από τον αγωγό γείωσης (αν έχει συνδεθεί στη συσκευή).

Η ροή ρεύματος προς τη γη ονομάζεται **διαρροή (ή διαφυγή)**.

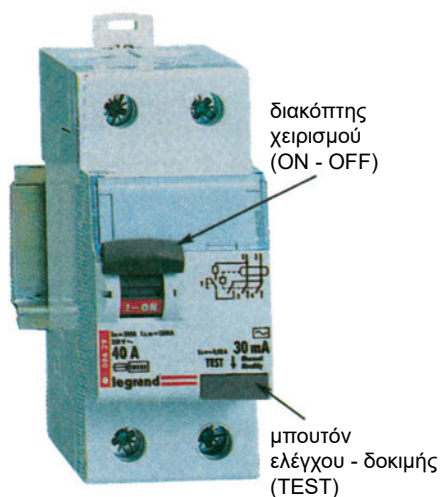
Αν η διαρροή φθάσει και ξεπεράσει την τιμή των 30mA (που θεωρείται όριο επικινδυνότητας για τον άνθρωπο), τότε ο Δ.Δ.Ε. θα διακόψει αυτόματα την τροφοδοσία της ηλεκτρικής συσκευής σε ελάχιστο χρονικό διάστημα (περίπου 0,2 sec). Δηλαδή, με το Δ.Δ.Ε. εξασφαλίζεται ότι, στην περίπτωση που το ρεύμα διαρροής περάσει μέσα από το ανθρώπινο σώμα, η τιμή του δεν θα είναι μεγαλύτερη από 30 mA.

Η ετοιμότητα του Δ.Δ.Ε. πρέπει να ελέγχεται περιοδικά με το πάτημα ενός μπουτόν, που βρίσκεται πάνω του. Όταν πιέζουμε το μπουτόν ελέγχου-δοκιμής (test), τότε ο Δ.Δ.Ε. πρέπει να διακόπτει την τροφοδότηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης (βλέπε φωτογραφία 7.3.1).

Για να τροφοδοτήσουμε πάλι την ηλεκτρική εγκατάσταση, πρέπει να επαναφέρουμε το διακόπτη χειρισμού, που βρίσκεται πάνω στο Δ.Δ.Ε. στη θέση ON ή θέση 1.



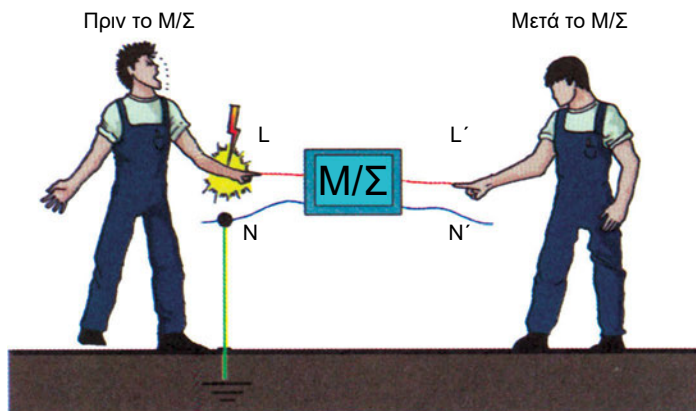
Σχήμα 7.3.1.γ Γενικός πίνακας μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης



Φωτογραφία 7.3.1 Τριφασικός Δ.Δ.Ε.

Γαλβανική απομόνωση

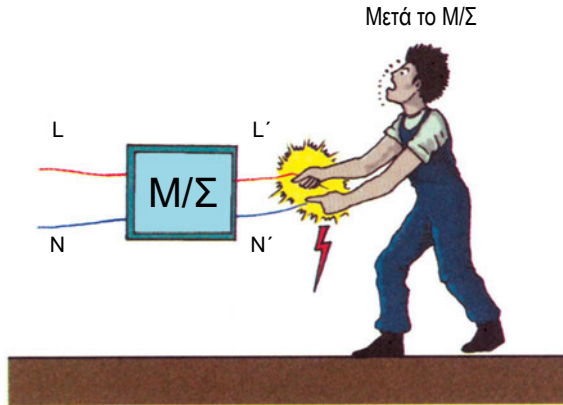
Σε εγκαταστάσεις χώρων υψηλής επικινδυνότητας (σύμφωνα με τους Κανονισμούς Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων Κ.Ε.Η.Ε.) επιβάλλεται η τροφοδότηση των συσκευών και των μηχανών να γίνεται μέσα από μετασχηματιστή (Μ/Σ). Με αυτόν τον τρόπο (όπως φαίνεται στο σχήμα 7.3.1.δ) επιτυγχάνεται η αποφυγή ατυχημάτων ηλεκτροπληξίας.



Σχήμα 7.3.1.δ Γαλβανική απομόνωση πηγής ηλεκτρικής ενέργειας



Προσοχή! Πρέπει να έχουμε υπόψη ότι δεν αποφεύγουμε τα ατυχήματα ηλεκτροπληξίας, ακόμα και αν υπάρχει μετασχηματιστής (όπως φαίνεται στο σχήμα 7.3.1.ε) αν αγγίζουμε ταυτόχρονα και τους δύο αγωγούς τροφοδοσίας μετά το Μ/Σ (έξοδος Μ/Σ).



Σχήμα 7.3.1.ε Συνθήκες ηλεκτροπληξίας σε περίπτωση γαλβανικής απομόνωσης

Σωστή κατασκευή της ηλεκτρικής εγκατάστασης

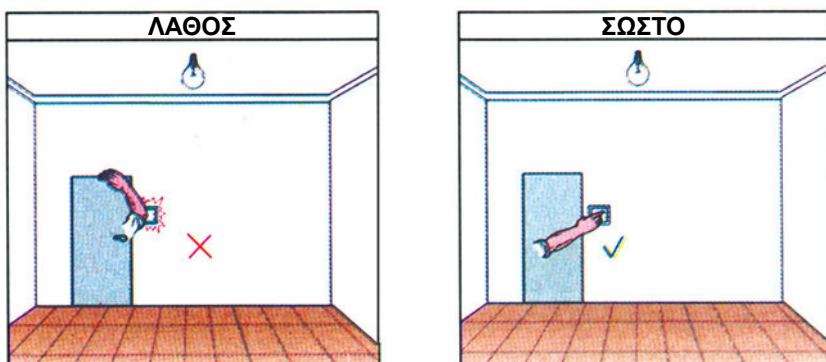
Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τους κανονισμούς των εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Την ευθύνη για την κατασκευή και σωστή λειτουργία της εγκατάστασης αναλαμβάνει ο υπεύθυνος πιστοποιημένος εγκαταστάτης ηλεκτρολόγος.

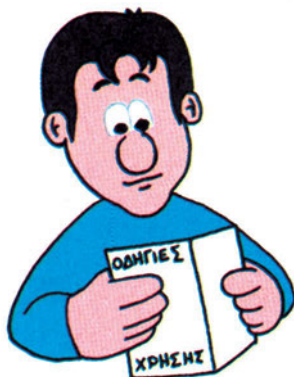


Επιλογή και σωστή χρήση των υλικών της ηλεκτρικής εγκατάστασης

Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην ηλεκτρική εγκατάσταση πρέπει να έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τα διεθνή ευρωπαϊκά πρότυπα τυποποίησης και να έχουν πιστοποιηθεί από τον ΕΛ.Ο.Τ. (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης). Η χρήση και η εγκατάσταση των υλικών πρέπει να γίνεται προσεκτικά, ώστε να αποφεύγονται οι φθορές και οι βλάβες. Κάθε φθορά ή βλάβη πρέπει να διορθώνεται άμεσα.



Η σύνδεση, η τροφοδότηση και η χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και μηχανών πρέπει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες, που καθορίζει ο κατασκευαστής τους.



7.3.2 Κατάσβεση πυρκαγιάς σε ηλεκτρική εγκατάσταση-πυροσβεστικά μέσα

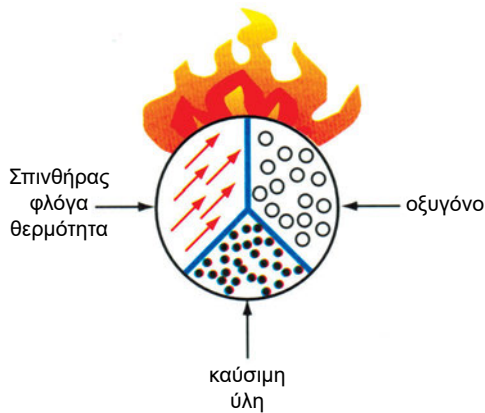
α. Γενικά στοιχεία

Για να προκληθεί πυρκαγιά, απαιτείται να υπάρχουν στον ίδιο χώρο τρεις βασικοί παράγοντες:

1ο Καύσιμη ύλη: είναι το υλικό που θα καεί και μπορεί να είναι στερεό υγρό ή αέριο π.χ. ξύλο, βενζίνη, γκάζι.

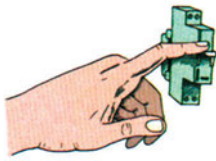
2ο Οξυγόνο: είναι απαραίτητο, για να διατηρείται η φλόγα: Το οξυγόνο υπάρχει στον ατμοσφαιρικό αέρα.

3ο Σπινθήρας-φλόγα ή θερμότητα: Χρειάζεται, για να θερμανθεί η καύσιμη ύλη μέχρι το σημείο ανάφλεξης της. Κάθε υλικό έχει το δικό του σημείο ανάφλεξης. Η πυρκαγιά θα σταματήσει, αν αφαιρέσουμε έναν από τους τρεις βασικούς παράγοντες που την “τροφοδοτούν”.



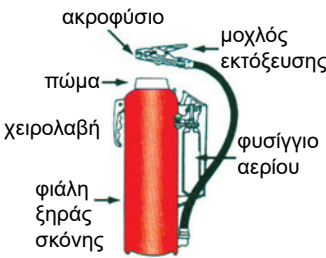
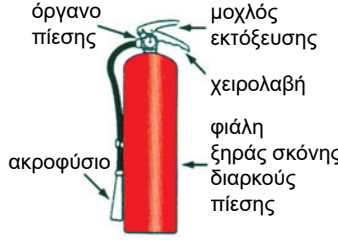
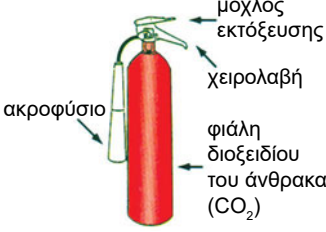
β. Πρώτες ενέργειες για την κατάσβεση πυρκαγιάς σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

Στον πίνακα που ακολουθεί σημειώνονται οι πρώτες ενέργειες, που πρέπει να κάνουμε χωρίς καθυστέρηση σε περίπτωση πυρκαγιάς

1η	Να ειδοποιήσουμε αμέσως την πυροσβεστική υπηρεσία.	
2η	Να κλείσουμε πόρτες και παράθυρα, για να αποφύγουμε τα ρεύματα αέρα. Έτσι περιορίζεται το οξυγόνο και δεν δυναμώνει η φωτιά.	
3η	Να διακόψουμε την τροφοδοσία της ηλεκτρικής εγκατάστασης από το γενικό διακόπτη. Επίσης να διακόψουμε και την παροχή γκαζιού (αν υπάρχει).	
4η	Να ρίξουμε πάνω στα υλικά που καίγονται, άμμο, κουβέρτες ή ρούχα.	
5η	Να κάνουμε χρήση των πυροσβεστήρων, που είναι κατάλληλοι για την κατάσβεση πυρκαγιάς σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, σύμφωνα με τις οδηγίες χρήσης, που σημειώνονται παρακάτω.	
6η	ΠΡΟΣΟΧΗ! Απαγορεύεται να ρίξουμε νερό για την κατάσβεση της πυρκαγιάς σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.	

γ. Κατάλληλοι τύποι πυροσβεστήρων για κατάσβεση πυρκαγιάς σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

Στο εμπόριο υπάρχουν πολλοί τύποι πυροσβεστήρων, από τους οποίους οι κατάλληλοι για την κατάσβεση πυρκαγιάς σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις σημειώνονται παρακάτω.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΔΙΕΘΝΗΣ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ
Ξηράς σκόνης		Υπάρχουν δυο τύποι: φορητοί και τροχήλατοι. • Φορητοί: 6Kgr και 12Kgr • Τροχήλατοι: 50Kgr έως 150Kgr (Σήμερα δεν χρησιμοποιούνται γιατί το προωθητικό αέριο που περιέχουν θεωρείται επιβλαβές για το περιβάλλον)	
Ξηράς σκόνης διαρκούς πίεσης		Ίδια χαρακτηριστικά με το παραπάνω. Λόγω της εσωτερικής πίεσης που υπάρχει στο δοχείο του πυροσβεστήρα, είναι κατάλληλος για χώρους με υγρασία.	
Διοξειδίου του άνθρακα		Υπάρχουν δύο τύποι: φορητοί και τροχήλατοι. • Φορητοί: 2Kgr και 6Kgr • Τροχήλατοι: 25Kgr έως 30Kgr	

δ. Οδηγίες για τη συντήρηση των πυροσβεστήρων

Στους πυροσβεστήρες διοξειδίου του άνθρακα πρέπει να γίνεται περιοδικός έλεγχος κάθε εξάμηνο για τη συντήρησή τους, ενώ στους πυροσβεστήρες ξηράς σκόνης, ο περιοδικός έλεγχος γίνεται τουλάχιστον κάθε χρόνο.

Ο περιοδικός έλεγχος περιλαμβάνει τις εργασίες που σημειώνονται παρακάτω:

1. Ζύγιση του πυροσβεστήρα, για να διαπιστωθεί η ποσότητα γόμωσης. Στους πυροσβεστήρες διοξειδίου του άνθρακα απαιτείται αναγόμωση, αν διαπιστωθεί απώλεια μεγαλύτερη από 10% του αρχικού βάρους της γόμωσης.
2. Έλεγχος της κατάστασης όσον αφορά τη γόμωση των πυροσβεστήρων ξηράς σκόνης. Η σκόνη μπορεί να διατηρηθεί σε καλή κατάσταση επ' αόριστον μέσα στον πυροσβεστήρα. Αν εισχωρήσει υγρασία, τότε σχηματίζονται σβώλοι και η σκόνη πρέπει να αντικατασταθεί. Στους πυροσβεστήρες ξηράς σκόνης-διαρκούς πίεσης η υγρασία δεν εισχωρεί εύκολα στο εσωτερικό του πυροσβεστήρα.
3. Έλεγχος της πίεσης για τους πυροσβεστήρες ξηράς σκόνης-διαρκούς πίεσης.
4. Καθαρισμός του ακροφύσιου και του σιφωνικού σωλήνα εκτόξευσης.
5. Έλεγχος για ορατές ζημιές, οξειδώσεις κτλ. Ο πυροσβεστήρας σε αυτήν την περίπτωση αχρηστεύεται και πρέπει να αντικατασταθεί.

ε. Οδηγίες για τη χρήση των πυροσβεστήρων

Για την αποτελεσματική χρήση των πυροσβεστήρων στην κατάσβεση πυρκαγιάς πρέπει να γίνουν τα εξής:

1. Οι πυροσβεστήρες πρέπει να είναι τοποθετημένοι κοντά σε σημεία που εκτιμώνται ως μελλοντικές εστίες πυρκαγιάς.
2. Οι άνθρωποι πρέπει να έχουν εκπαιδευθεί στο σωστό χειρισμό της λειτουργίας των πυροσβεστήρων.
3. Εμπρός από τους πυροσβεστήρες ο χώρος πρέπει να είναι ελεύθερος. Ειδικά στους τροχήλατους πυροσβεστήρες πρέπει να διατηρούνται ελεύθεροι διάδρομοι.
4. Χρησιμοποιώντας δύο πυροσβεστήρες ταυτόχρονα, έχουμε καλύτερα

αποτελέσματα παρά αν χρησιμοποιηθούν ο ένας μετά τον άλλο. Σε μεγάλες πυρκαγιές είναι αποτελεσματικός ο συνδυασμός τροχήλατου και φορητού πυροσβεστήρα. Με τον τροχήλατο πυροσβεστήρα προσβάλλουμε το κέντρο της πυρκαγιάς, ενώ με το φορητό πυροσβεστήρα προσβάλλουμε την περιφέρεια της πυρκαγιάς.

5. Χρησιμοποιώντας πυροσβεστήρα ξηράς σκόνης δεν πρέπει να κατευθύνουμε τη δέσμη σκόνης σε τοίχους ή άλλες σταθερές επιφάνειες, γιατί η σκόνη προσκρούει στις επιφάνειες αυτές και επιστρέφει σε εμάς.

7.4 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

7.4.1 Γιατί γειώνουμε ηλεκτρικές συσκευές και μηχανές

Τα εξωτερικά μέρη πολλών ηλεκτρικών συσκευών και μηχανών είναι μεταλλικά, τα οποία σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας δεν έχουν καμία αγωγή με τα ηλεκτρικά τμήματα της συσκευής ή της μηχανής, λόγω της μόνωσης, που τα περιβάλλει. Αν σε μια τέτοια συσκευή ή μηχανή καταστραφεί η μόνωση ή αποσυνδεθεί ο αγωγός της φάσης και έλθει σε επαφή με το εξωτερικό μεταλλικό μέρος, τότε αυτό (το εξωτερικό μεταλλικό μέρος) βρίσκεται υπό τάση, γεγονός που εγκυμονεί **κινδύνους**.

Παρακάτω εξετάζονται δύο περιπτώσεις, σχετικά με το αν έχει ή δεν έχει συνδεθεί ο αγωγός γείωσης στην ηλεκτρική συσκευή ή μηχανή, που το εξωτερικό μεταλλικό μέρος της βρίσκεται υπό τάση.

1η περίπτωση: Ηλεκτρική συσκευή ή μηχανή χωρίς γείωση

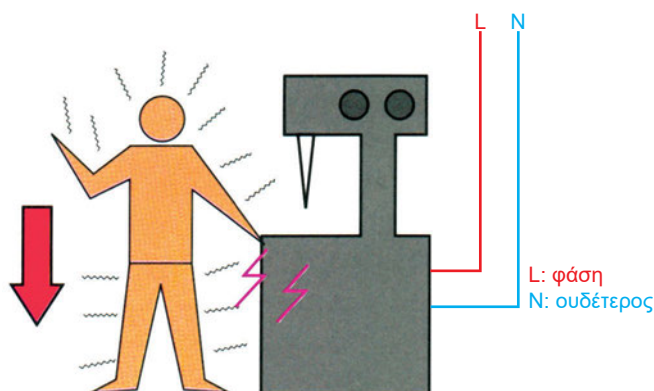
Η συσκευή αυτή γίνεται επικίνδυνη για τον άνθρωπο που θα έλθει σε επαφή με το εξωτερικό μεταλλικό μέρος της, το οποίο βρίσκεται υπό τάση.

Στην περίπτωση αυτή θα έχουμε ροή ρεύματος από τον αγωγό της φάσης στο εξωτερικό μεταλλικό μέρος της συσκευής (“σασί”) και από το “σασί”, μέσα από το ανθρώπινο σώμα, στη γη.

Το ρεύμα κατευθύνεται στη γη αποκλειστικά και μόνο μέσα από το ανθρώπινο σώμα.



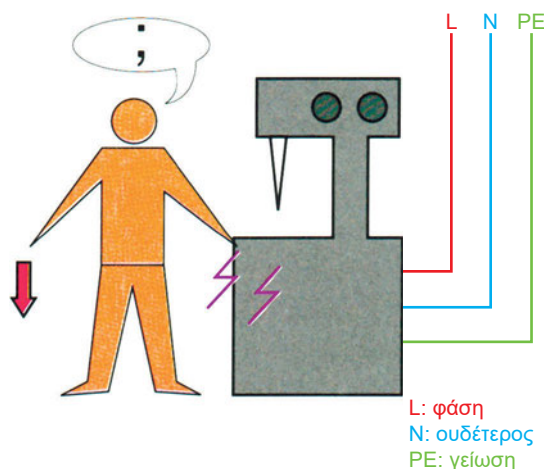
Ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας είναι μεγάλος



Σχήμα 7.4.1.α Ηλεκτρικό μηχάνημα χωρίς γείωση

2η περίπτωση: Ηλεκτρική συσκευή ή μηχανή με γείωση

Στην ίδια συσκευή ή μηχανή, αν συνδεθεί ο αγωγός γείωσης, τότε το μεγαλύτερο μέρος του ρεύματος θα οδηγηθεί στη γη μέσα από τον αγωγό γείωσης και όχι μέσα από το ανθρώπινο σώμα. Αυτό γίνεται, γιατί ο αγωγός γείωσης έχει πολύ μικρότερη ηλεκτρική αντίσταση από αυτήν που έχει το ανθρώπινο σώμα, και το ηλεκτρικό ρεύμα ακολουθεί τον ευκολότερο δρόμο, για να οδηγηθεί στη γη. Το μεγαλύτερο μέρος του ηλεκτρικού ρεύματος οδηγείται στη γη μέσα από τον αγωγό γείωσης.



Σχήμα 7.4.1.β Ηλεκτρική συσκευή ή μηχανή με γείωση

7.4.2 Διατομή και εγκατάσταση των αγωγών γείωσης

«1» Ο αγωγός γείωσης βρίσκεται στον ίδιο σωλήνα με τους τροφοδοτικούς αγωγούς, πρέπει να έχει την ίδια με αυτούς μόνωση και την ίδια διατομή μέχρι την τιμή των 16mm^2 . Για διατομές τροφοδοτικών αγωγών πάνω από 16mm^2 ο αγωγός γείωσης μπορεί να έχει διατομή το 50% αυτών αλλά όχι μικρότερη των 16mm^2 .

«2» Διατομή μονωμένου αγωγού γείωσης κάτω από 25mm^2 δεν επιτρέπεται, όταν αυτός ακολουθεί ανεξάρτητη πορεία από τους τροφοδοτικούς αγωγούς. Για κοινή πορεία με τους τροφοδοτικούς αγωγούς ο αγωγός επιτρέπεται να έχει και τη διατομή των $1,5\text{mm}^2$.

«3» Για γυμνούς χάλκινους αγωγούς επιτρέπεται ελάχιστη διατομή 6mm^2 , για δε τα υπόγεια ή απρόσιτα τμήματα του αγωγού γείωσης η ελάχιστη διατομή θα πρέπει να είναι 25mm^2 .

«4» Όταν ο αγωγός γείωσης συνδέεται με ηλεκτρόδιο γείωσης, που έχει τη μορφή μεταλλικής πλάκας, πρέπει να έχει διατομή τουλάχιστον 25mm^2 . Η σύνδεσή του με την πλάκα πρέπει να γίνεται σε περισσότερα από ένα σημεία, τόσο με βίδες όσο και με συγκόλληση.

Το τμήμα του αγωγού γείωσης, που βρίσκεται μέσα στο έδαφος σε βάθος μικρότερο από $0,6\text{m}$, πρέπει να προστατεύεται από γαλβανισμένο χαλυβδοσωλήνα.

«5» Όταν η γραμμή μετρητή πίνακα έχει μεγάλη διατομή, τότε ο αγωγός γείωσης μπορεί να τοποθετηθεί μονωμένος ή γυμνός σε ανεξάρτητο σωλήνα.

«6» Σε καμιά περίπτωση ο αγωγός γείωσης δεν θα αποζεύγνυται με ασφάλεια ή διακόπτη. Η διακοπή του επιτρέπεται μόνο στην περίπτωση των ρευματοδοτών.

Όταν γίνεται απόζευξη του αγωγού γείωσης με ρευματοδότες (πρίζες), αυτή πρέπει να γίνεται τουλάχιστον ταυτόχρονα με την απόζευξη των ενεργών αγωγών.

7.4.3 Ηλεκτρόδια γείωσης

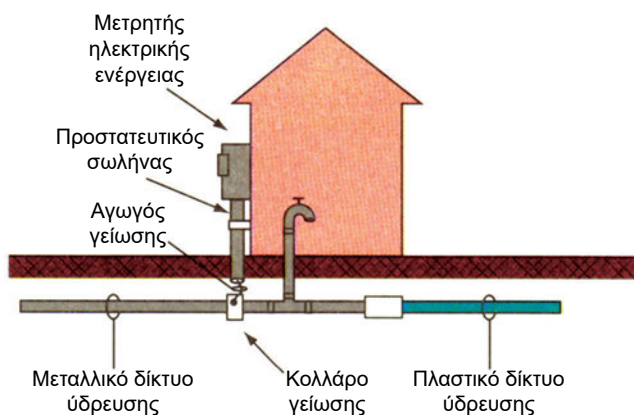
Σαν ηλεκτρόδια γείωσης μπορεί να χρησιμοποιηθούν:

- α) Εκτεταμένα μεταλλικά δίκτυα ύδρευσης, που βρίσκονται μέσα στο έδαφος
- β) Μεταλλικές κατασκευές διαφόρων μορφών, όπως πλάκες, σωλήνες, ειδικές ράβδοι, ταινίες, με τις οποίες κατασκευάζονται οι τεχνητές γειώσεις.

α) Γείωση σε μεταλλικό δίκτυο ύδρευσης

Μια τέτοια γείωση γίνεται, όταν η τάση ρευματοδότησης της ηλεκτρικής εγκατάστασης δεν ξεπερνά τα 250V. Τελευταία όμως πολλά δίκτυα ύδρευσης γίνονται με πλαστικούς σωλήνες ή διακόπτεται η μεταλλική τους συνέχεια από ενδιάμεσα πλαστικά δίκτυα. Γι' αυτό το λόγο η χρησιμοποίηση του δικτύου ύδρευσης ως αποκλειστικού μέσου γείωσης δεν είναι αποτελεσματική.

Είναι σκόπιμο όμως να χρησιμοποιείται συμπληρωματικά, μαζί με οποιοδήποτε ηλεκτρόδιο τεχνητής γείωσης. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να γίνει αποδεκτό αυτό το σύστημα γείωσης από τη ΔΕΗ.



Σχήμα 7.4.3.α Γείωση στο δίκτυο ύδρευσης (μη αποτελεσματική)

β) Τεχνητές γειώσεις

B, Τεχνητή γείωση με μεταλλική πλάκα

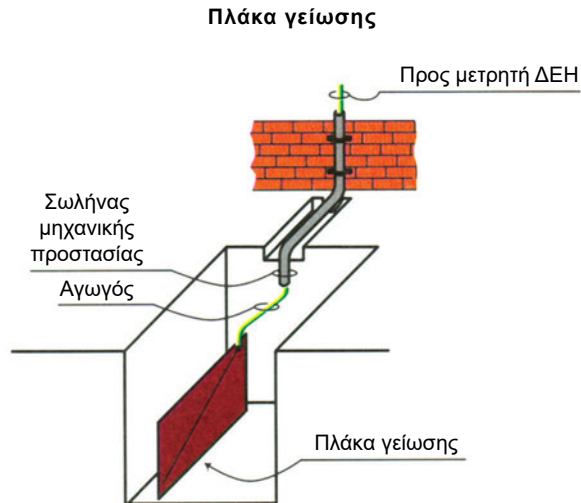
Τα ηλεκτρόδια με τη μορφή πλάκας τοποθετούνται πάντα κατακόρυφα μέσα στο έδαφος και σε βάθος κατάλληλο, ώστε η πάνω πλευρά της

πλάκας να βρίσκεται 1m κάτω από την επιφάνεια της γης. Η σύνδεση του αγωγού γείωσης με τη μεταλλική πλάκα πρέπει να γίνεται σε περισσότερα από ένα σημεία, τόσο με βίδες όσο και με συγκόλληση. Ο αγωγός γείωσης πρέπει να προστατεύεται μηχανικά με γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα μέχρι το βάθος των 0,6m για ασφάλεια. Σε περίπτωση που τοποθετήσουμε περισσότερες από μια πλάκες, πρέπει οι πλάκες να απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 3m, ώστε να πετύχουμε πιο καλή γείωση, δηλαδή γείωση με μικρότερη αντίσταση.

Η μεταλλική πλάκα έχει διαστάσεις $1\text{ m} \times 0,5\text{ m}$ και πάχος 30mm.

Η επιφάνεια επαφής είναι συνήθως 1 m^2 .

Το υλικό κατασκευής της πλάκας είναι γαλβανισμένος ή επιχαλκωμένος χάλυβας ή χαλκός.



Σχήμα 7.4.3.β Γείωση με ηλεκτρόδιο μορφής μεταλλικής πλάκας

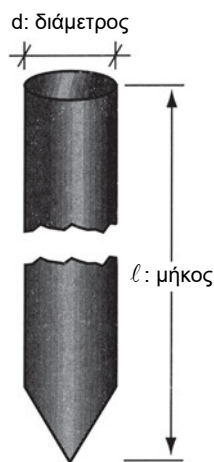
B_2 Τεχνητή γείωση με ραβδοειδή ηλεκτρόδια

Πολλές φορές, για λόγους ευκολότερης διείσδυσης στο έδαφος, χρησιμοποιούμε ραβδοειδή ηλεκτρόδια γείωσης με σχήμα ταφ ή σταυρού ή κυλινδρικής ράβδου, που είναι κατασκευασμένα από γαλβανισμένο σίδηρο ή ορείχαλκο ή χάλυβα με επίστρωση χαλκού.



Σχήμα 7.4.3.γ Ραβδοειδή ηλεκτρόδια διαφόρων μορφών

Μια τέτοια τεχνητή γείωση με ραβδοειδή ηλεκτρόδια, για να παρουσιάζει την ίδια περίπου ηλεκτρική αντίσταση με την τεχνητή γείωση μεταλλικής πλάκας, πρέπει τα ραβδοειδή ηλεκτρόδια να έχουν ελάχιστη επιφάνεια επαφής με τη γη 1m^2 . Αν χρησιμοποιήσουμε γαλβανισμένο σιδηροσωλήνα εξωτερικής διαμέτρου 40mm , για να έχουμε ελάχιστη επιφάνεια επαφής 1m^2 , θα απαιτηθεί ο γαλβανισμένος σιδηροσωλήνας να έχει μήκος 8m .



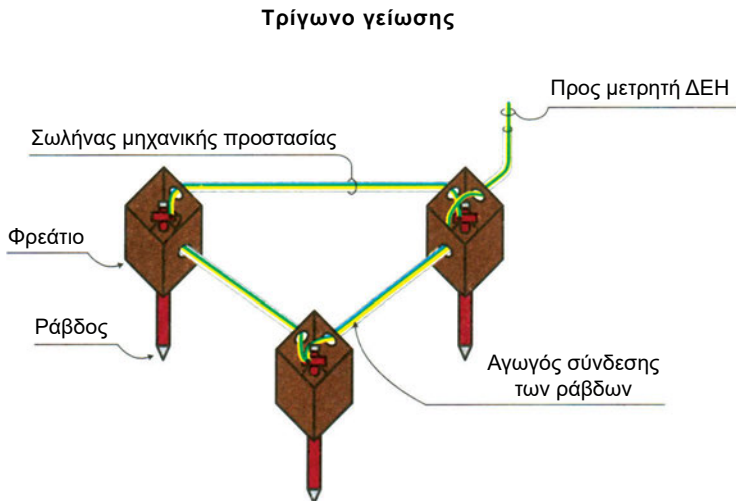
Σχήμα 7.4.3.δ Διαστάσεις ραβδοειδούς κυλινδρικού ηλεκτροδίου

Φυσικά είναι αδύνατο να εισχωρήσει ένας σωλήνας σε τέτοιο βάθος, γι' αυτό χρησιμοποιούμε τρεις σωλήνες, που ο καθένας έχει μήκος: 3m (μέρος τους καταστρέφεται από το κτύπημα). Η διάταξη των ηλεκτροδίων πρέπει να είναι τριγωνική και η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων να είναι τουλάχιστον διπλάσια από το μήκος τους.

Τα ηλεκτρόδια (σωλήνες) γείωσης πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους με χάλκινο αγωγό κατάλληλης διατομής, τοποθετημένο μέσα σε σωλήνα μηχανικής προστασίας. Η σύνδεση του αγωγού στο ηλεκτρόδιο πρέπει να γίνεται με ειδικό περιλαίμιο (κολλάρο) γείωσης μέσα σε φρεάτια, όπως σημειώνεται στο σχήμα 7.4.3.ε.

Τα φρεάτια πρέπει να είναι επισκέψιμα. Κατά καιρούς πρέπει να ελέγχεται η καλή σύνδεση και κατάσταση των αγωγών στα επισκέψιμα φρεάτια.

Από το φρεάτιο μέχρι το μετρητή της ΔΕΗ ο αγωγός πρέπει να τοποθετείται μέσα σε σωλήνα μηχανικής προστασίας, με τον ίδιο τρόπο που έχει σημειωθεί στην τεχνητή γείωση με μεταλλική πλάκα.



Σχήμα 7.4.3.ε Γείωση με ραβδοειδές ηλεκτρόδιο

B₃ Θεμελιακή γείωση

Η θεμελιακή γείωση αποτελεί τον καλύτερο τρόπο πραγματοποίησης της γείωσης σε μια νέα οικοδομή. Τα πλεονεκτήματα της θεμελιακής γείωσης συγκριτικά με τις άλλες τεχνητές γειώσεις είναι τρία:

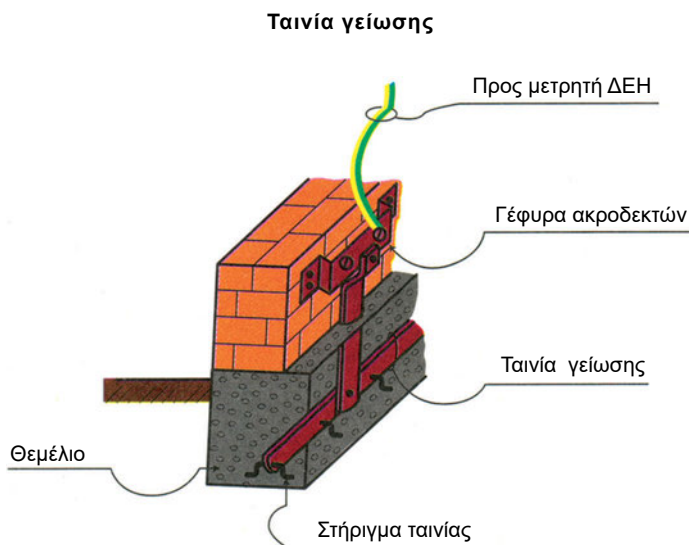
- 1ο) δεν απαιτείται καμία πρόσθετη εργασία εκσκαφών
- 2ο) επιτυγχάνεται πολύ μικρή αντίσταση γείωσης, λόγω του σημαντικού (συνήθως) βάθους των θεμελίων και της μεγάλης επιφάνειας επαφής με τη γη
- 3ο) η μικρή αντίσταση γείωσης που επιτυγχάνεται δε μεταβάλλεται σημαντικά στις διάφορες εποχές του έτους, λόγω της διατηρούμενης υγρασίας στα θεμέλια της οικοδομής.

Τρόπος κατασκευής: Όπως φαίνεται στο σχήμα 7.4.3.ζ στερεώνουμε με ειδικά στηρίγματα στον πυθμένα και περιμετρικά στα θεμέλια της οικοδομής μια λάμα από γαλβανισμένο χάλυβα διαστάσεων 30mm x 3mm.

Η κατακόρυφη λάμα απαιτείται, για να πραγματοποιηθούν οι αναγκαίες συνδέσεις πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Το άκρο της κατακόρυφης λάμας καταλήγει και συσφίγγεται καλά σε σταθερή μεταλλική γέφυρα ακροδεκτών.

Η περιμετρική λάμα καλύπτεται με στρώση από σκυρόδεμα ύψους τουλάχιστον 100mm και πλάτους 300mm.

Η θεμελιακή γείωση μπορεί να ενισχυθεί ακόμη περισσότερο, αν συνδεθεί με το μεταλλικό δίκτυο ύδρευσης (αν υπάρχει), το σιδερένιο οπλισμό της οικοδομής κτλ.



Σχήμα 7.4.3.ζ Θεμελιακή γείωση

7.4.4 Γείωση φορητών ηλεκτρικών εργαλείων

Η γείωση των φορητών ηλεκτρικών εργαλείων πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα λόγω της συνεχούς και απόλυτης επαφής του ανθρώπινου σώματος με το εξωτερικό μέρος (περίβλημα) του εργαλείου, όταν αυτό (το εργαλείο) χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο.

Σε ένα φορητό ηλεκτρικό εργαλείο χωρίς γείωση υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας για τον άνθρωπο-χειριστή του εργαλείου, ακόμη και στην περίπτωση που το εξωτερικό μέρος του εργαλείου είναι από μονωτικό υλικό (πλαστικό περίβλημα), αν συμβούν ταυτόχρονα τα εξής:

- 1ο. Αν αποσυνδεθεί ο αγωγός της φάσης και έλθει σε επαφή με το εξωτερικό μέρος του εργαλείου.
- 2ο. Αν είναι βρεγμένα τα χέρια του ανθρώπου-χειριστή του εργαλείου ή αν υπάρχει αρκετή υγρασία πάνω στο εξωτερικό μέρος του εργαλείου.

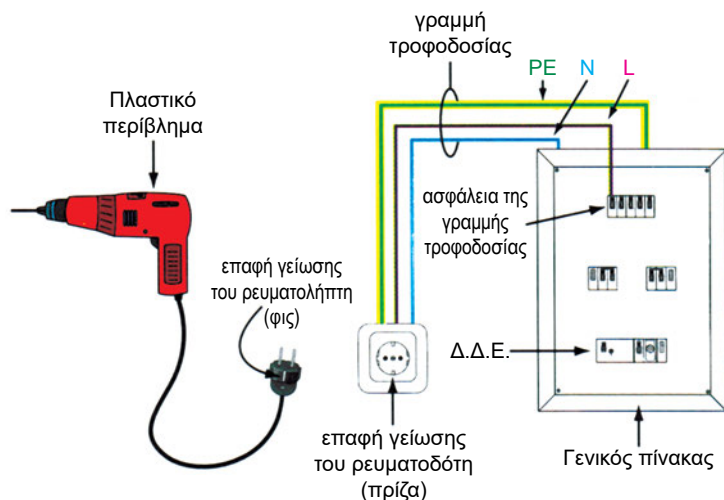
Στην περίπτωση όμως που έχει τοποθετηθεί ο αγωγός γείωσης σε αυτό το εργαλείο, τότε το ηλεκτρικό ρεύμα θα περάσει από τον αγωγό γείωσης, επειδή αυτός (ο αγωγός γείωσης) έχει πολύ μικρή αντίσταση συγκριτικά με την αντίσταση, που έχει το ανθρώπινο σώμα.

Αν το ηλεκτρικό εργαλείο τροφοδοτείται με 230V και ο αγωγός γείωσης έχει αντίσταση 2Ω (όπως ορίζεται από τους κανονισμούς), τότε το ηλεκτρικό ρεύμα που θα περάσει από τον αγωγό γείωσης, υπολογίζεται, με βάση το Νόμο του Ohm, ότι έχει τιμή 115A.

$$I = U / R = 230V / 2\Omega = 115A$$

Η ένταση των 115A θεωρείται ένταση βραχυκυκλώματος και η ασφάλεια της γραμμής θα διακόψει την τροφοδοσία σε χρόνο 5 sec (περίπου).

Αν στο γενικό πίνακα της ηλεκτρικής εγκατάστασης έχει τοποθετηθεί Δ.Δ.Ε. (αντιηλεκτροπληξιακός διακόπτης), τότε η διακοπή της τροφοδοσίας θα πραγματοποιηθεί από το Δ.Δ.Ε. σε χρόνο 0,2 sec (περίπου) γιατί, εκτός από το βραχυκύκλωμα, υπάρχει και διαφυγή (διαρροή) έντασης. Από τα παραπάνω διαπιστώνουμε ότι από το Δ.Δ.Ε. περιορίζεται ο χρόνος επαφής του ανθρώπου με το ρευματοφόρο σημείο και επειδή αντιδρά σε εντάσεις ρεύματος διαρροής άνω των 30 mA μας προστατεύει. Από την άλλη πλευρά η γείωση της συσκευής δεν επιτρέπει να αναπτυχθεί, κατά τη διάρκεια της διαρροής, τάση επαφής μεγαλύτερη των 50V (όριο επικινδυνότητας).



Σχήμα 7.4.4 Παραστατική σχεδίαση της γραμμής τροφοδοσίας ενός φορητού ηλεκτρικού εργαλείου



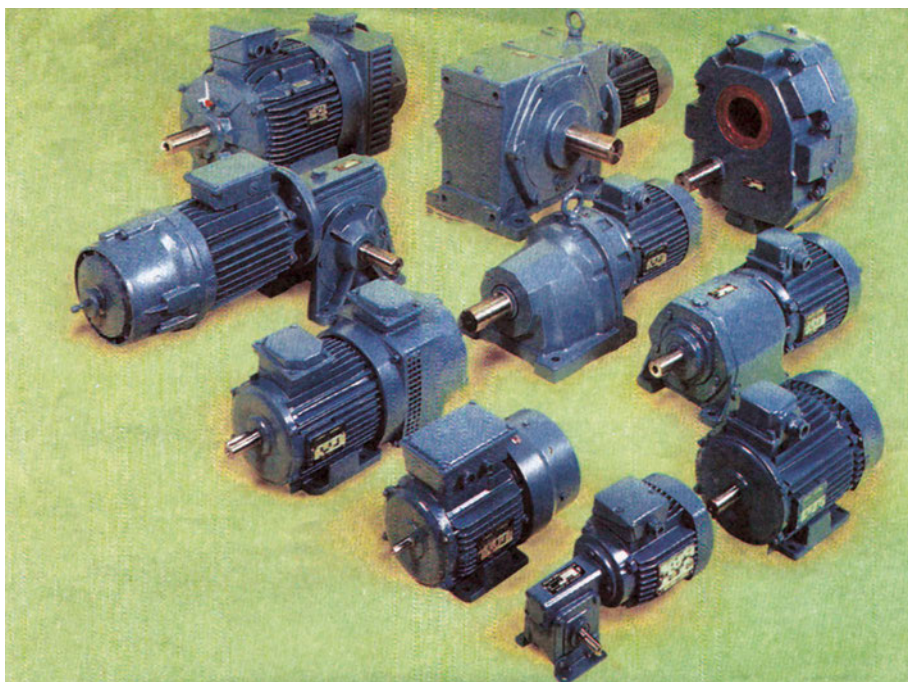
ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Το ηλεκτρικό ρεύμα γίνεται επικίνδυνο, όταν ο άνθρωπος έλθει σε επαφή με αυτό, ανάλογα με το μέγεθος της τάσης, τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο και την αντίδραση του ανθρώπινου οργανισμού.
- Σε περίπτωση ηλεκτροπληξίας απαιτούνται ορισμένες πρώτες ενέργειες και επιβάλλεται να δοθούν στον παθόντα οι πρώτες βοήθειες με τις μεθόδους της τεχνητής αναπνοής.
- Για την αποφυγή της ηλεκτροπληξίας πρέπει οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις να έχουν ορισμένες διατάξεις προστασίας.
- Σε περίπτωση πυρκαγιάς στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις επιβάλλονται ορισμένες πρώτες ενέργειες και απαιτείται να χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλοι τύποι πυροσβεστήρων.
- Ο ρόλος της γείωσης στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι ιδιαίτερα σημαντικός και περιορίζει τον κίνδυνο της ηλεκτροπληξίας.



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες συνθήκες κάνουν επικίνδυνο ή θανατηφόρο ένα ηλεκτρικό ατύχημα;
2. Ποιες είναι οι επιδράσεις του ηλεκτρικού ατυχήματος στον ανθρώπινο οργανισμό;
3. Ποιες είναι οι πρώτες ενέργειες που απαιτούνται σε περίπτωση ηλεκτροπληξίας;
4. Ποια είναι η ενδεδειγμένη ηλεκτρική μόνωση σε ένα φορητό ηλεκτρικό εργαλείο;
5. Ποιος είναι ο ρόλος του Διακόπτη Διαφυγής Έντασης (Δ.Δ.Ε.) σε περίπτωση διαρροής άνω των 30mA;
6. Τι γνωρίζετε για τη γαλβανική απομόνωση;
7. Ποιες είναι οι πρώτες ενέργειες που επιβάλλεται να κάνουμε σε περίπτωση πυρκαγιάς στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις;
8. Αναφέρατε το διεθνή συμβολισμό και τα χαρακτηριστικά των πυροσβεστήρων που είναι κατάλληλοι για την κατάσβεση πυρκαγιάς σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.
9. Ποιος είναι ο ρόλος της γείωσης σε ηλεκτρική συσκευή ή μηχανή;
10. Ποιοι είναι οι τρόποι τεχνητών γειώσεων με ηλεκτρόδια (συνοπτική περιγραφή);
11. Ποιος είναι ο ρόλος της γείωσης σε φορητό ηλεκτρικό εργαλείο, το οποίο έχει διπλή ηλεκτρική μόνωση;



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

8

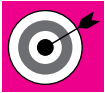
ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

- 8.1 Γεννήτριες - κινητήρες (γενικά)
- 8.2 Μηχανές συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος
- 8.3 Ηλεκτρικές μηχανές Ε.Ρ. (εναλλακτήρες και κινητήρες)
- 8.4 Ροπή και ισχύς των ηλεκτρικών κινητήρων
- 8.5 Η ηλεκτρολογική εγκατάσταση των ηλεκτρικών κινητήρων
- 8.6 Συνήθεις βλάβες των ηλεκτρικών κινητήρων
- 8.7 Μετασχηματιστές (Μ/Σ)
- 8.8 Ανόρθωση εναλλασσόμενου ρεύματος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ηλεκτρικές μηχανές αποτελούν το βασικότερο τμήμα εφαρμογών του ηλεκτρισμού που συναντά ο τεχνικός σχεδόν σε κάθε δραστηριότητά του.

Σήμερα στις περισσότερες εφαρμογές των ηλεκτρικών μηχανών έχουμε συνεργασία με ηλεκτρονικές διατάξεις με στόχο την καλύτερη αξιοποίηση των μηχανών και κάλυψη των σύγχρονων απαιτήσεων.



Επιδιωκόμενοι στόχοι:

Με τη συμπλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου, θα μπορείτε:

- ☒ Να γνωρίζετε τις βασικές γνώσεις σχετικά με τις κυριότερες ηλεκτρικές μηχανές (όπως είναι οι γεννήτριες, οι κινητήρες, οι μετασχηματιστές) που θα συναντήσετε στο χώρο εργασίας σας.
- ☒ Να γνωρίζετε ό,τι σχετικό με τον τρόπο μετατροπής του Ε.Ρ. σε Σ.Ρ., μέσω ανορθωτικών διατάξεων.
- ☒ Να αντιδράτε σωστά σε μια ενδεχόμενη βλάβη του ηλεκτρολογικού υλικού το οποίο καθημερινά συναντάτε ή χρησιμοποιείτε.
- ☒ Να εργάζεστε με ασφάλεια τηρώντας τους σχετικούς κανόνες και μέτρα προστασίας.
- ☒ Να συνεργάζεστε αρμονικά με τους ηλεκτρολόγους συντηρητές.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Ως ηλεκτρικές μηχανές θεωρούμε κυρίως τις γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος, τους ηλεκτρικούς κινητήρες και τους μετασχηματιστές· τις ηλεκτρικές αυτές μηχανές θα γνωρίσουμε στη συνέχεια.

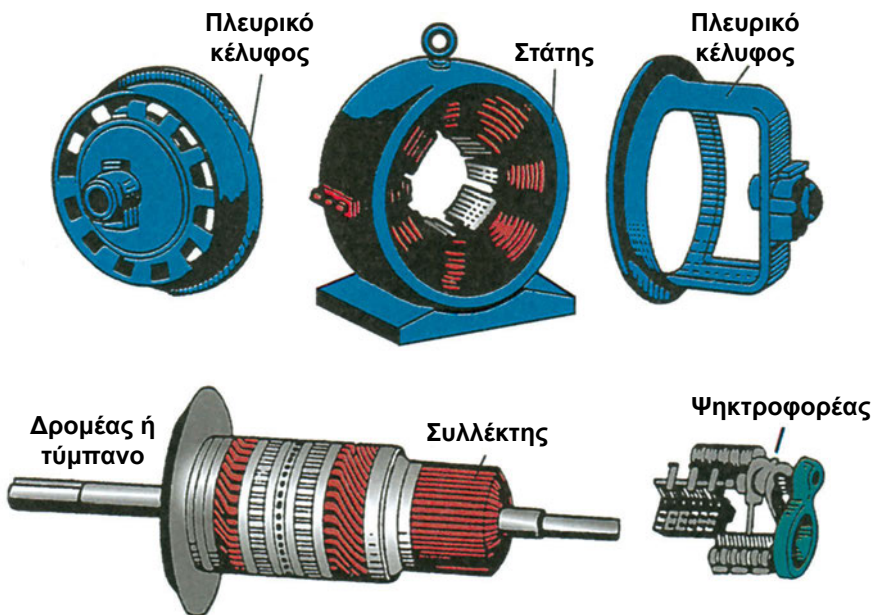
8.1 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ - ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ (ΓΕΝΙΚΑ)

Με τις ηλεκτρικές μηχανές επιτυγχάνεται η μετατροπή:

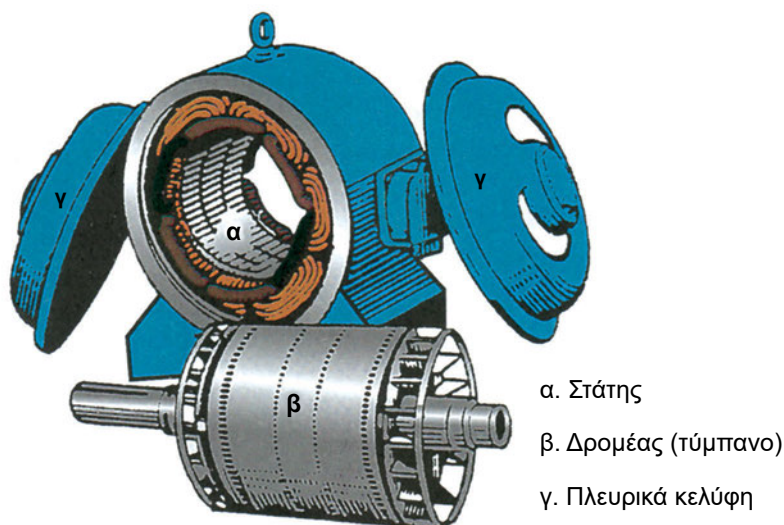
- της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική (γεννήτριες)
- της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική (κινητήρες)

Κάθε ηλεκτρική μηχανή έχει δυο βασικά μέρη (βλέπε σχήμα 8.1.α,β):

- τον στάτη ο οποίος μαζί με τα πλευρικά κέλυφος του αποτελεί το σταθερό (μη κινούμενο) μέρος της μηχανής
- τον δρομέα ή επαγωγίμο ή τύμπανο που αποτελεί το κινητό (περιστρεφόμενο) μέρος της μηχανής



Σχήμα 8.1.α Βασικά μέρη μηχανής συνεχούς ρεύματος Σ.Ρ. (γεννήτρια ή κινητήρας)



Σχήμα 8.1.β Βασικά μέρη μηχανής εναλλασσόμενου ρεύματος Ε.Ρ.
(επαγωγικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα)

8.2 ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

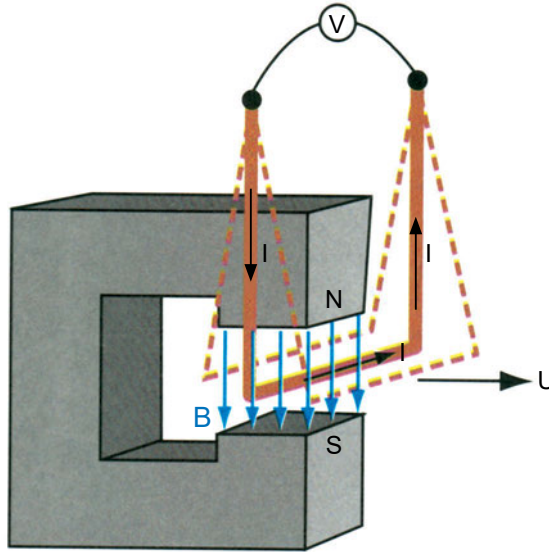
Ανάλογα με τη μορφή του ρεύματος που λειτουργούν οι ηλεκτρικές μηχανές (γεννήτριες και κινητήρες), διακρίνονται:

- Σε ηλεκτρικές μηχανές Συνεχούς Ρεύματος (Σ.Ρ.) ή Direct Current (D.C.)
- Σε ηλεκτρικές μηχανές Εναλλασσόμενου Ρεύματος (Ε.Ρ.) ή Alternative Current (A.C.), μονοφασικές ή τριφασικές.

8.2.1 Αρχή λειτουργίας του εναλλακτήρα (γεννήτριας εναλλασσόμενου ρεύματος)

Αν μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο κινήσουμε έναν αγωγό κατά τρόπο ώστε να κόβει τις μαγνητικές γραμμές, τότε στα άκρα του αγωγού θα αναπτυχθεί μια ηλεκτρεγερτική δύναμη (Η.Ε.Δ.) εξ επαγωγής.

Αν ο αγωγός εξωτερικά κλείνει κύκλωμα, τότε εξ αιτίας της επαγόμενης ΗΕΔ ή της τάσης U που επικρατεί στα άκρα του αγωγού θα κυκλοφορήσει ένα ρεύμα I στο κύκλωμα αυτό. (βλέπε σχήμα 8.2.1.α)



Σχ. 8.2.1.α Ανάπτυξη ΗΕΔ εξ επαγωγής σε αγωγό που κινείται μέσα σε μαγνητικό πεδίο και κόβει τις μαγνητικές γραμμές

Υπενθυμίζουμε ότι το μέγεθος της αναπτυσσόμενης τάσης εξ επαγωγής είναι:

$$E = B \cdot \ell \cdot u$$

σε Volts, δηλαδή ανάλογο με:

- τη μαγνητική επαγωγή B (σε Tesla, $1 \text{ Tesla} = 1 \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$)
- το ενεργό μήκος του αγωγού ℓ (σε m), δηλαδή αυτό που βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο
- την ταχύτητα κίνησης του αγωγού u (σε m/s).

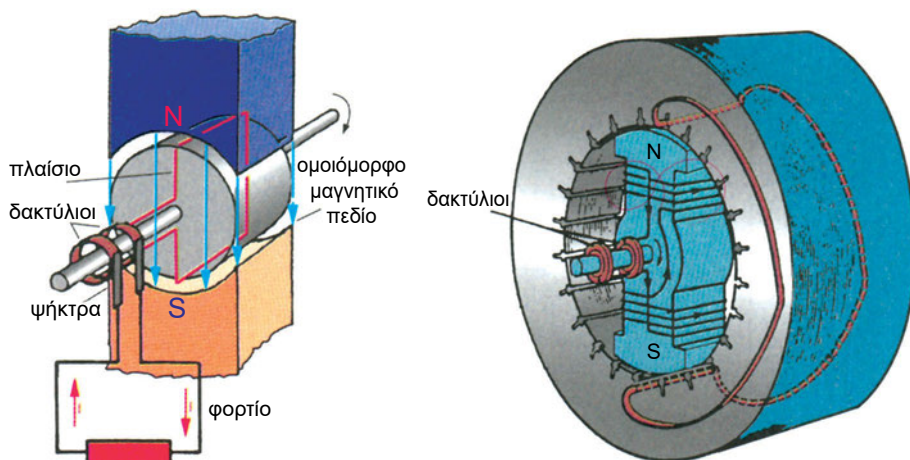


Η τάση που επάγεται στα άκρα του αγωγού οφείλεται στη μεταβολή της μαγνητικής ροής που τον επηρεάζει κατά την κίνησή του.

Ο πιο πρακτικός τρόπος που εφαρμόζεται για τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι εκείνος κατά τον οποίο περιστρέφουμε πλαίσια αγωγών μέσα σε ένα ομοιόμορφο (ομογενές) μαγνητικό πεδίο. Η παραγόμενη εξ επαγωγής τάση είναι ημιτονοειδής (οι μεταβολές της ακολουθούν την ημιτονοειδή καμπύλη).

Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται, λαμβάνουμε μέσα από μια διάταξη δυο περιστρεφόμενων και μονωμένων μεταξύ τους δακτυλίων πάνω στους οποίους εφάπτονται ψήκτρες (βλέπε σχ. 8.2.1.β.ι). Στο ίδιο αποτέλεσμα καταλήγουμε αν κρατήσουμε τα πλαίσια των αγωγών ακίνητα και

στο εσωτερικό τους περιστρέψουμε το μαγνήτη (αυτό εφαρμόζεται στις γεννήτριες μεγάλης ισχύος) (βλέπε σχ. 8.2.1.β.ii). Οι ακροδέκτες του εναλλακτήρα συνδέονται με αγωγούς με μία κατανάλωση που διαρρέεται από το εναλλασσόμενο ρεύμα.



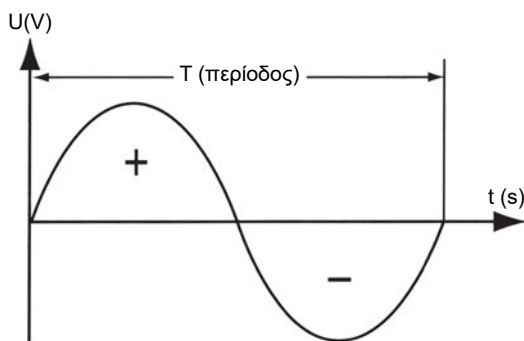
i) Κίνηση (περιστροφή) αγωγών μέσα σε σταθερό και ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο

ii) Κίνηση (περιστροφή) μαγνητικών πόλων στο εσωτερικό σταθερών πλαισίων (βρόχων αγωγών)

Σχήμα 8.2.1.β Βασικοί τρόποι μετατροπής της μηχανικής ενέργειας σε ηλεκτρική (τύποι γεννητριών)



Η μορφή της παραγόμενης εναλλασσόμενης ημιτονοειδούς τάσης φαίνεται στο σχήμα 8.2.1.γ



Σχήμα 8.2.1.γ. Μορφή εναλλασσόμενης ημιτονοειδούς τάσης, η οποία παράγεται από μονοφασικό εναλλακτήρα που φέρει ένα ζεύγος περιστρεφόμενων πόλων κατά μία πλήρη περιστροφή του δρομέα.

Χαρακτηριστικά μεγέθη εναλλασσόμενου ημιτονοειδούς ρεύματος ΕΡ.

- **Περίοδος T σε sec** Είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να γίνει μια πλήρης εναλλαγή της εναλλασσόμενης ημιτονοειδούς τάσης
- **Συχνότητα f σε c/s ή Hz** Είναι ο αριθμός των περιόδων ή πλήρων εναλλαγών της ημιτονοειδούς τάσης σε 1 sec

Ισχύει:

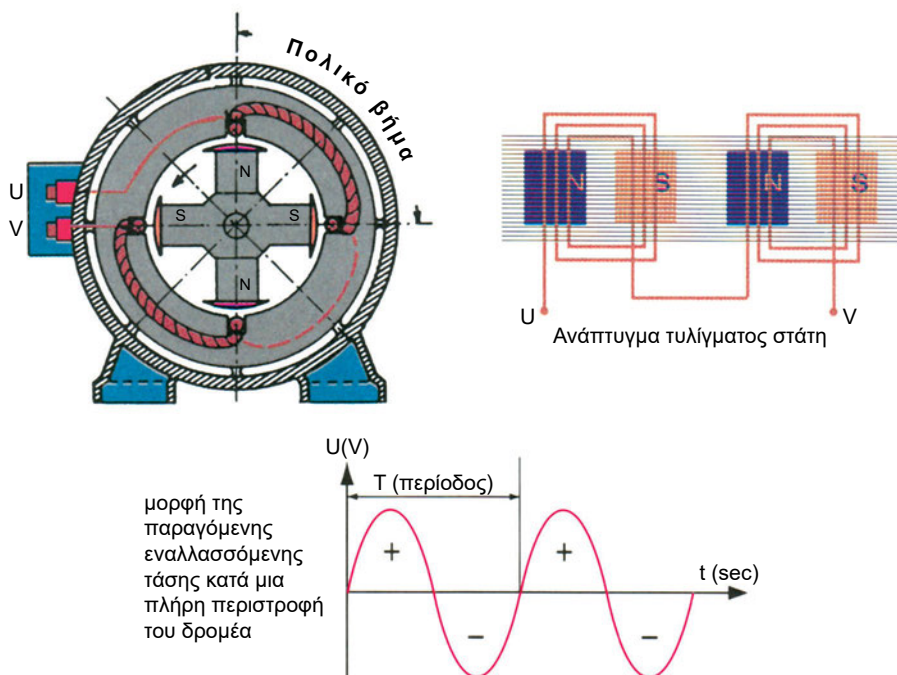
$$T = \frac{1}{f} \quad f = \frac{1}{T}$$

Μονοφασικοί εναλλακτήρες είναι δυνατόν να κατασκευαστούν και με περισσότερα του ενός ζεύγη πόλων, π.χ. με $p = 2$ (βλέπε σχήμα 8.2.1.δ).

Την ταχύτητα με την οποία πρέπει να περιστραφεί ο εναλλακτήρας για να δώσει ορισμένη συχνότητα (π.χ. για το δίκτυο ΔΕΗ, $f = 50$ Hz) ονομάζουμε **σύγχρονη ταχύτητα n_s** .

Ανάλογα με τον αριθμό ζευγών πόλων (p), έχουμε αντίστοιχα τιμές σύγχρονης ταχύτητας περιστροφής n_s :

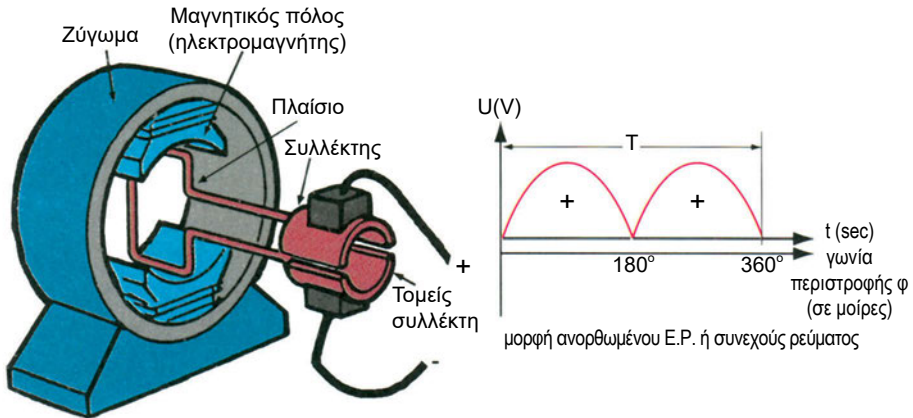
π.χ.: για $p = 1$ ζεύγος πόλων έχουμε $n_s = 3.000$ στροφές ανά λεπτό
 $p = 2$ ζεύγη πόλων έχουμε $n_s = 1.500$ στροφές ανά λεπτό
 $p = 3$ ζεύγη πόλων έχουμε $n_s = 1.000$ στροφές ανά λεπτό



Σχήμα 8.2.1.δ Τετραπολικός μονοφασικός κινητήρας (ζεύγη πόλων $p = 2$)

Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος Σ.Ρ.

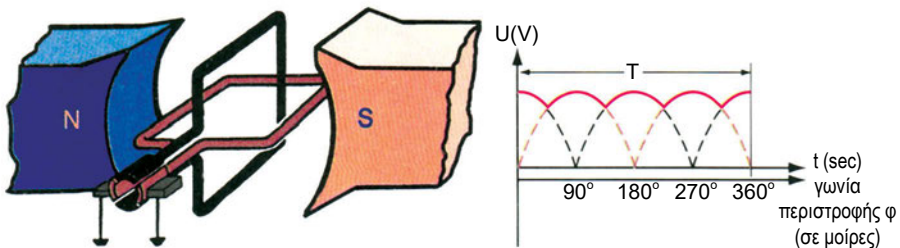
Αν τα δυο άκρα του περιστρεφόμενου πλαισίου του εναλλακτήρα (βλέπε σχ. 8.2.1.β) τα συνδέσουμε σε ένα δακτυλίδι που είναι χωρισμένο σε δύο τομείς και ονομάζεται συλλέκτης, τότε η μορφή της τάσης που θα λαμβάνουμε δεν θα εναλλάσσει τιμές (θετικές - αρνητικές), αλλά θα έχει πάντα θετικές τιμές (ανορθωμένο Ε.Ρ.)



Σχήμα 8.2.1.ε Ο συλλέκτης και οι ψήκτρες είναι μια διάταξη, με την οποία το παραγόμενο Ε.Ρ. μετατρέπεται σε Σ.Ρ.

Το Σ.Ρ. χρησιμοποιείται σήμερα σε ορισμένες εφαρμογές π.χ. στην ηλεκτρική έλξη (τρόλλεϋ, ηλεκτρικά τρένα κ.λπ.), λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς που εμφανίζουν οι κινητήρες, οι οποίοι λειτουργούν μ' αυτό.

Με τη χρήση πολλών ομάδων περιστρεφόμενων πλαισίων, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους, συνήθως σε σειρά και αντίστοιχων τομέων συλλέκτη, λαμβάνουμε τάση από τη γεννήτρια που πλησιάζει περισσότερο τη συνεχή (έχει μικρότερη κυμάτωση).



Σχήμα 8.2.1.στ Με τη χρήση περισσότερων ομάδων πλαισίων αγωγών λαμβάνουμε τάση Σ.Ρ. μέσα από το σύστημα τομέων συλλέκτη και ψηκτρών.

8.2.2 Αρχή λειτουργίας κινητήρα

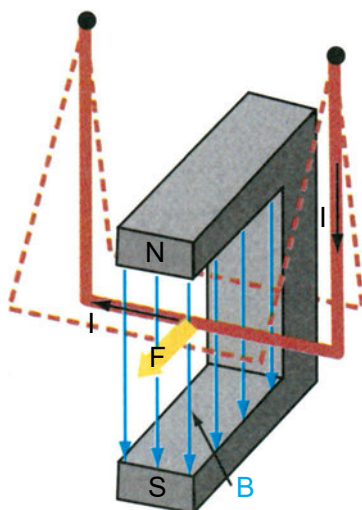
Με τους κινητήρες μετατρέπουμε την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική, δηλαδή δίνουμε ρεύμα και παίρνουμε κίνηση. Μπορούμε γενικά να θεωρήσουμε ότι ο κινητήρας είναι μια ηλεκτρική μηχανή όμοια με τη γεννήτρια την οποία όμως χρησιμοποιούμε κατ' αντίστροφο τρόπο.

Έχουμε ένα μαγνητικό πεδίο και μέσα σε αυτό έναν αγωγό. Αν διοχετεύσουμε ηλεκτρικό ρεύμα στον αγωγό τότε πάνω του θα ασκηθούν δυνάμεις και αυτός θα μετακινηθεί. Αυτό οφείλεται στην αλληλεπίδραση των μαγνητικών πεδίων του ρευματοφόρου αγωγού και του κύριου πεδίου των μαγνητικών πόλων.

Η δύναμη F (ή δύναμη Laplace) που ασκείται (βλέπε σχ. 8.2.2.α) είναι ανάλογη με:

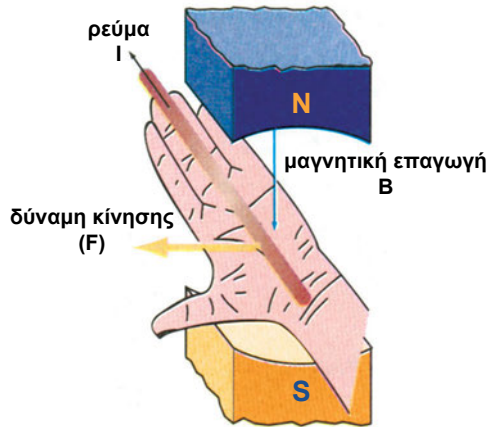
- το μέγεθος της μαγνητικής επαγωγής B
 - το ενεργό μήκος ℓ του αγωγού
 - το ρεύμα που διαρρέει τον αγωγό
- και δίνεται από τον τύπο:

$$F = B \cdot \ell \cdot I$$



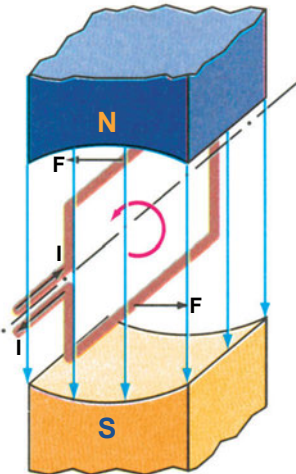
Σχήμα 8.2.2.α Δύναμη που ασκείται σε ρευματοφόρο αγωγό μέσα σε μαγνητικό πεδίο.

Η φορά της καθορίζεται από τον κανόνα του αριστερού χεριού όπως φαίνεται στο σχήμα 8.2.2.β.



Σχήμα 8.2.2.β Κανόνας αριστερού χεριού για τον προσδιορισμό της φοράς της δύναμης που ασκείται στον ρευματοφόρο αγωγό

Αν μέσα στο μαγνητικό πεδίο τοποθετηθούν πλαίσια αγωγών, τα οποία τροφοδοτούνται με ρεύμα, τότε οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις δημιουργούν ροπή ζεύγους δυνάμεων με αποτέλεσμα την περιστροφή των πλαισίων.

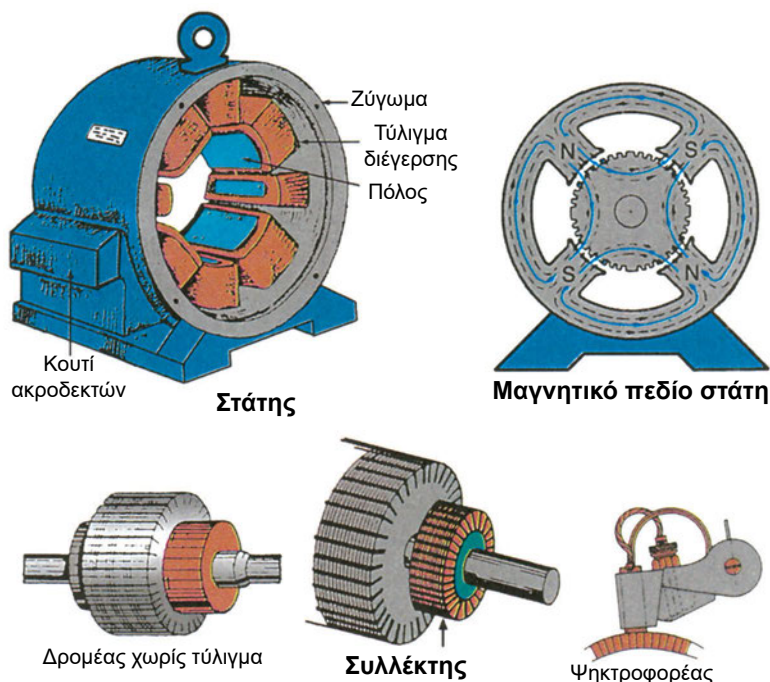


Σχήμα 8.2.2.γ Αρχή λειτουργίας ηλεκτρικών κινητήρων



Παρατήρηση: Οι γεννήτριες και οι κινητήρες Σ.Ρ. είναι μηχανές όμοιες στην κατασκευή. Η διάκρισή τους γίνεται με βάση τον τρόπο χρησιμοποίησής τους.

8.2.3 Βασικά μέρη (δομή) ηλεκτρικών μηχανών Σ.Ρ.



Σχήμα 8.2.3.α Βασικά μέρη μηχανής συνεχούς ρεύματος (αποσυναρμολογημένης)

Ο **στάτης** ή **επαγωγέας** των ηλεκτρικών μηχανών συνεχούς ρεύματος αποτελείται:

- από το **ζύγωμα**. Είναι μια χαλύβδινη στεφάνη, πάνω στην οποία στερεώνονται οι μαγνητικοί πόλοι
- από τους **μαγνητικούς πόλους** (ηλεκτρομαγνήτες). Ο πυρήνας τους αποτελείται από σιδηροελάσματα και περιβάλλεται από πηνία. Αυτά διαρρέονται από ρεύμα, το οποίο ονομάζουμε ρεύμα διέγερσης. Τα πηνία αυτά αποτελούν το **τύλιγμα διέγερσης** της μηχανής.

Ο **δρομέας** ή **επαγωγίμο**. Αποτελείται από το τύμπανο (κυλινδρικό τμήμα από σιδηροελάσματα) μέσα στα αυλάκια του οποίου τοποθετούνται οι αγωγοί με μορφή πηνίων, των οποίων τα άκρα καταλήγουν στους τομείς του **συλλέκτη**. Το ρεύμα που διαρρέει τα πηνία (τυλίγματα) του τυμπάνου το ονομάζουμε ρεύμα τυμπάνου και είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το ρεύμα διέγερσης.

Επάνω στο στάτη είναι στερεωμένος ο ψηκτροφορέας, ο οποίος φέρει τις ψήκτρες (καρβουνάκια), που εφάπτονται στους τομείς του συλλέκτη με πίεση, που ασκείται από ελατήρια.

Η τάση που παίρνουμε, με τη βοήθεια του συλλέκτη και των ψηκτρών οι οποίες γλιστρούν επάνω στους τομείς του (παραμένοντας πάντοτε σε επαφή μ' αυτούς) είναι συνεχής έχει δηλαδή την ίδια πάντοτε φορά. Οι γεννήτριες και οι κινητήρες Σ.Ρ. διακρίνονται σε 4 κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης του τυλίγματος διέγερσής τους:

Διάκριση των μηχανών Σ.Ρ. (γεννήτριες - κινητήρες)

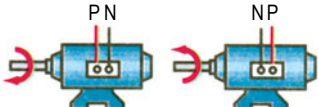
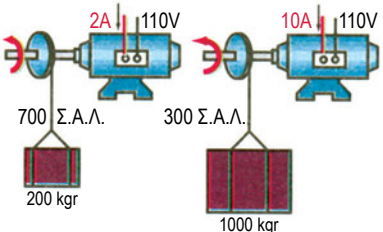
Πίνακας 8.2.α: Τυποποιημένα σύμβολα και χαρακτηρισμοί (γράμματα) που χρησιμοποιούνται για τη σχεδίαση των ηλεκτρικών μηχανών Σ.Ρ.

ΣΥΜΒΟΛΑ	ΕΞΗΓΗΣΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΙ	ΕΞΗΓΗΣΗ
	επαγωγικό τύμπανο	(+) ή P	θετικός πόλος τροφοδοσίας
		(-) ή N	αρνητικός πόλος τροφοδοσίας
	ψήκτρες	M	κινητήρας
		G	γεννήτρια
		-	συνεχές ρεύμα
	τύλιγμα διέγερσης		

Πίνακας 8.2.β: Είδη γεννητριών και κινητήρων Σ.Ρ.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΜΕ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ	ΜΕ ΔΙΕΓΕΡΣΗ ΣΕΙΡΑΣ	ΜΕ ΣΥΝΘΕΤΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ	ΜΕ ΞΕΝΗ ΔΙΕΓΕΡΣΗ
ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ				
ΕΞΗΓΗΣΗ	Το τύλιγμα διέγερσης συνδέεται παράλληλα με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου	Το τύλιγμα διέγερσης συνδέεται σε σειρά με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου	Έχουν δύο τυλίγματα διέγερσης, ένα με σύνδεση παράλληλη προς το τύλιγμα τυμπάνου και ένα με σύνδεση σειράς	Το τύλιγμα διέγερσης τροφοδοτείται από ξένη πηγή

Πίνακας 8.2.γ Ρυθμίσεις και συμπεριφορά των κινητήρων συνεχούς ρεύματος

ΡΥΘΜΙΣΗ	ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ	ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ
Αλλαγή πολικότητας του ρεύματος τροφοδότησης	Αλλαγή της φοράς περιστροφής του κινητήρα	
Αύξηση της τάσης τροφοδότησης με σταθερή την ένταση τροφοδότησης	Αύξηση των στροφών (Σ.Α.Λ.)	
Αύξηση του μηχανικού φορτίου με σταθερή την τάση τροφοδότησης του κινητήρα και την ένταση διέγερσης	Αύξηση της έντασης τροφοδότησης του κινητήρα και ανάλογη μείωση των στροφών του	

8.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ Ε.Ρ. (ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ)

8.3.1 Τριφασικοί εναλλακτήρες ή γεννήτριες Ε.Ρ.

Τις γεννήτριες Ε.Ρ. ή εναλλακτήρες τις συναντάμε στην πράξη κυρίως

- στα εφεδρικά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη
- στο αυτοκίνητο
- στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.

Οι γεννήτριες Ε.Ρ. διακρίνονται σε σύγχρονες και ασύγχρονες.

Στις σύγχρονες γεννήτριες ή εναλλακτήρες υπάρχει σταθερή σχέση ανάμεσα στην ταχύτητα περιστροφής και στη συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος.

Για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται μόνο οι σύγχρονες γεννήτριες ή εναλλακτήρες. Κύρια χαρακτηριστικά αυτών των μηχανών είναι ότι το τύλιγμα των ηλεκτρομαγνητών, γνωστό ως **τύλιγμα διέγερσης**, τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα Σ.Ρ. και η συχνότητα του παραγόμενου ρεύματος είναι ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής της μηχανής.

Οι σύγχρονες γεννήτριες Ε.Ρ. ή εναλλακτήρες διακρίνονται σε:

– **εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους.**

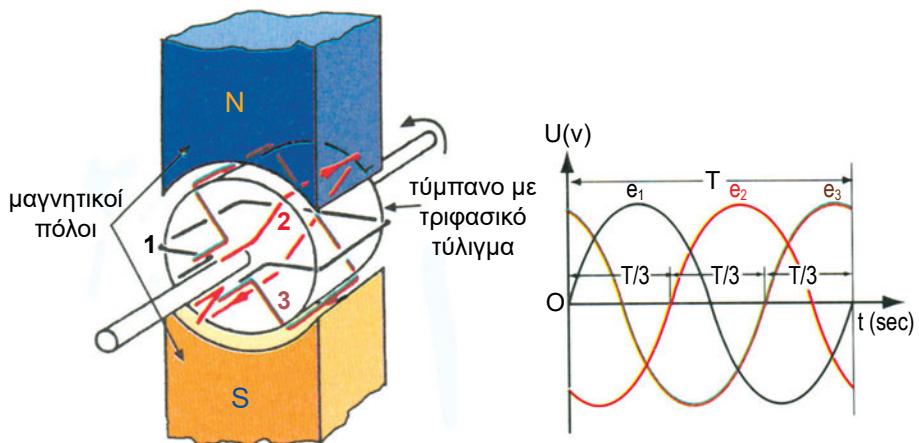
Οι μαγνητικοί πόλοι είναι τοποθετημένοι στο στάτη της μηχανής. Είναι κατάλληλοι για απαιτήσεις μικρής ισχύος και χαμηλής τάσης.

– **εναλλακτήρες με εσωτερικούς πόλους (περιστρεφόμενους).**

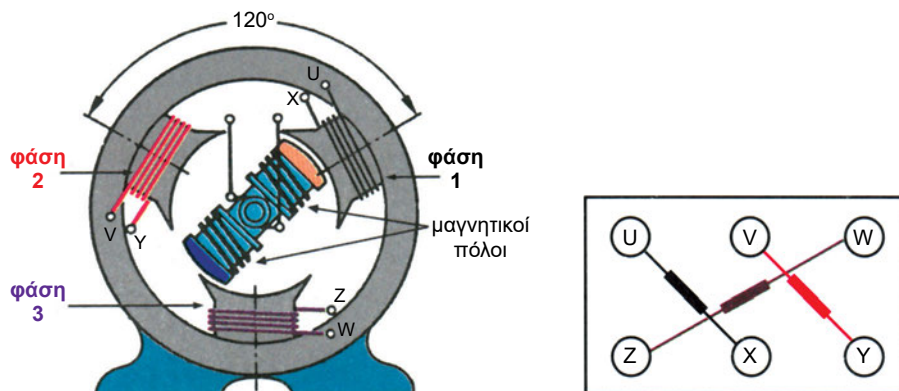
Οι μηχανές αυτές καλύπτουν ανάγκες μεγάλης ισχύος και υψηλής τάσης, π.χ. στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής

Οι εναλλακτήρες φέρουν τριφασικό τύλιγμα το οποίο αποτελείται από τρία όμοια και ανεξάρτητα μεταξύ τους μονοφασικά τυλίγματα, που αποτελούν τις τρεις φάσεις του εναλλακτήρα. Το τύλιγμα αυτό τοποθετείται είτε στο τύμπανο και περιστρέφεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο (εναλλακτήρας με εξωτερικούς πόλους, βλέπε σχ. 8.3.1.α) είτε τοποθετείται στον στάτη της μηχανής, στο εσωτερικό του οποίου περιστρέφονται οι μαγνητικοί πόλοι (εναλλακτήρας με εσωτερικούς περιστρεφόμενους πόλους, βλέπε σχ. 8.3.1.β).

Τα τυλίγματα κάθε φάσης είναι μετατοπισμένα στο χώρο το ένα από το άλλο κατά 120° . Όταν ο δρομέας περιστρέφεται, η αναπτυσσόμενη ΗΕΔ στη φάση 1 προηγείται της φάσης 2 και αυτή της φάσης 3 κατά $1/3$ της περιόδου T , αλλά έχουν το ίδιο μέγεθος και συχνότητα (βλέπε σχ. 8.3.1.α).



Σχήμα 8.3.1.α Παραγωγή εναλλασσόμενου τριφασικού ρεύματος (τριφασικός εναλλακτήρας με σταθερούς μαγνητικούς πόλους)



Σχήμα 8.3.1.β Τριφασικός εναλλακτήρας με περιστρεφόμενους ή εσωτερικούς πόλους.

8.3.2 Τριφασικοί κινητήρες

Οι κινητήρες Ε.Ρ. ανάλογα με την κατασκευή και τη λειτουργία τους χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- τους σύγχρονους και
- τους ασύγχρονους κινητήρες

👉 Σύγχρονοι κινητήρες

Οι σύγχρονοι κινητήρες περιστρέφονται με ορισμένη ταχύτητα, την οποία καλούμε σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής. Αυτή εξαρτάται από τα ζεύγη πόλων του τυλίγματος του κινητήρα και από τη συχνότητα του ρεύματος τροφοδότησής του.

Για συχνότητα $f = 50$ Hz (συχνότητα του δικτύου διανομής της ΔΕΗ) έχουμε:

ΖΕΥΓΗ ΠΟΛΩΝ (p)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ (n_s)
$p = 1$	$n_s = 3000$ στροφές / λεπτό
$p = 2$	$n_s = 1500$ στροφές / λεπτό
$p = 3$	$n_s = 1000$ στροφές / λεπτό

Άρα ισχύει

$$n_s = \frac{f \cdot 60}{p}$$

Οι σύγχρονοι κινητήρες βρίσκουν εφαρμογή:

- στην κίνηση μηχανημάτων με σταθερή ταχύτητα
- στη διόρθωση του συντελεστή ισχύος (συνφ) μιας εγκατάστασης.

Ασύγχρονοι κινητήρες

Ονομάζονται ασύγχρονοι επαγωγικοί κινητήρες επειδή δεν κινούνται με τη σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής, όπως οι σύγχρονοι, αλλά με μικρότερη.

Σ' αυτούς το ρεύμα του δρομέα αναπτύσσεται από επαγωγή λόγω της επίδρασης του στρεφόμενου και μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου του στάτη.

Κατασκευή των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων

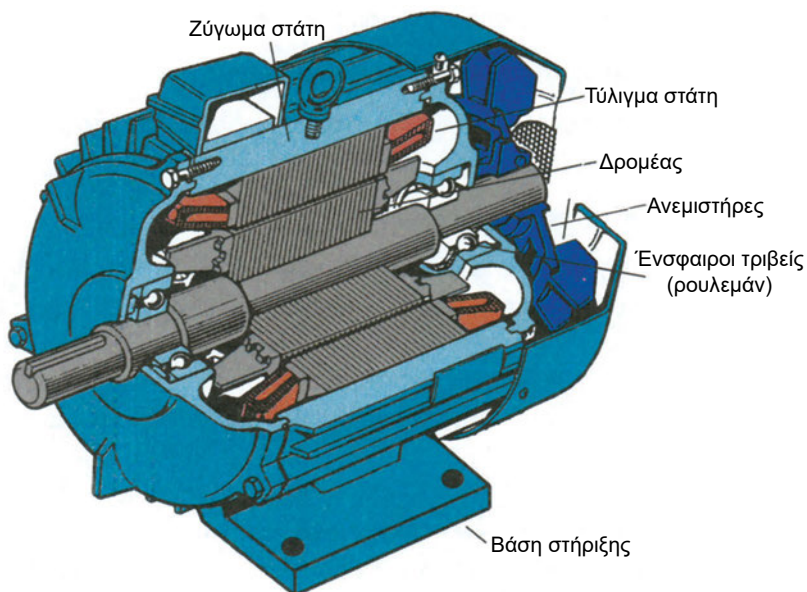
Οι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες φέρουν στο στάτη τριφασικό τύλιγμα το οποίο όταν ρευματοδοτείται δημιουργεί ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

Οι τριφασικοί κινητήρες επαγωγής, ανάλογα με την κατασκευή του δρομέα τους διακρίνονται σε δυο είδη:

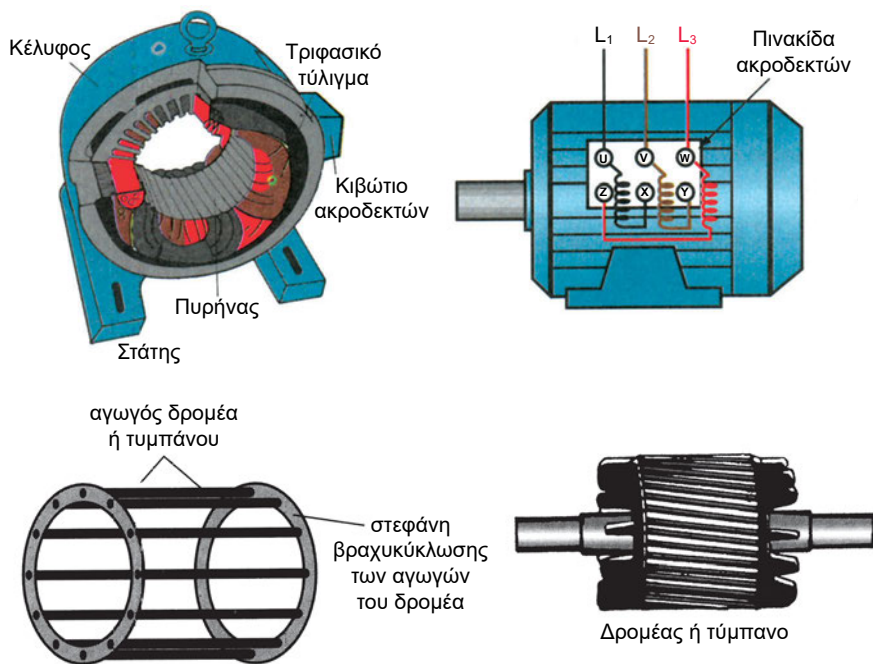
- κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα (βλέπε σχ. 8.3.2.α)
- κινητήρες με δακτυλίους (βλέπε σχ. 8.3.2.ε)

Κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα (ή τυλίγματος κλωβού)

Ο δρομέας αυτών των κινητήρων, που είναι και οι πιο διαδεδομένοι, φέρει αγωγούς βραχυκυκλωμένους (γεφυρωμένους) στα άκρα τους (βλέπε σχ. 8.3.2.β).



Σχήμα 8.3.2.α Βασικά μέρη ασύγχρονου τριφασικού επαγωγικού κινητήρα βραχυ-κυκλωμένου δρομέα



Σχήμα 8.3.2.β Βασικά μέρη ασύγχρονου τριφασικού επαγωγικού κινητήρα βραχυ-κυκλωμένου δρομέα

Το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη προκαλεί την εμφάνιση ΗΕΔ εξ επαγωγής στους αγωγούς του δρομέα, που βρίσκονται αρχικά ακίνητοι στο εσωτερικό του. Επειδή οι αγωγοί αυτοί είναι βραχυκυκλωμένοι (γεφυρωμένοι) στα άκρα τους, προκαλείται μέσα στο κλειστό τους κύκλωμα ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Έτσι οι αγωγοί του δρομέα διαρρέονται από ρεύμα και βρίσκονται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, οπότε πάνω σ' αυτούς αναπτύσσονται δυνάμεις, με αποτέλεσμα την εμφάνιση ροπής στρέψης και την περιστροφή του δρομέα.

Μετά την εκκίνηση του κινητήρα, ο δρομέας τείνει να φθάσει την ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη (σύγχρονη ταχύτητα) αλλά πάντα οι στροφές του είναι λιγότερες. Αν αυτό συνέβαινε, οι αγωγοί του δρομέα θα ήσαν ακίνητοι ως προς το μαγνητικό πεδίο και επομένως δεν θα εδημιουργείτο σ' αυτούς ΗΕΔ εξ επαγωγής άρα δεν θα κυκλοφορούσε ρεύμα και δεν θα εμφανιζόταν η ροπή στρέψης.

Η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα (στροφές n) υπολείπεται της σύγχρονης ταχύτητας περιστροφής του μαγνητικού πεδίου (στροφές n_s , βλέπε παράγραφο 8.3.2) γι' αυτό και οι μηχανές αυτές ονομάζονται ασύγχρονες. Η διαφορά των δυο ταχυτήτων εκφράζεται με ένα μέγεθος, που ονομάζουμε **ολίσθηση s** και συνήθως εκφράζεται ως ποσοστό επί τοις εκατό της σύγχρονης ταχύτητας. Όσο αυξάνει το φορτίο μειώνονται οι στροφές του κινητήρα, αυξάνει δηλαδή η ολίσθηση s .

Η ολίσθηση δίνεται από τη σχέση:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \times 100$$

Κάθε κινητήρας φέρει επικολλημένη πινακίδα με τα χαρακτηριστικά του με βάση τα οποία υπολογίζονται οι απαιτούμενες διατομές των γραμμών ρευματοδότησης, οι ασφαλιστικές διατάξεις εκκίνησης που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν κ.λπ.

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Στο σχήμα 8.3.2.γ φαίνεται η πινακίδα χαρακτηριστικών στοιχείων ενός ασύγχρονου κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα από την οποία μπορούμε να έχουμε χρήσιμες πληροφορίες γι' αυτόν.

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Αν ο κινητήρας του παραδείγματος 1 έχει τύλιγμα στάτη με 2 ζεύγη πόλων ($P = 2$) να υπολογιστεί το μέγεθος της ολίσθησης.

Λύση

Η σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου είναι:

$$n_s = \frac{f \times 60}{P} = \frac{50 \times 60}{2} = 1500 \text{ στρ / min}$$

Άρα η ολίσθηση είναι:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1500 - 1450}{1500} = \frac{50}{1500} = 0,03 \text{ ή } 3\%$$



Άσκηση

Από την παρακάτω πινακίδα χαρακτηριστικών στοιχείων ενός ασύγχρονου κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα ζητείται:

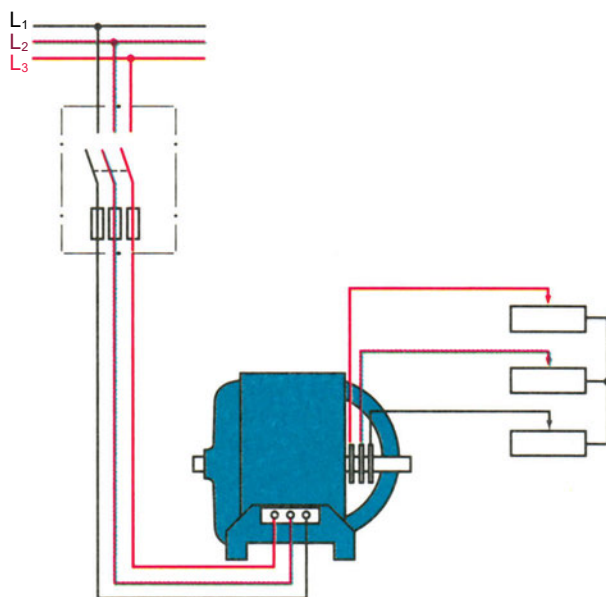
- Να αναγνωρίσετε τα βασικά χαρακτηριστικά του, όπως την αποδιδόμενη στον άξονα ισχύ και την ένταση λειτουργίας (ρεύμα γραμμής).
- Από τον αριθμό στροφών/λεπτό του κινητήρα να εκτιμήσετε τα ζεύγη πόλων του τυλίγματός του και να υπολογίσετε την ολίσθηση.
- Ποια ηλεκτρική ισχύς απορροφάται από το δίκτυο;
- Ποιος είναι ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα;

Typ					
3 ~	Mot.	Nr.			
Y 380	V	13,1	A		
5.5	kW	S1	cos φ	0,76	
960			/min	50	Hz
				V	A
Isol. -Kl. B		IP 44	64	kg	
VDE 0530 Teil 1 1972					

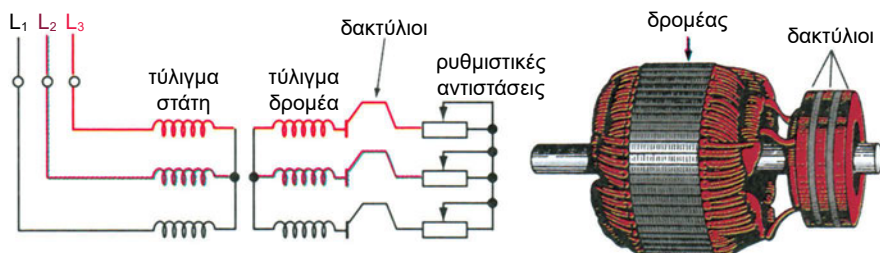
Ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες με δακτυλίους

Όπως οι ασύγχρονοι κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα έτσι και οι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες με δακτυλίους (σχ. 8.3.2.ε) φέρουν στο στάτη ένα ίδιο τριφασικό τύλιγμα, που όταν ρευματοδοτείται δημιουργεί ένα στρεφόμενο πεδίο.

Στο δρομέα υπάρχει επίσης ένα απλό τριφασικό τύλιγμα, συνήθως σε αστεροειδή σύνδεση. Το ένα άκρο τυλίγματος ενώνεται σε κοινό σημείο (κόμβος του αστέρα). Τα τρία άκρα που μένουν ελεύθερα συνδέονται εξωτερικά μέσω τριών δακτυλίων και ψηκτρών, με ρυθμιστικές αντιστάσεις σε αστεροειδή σύνδεση. Αυτές αποτελούν τη διάταξη εκκίνησης και ρύθμισης των στροφών του κινητήρα.



Εξωτερική συνδεσμολόγηση δακτυλιοφόρου κινητήρα



Σχήμα 8.3.2.ε Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας με δακτύλιους

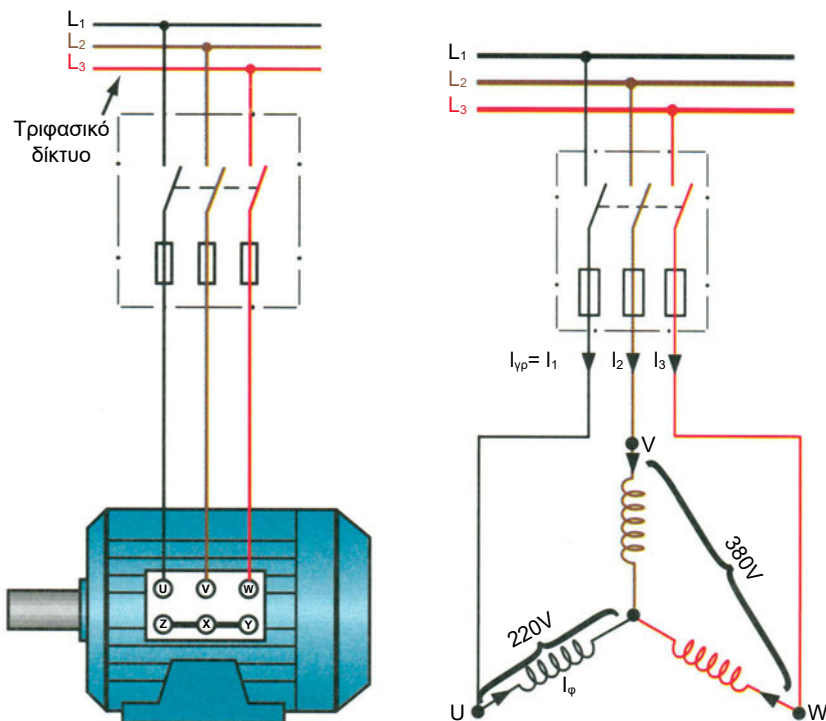
Το ρεύμα εκκίνησης ενός ασύγχρονου κινητήρα είναι τόσο μεγαλύτερο όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα του δρομέα του. Για να το περιορίσουμε παρεμβάλουμε κατά την εκκίνηση ρυθμιστικές αντιστάσεις (με τις επαφές λήψης στο άκρο δεξιά), οπότε μειώνεται το ρεύμα του δρομέα και κατ' επέκταση το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα, το οποίο σε διαφορετική περίπτωση θα ήτο 10πλάσιο του ρεύματος κανονικής λειτουργίας.

Σταδιακά αφαιρούμε τις ρυθμιστικές αντιστάσεις, μετακινώντας ταυτόχρονα προς τα αριστερά και τις τρεις ολισθαίνουσες επαφές λήψης. Όταν αυτές φθάσουν στο τέλος, έχουν αφαιρεθεί πλήρως οι αντιστάσεις και τα άκρα του τυλίγματος του δρομέα έχουν γεφυρωθεί. Στην περίπτωση αυτή ο κινητήρας στρέφεται πλέον με τον κανονικό αριθμό στροφών.

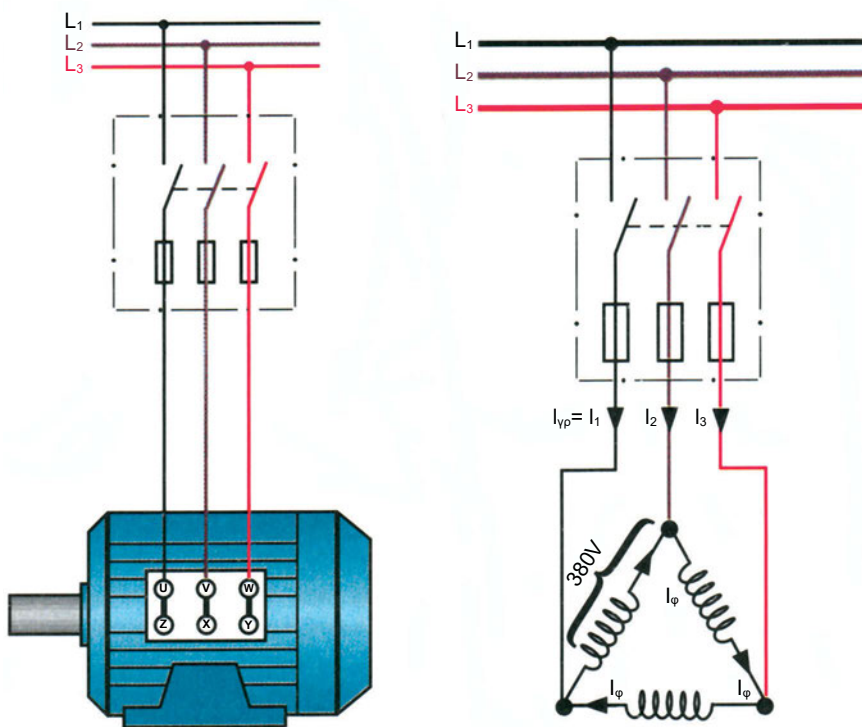
🔌 Τρόποι σύνδεσης τριφασικών καταναλώσεων – κινητήρων

Υπάρχουν δυο δυνατοί τρόποι σύνδεσης των τριφασικών καταναλώσεων σε ένα τριφασικό σύστημα, (βλέπε σχ. 8.3.2.στ).

● Η σύνδεση κατά αστέρα (Y)



● **Η σύνδεση κατά τρίγωνο (Δ)**



Σχήμα 8.3.2.στ Δυνατοί τρόποι σύνδεσης τριφασικού κινητήρα

Στη σύνδεση των τυλιγμάτων του κινητήρα **κατά αστέρα (Y)**:

- το ρεύμα της γραμμής είναι ίσο με το ρεύμα κάθε τυλίγματος (ή φάσης του κινητήρα)

$$I_{\gamma\phi} = I_1 = I_2 = I_3$$

- το κάθε τύλιγμα βρίσκεται υπό τάση 220V

Στη σύνδεση των τυλιγμάτων (ή φάσεων) του κινητήρα **κατά τρίγωνο (Δ)**:

- το ρεύμα της γραμμής είναι $\sqrt{3} = 1,73$ φορές μεγαλύτερο από το ρεύμα του τυλίγματος (ή φάσης)

$$I_{\gamma\phi} = \sqrt{3} I_{\phi}$$

- το κάθε τύλιγμα βρίσκεται υπό τάση 380V.

► Εκκίνηση των ηλεκτρικών κινητήρων

Οι τριφασικές καταναλώσεις, άρα και οι τριφασικοί κινητήρες μπορούν να ρευματοδοτηθούν από το δίκτυο ΔΕΗ έχοντας συνδεδεμένα τα τυλίγματα των φάσεων του στάτη κατά Υ ή κατά Δ.

Ας συγκρίνουμε τις δύο αυτές συνδεσμολογίες για τον ίδιο κινητήρα, αναζητώντας την τιμή του ρεύματος γραμμής και θεωρώντας ότι η αντίσταση του κάθε τυλίγματος (ή φάσης) του κινητήρα είναι π.χ. $Z = 10 \Omega$:

α) Σύνδεση κατά Υ

$$\text{κατά προσέγγιση έχουμε: } I_{\gamma\rho} = I_{\varphi} = \frac{U}{Z} \Rightarrow I_{\gamma\rho} = \frac{220 \text{ V}}{10 \Omega} = \mathbf{22 \text{ A}}$$

β) Σύνδεση κατά Δ

$$\text{κατά προσέγγιση έχουμε: } I_{\gamma\rho} = \sqrt{3} I_{\varphi}, \quad \text{όπου} \quad I_{\varphi} = \frac{380 \text{ V}}{10 \Omega} = 38 \text{ A}$$

$$\text{άρα} \quad I_{\gamma\rho} = 1,73 \quad I_{\varphi} = 1,73 \times 38 = \mathbf{66 \text{ A}}$$

Παρατηρούμε ότι ο ίδιος κινητήρας απορροφά τριπλάσιο ρεύμα γραμμής στη σύνδεση κατά Δ από ό,τι στη σύνδεση κατά Υ. Αυτό έχει ως συνέπεια να αποδίδει και τριπλάσια ισχύ.

$$I_{\text{γραμμής κατά } \Delta} = 3 \times I_{\text{γραμμής κατά } \Upsilon}$$

στο παράδειγμά μας: $66\text{A} = 3 \times 22\text{A}$

Κατά τη ζεύξη ενός τριφασικού κινητήρα με το δίκτυο η ένταση του ρεύματος εκκίνησης μπορεί να φθάσει το 10πλάσιο του ρεύματος κανονικής λειτουργίας για μερικά δευτερόλεπτα.

Το γεγονός αυτό προκαλεί **βύθιση της τάσης του δικτύου**, η οποία προκαλεί προβλήματα στη λειτουργία των άλλων καταναλωτών του δικτύου και υπερθέρμανση στα τυλίγματα του κινητήρα.

Η ΔΕΗ δεν επιτρέπει την απ' ευθείας σύνδεση τέτοιων κινητήρων στο δίκτυο εκτός και αν είναι μικρής ισχύος ($\leq$ των 2 HP). Οι μεγαλύτερης ισχύος κινητήρες συνδέονται με το δίκτυο μέσω ειδικών διατάξεων, που ελαττώνουν το ρεύμα εκκίνησης,

Π.χ. **Οι ασύγχρονοι κινητήρες με δακτυλίους** συνδέονται απ' ευθείας στο δίκτυο (ανεξαρτήτως ισχύος) και η μείωση του ρεύματος εκκίνησης επιτυγχάνεται, όπως ήδη γνωρίσαμε, με τη σύνδεση σε σειρά στο τύλιγμα του δρομέα ρυθμιστικών αντιστάσεων.

Στους **ασύγχρονους τριφασικούς κινητήρες** βραχυκυκλωμένου δρομέα η πιο συνηθισμένη διάταξη είναι ο **διακόπτης αστέρα-τριγώνου**. Ο κινητήρας εκκινεί με τα τυλίγματα του συνδεδεμένα σε αστέρα. Έτσι, το ρεύμα εκκίνησής του είναι μεν αυξημένο, έως και 10 φορές, σε σχέση όμως με το ρεύμα λειτουργίας του σε σύνδεση αστέρα και όχι σε σχέση με την κανονική σύνδεσή του σε τρίγωνο, οπότε θα ήταν τριπλάσιο. Όταν ο κινητήρας αποκτήσει τις ονομαστικές του στροφές, η συνδεσμολογία των τυλιγμάτων του κινητήρα μετατρέπεται αυτόματα σε σύνδεση κατά τρίγωνο.

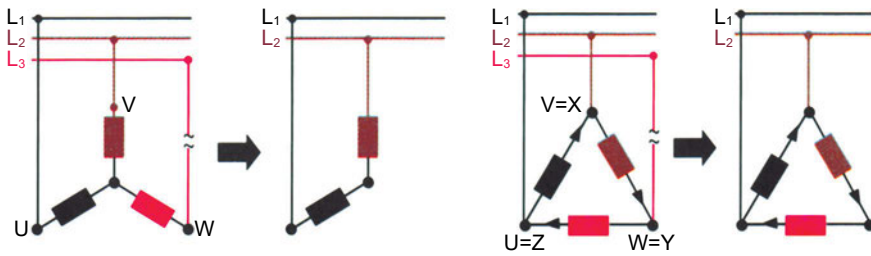
Εκκίνηση ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με αυτόματο διακόπτη αστέρα-τριγώνου (Υ-Δ)

Ο αυτόματος διακόπτης Υ-Δ μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για την εκκίνηση κινητήρων, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι να λειτουργούν σε σύνδεση Δ. Στην περίπτωση χρήσης του διακόπτη δεν χρησιμοποιούνται λαμπάκια στο κιβώτιο ακροδεκτών για εσωτερικές συνδέσεις. Από τους έξι ακροδέκτες του κινητήρα ξεκινούν (6) έξι αγωγοί οι οποίοι καταλήγουν στον αυτόματο διακόπτη Υ-Δ.

Πιέζοντας το μπουτόν εκκίνησης (START) αυτόματα ο κινητήρας συνδέεται σε σύνδεση αστέρα (Υ) και ξεκινά. Μετά παρέλευση χρόνου περίπου $10 \div 20$ sec, αυτόματα η συνδεσμολογία των τυλιγμάτων του κινητήρα μετατρέπεται σε σύνδεση τριγώνου (Δ), δηλαδή σύνδεση κανονικής λειτουργίας του κινητήρα.

8.3.3. Ασύγχρονοι μονοφασικοί κινητήρες

Αν στον ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα, ο οποίος εργάζεται χωρίς φορτίο ή με μικρό φορτίο, διακοπεί ένας από τους τροφοδοτικούς αγωγούς, παρατηρούμε ότι ο κινητήρας εξακολουθεί να περιστρέφεται. Αν όμως τον σταματήσουμε και θελήσουμε να τον θέσουμε σε κίνηση θα παρατηρήσουμε ότι δεν ξεκινά εκτός και αν του δώσουμε περιστροφική ώθηση με το χέρι μας προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Κάτω από τις συνθήκες αυτές λειτουργίας (απώλεια μιας φάσης π.χ. από πτώση ασφάλειας) ο κινητήρας δεν μπορεί να αποδώσει όλη του την ισχύ (αποδίδει περίπου τη μισή) και φυσικά την αντίστοιχη ροπή. Αν ο κινητήρας εργαζόταν υπό πλήρες φορτίο θα ακινητοποιούνταν και θα βούιζε χαρακτηριστικά. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει άμεσα να διακοπεί η τροφοδότησή του.



Σχήμα 8.3.3.α Λειτουργία ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με απώλεια μιας φάσης

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι, μετά την απώλεια μιας φάσης, τα τυλίγματα των τριών φάσεων αποτελούν όλα μαζί μονοφασικό τύλιγμα. Κάτω από αυτές τις συνθήκες ο κινητήρας δεν μπορεί να ξεκινήσει, διότι το μονοφασικό ρεύμα (πολικής τάσης 380V) δεν δημιουργεί μόνο του περιστρεφόμενο πεδίο.

Τοποθετώντας στον στάτη ενός μονοφασικού κινητήρα ένα βοηθητικό τύλιγμα μπορούμε να δημιουργήσουμε κατά τη διάρκεια της εκκίνησης περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

Τα παραπάνω επιτυγχάνουμε με διάφορους τρόπους και αντιστοίχως έχουμε τους εξής τύπους μονοφασικών κινητήρων:

α) Μονοφασικούς κινητήρες Ι) με αντίσταση ΙΙ) με πυκνωτή

Βασικά είναι κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα που έχουν επιπρόσθετα ένα βοηθητικό τύλιγμα το οποίο παρουσιάζει:

- μεγάλη ωμική αντίσταση, ή
- χωρητικότητα (έχει συνδεδεμένους σε σειρά 1 ή 2 πυκνωτές)



β) Μονοφασικούς κινητήρες σειράς

Φέρουν μέσα στα αυλάκια του στάτη μονοφασικό τύλιγμα (τύλιγμα διέγερσης) το οποίο συνδέεται σε σειρά με το τύλιγμα τυμπάνου.

γ) Μονοφασικούς κινητήρες γιουνιβέρσαλ

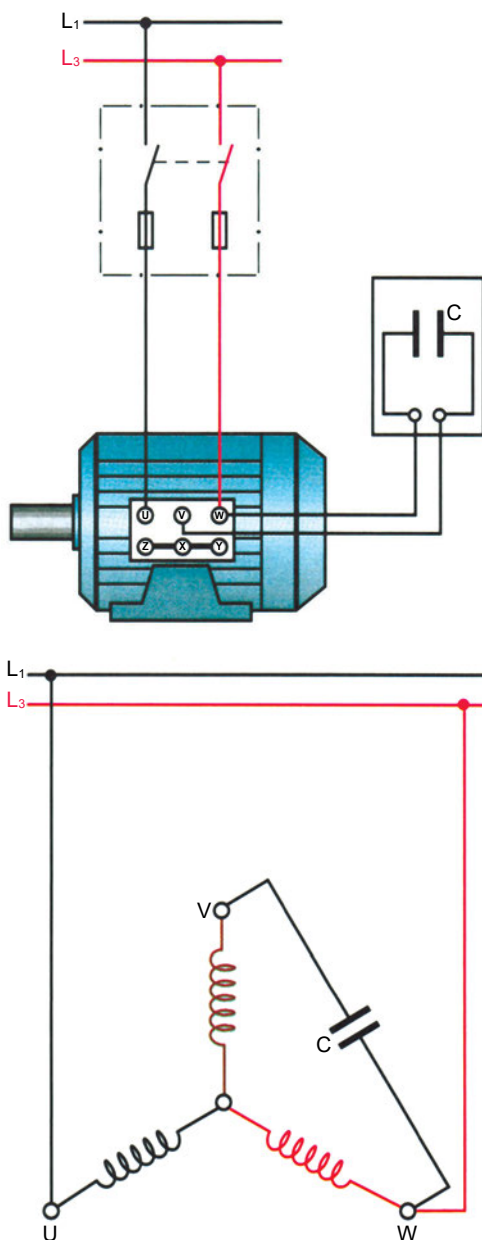
Είναι κινητήρες μικρής ισχύος κατάλληλοι να λειτουργούν στο Σ.Ρ. και Ε.Ρ.

δ) Μονοφασικούς κινητήρες αντίδρασης

Χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις όπου απαιτείται ευρεία ρύθμιση των στροφών (π.χ. σε εργαλειομηχανές)

► **Λειτουργία τριφασικού κινητήρα ως μονοφασικού**

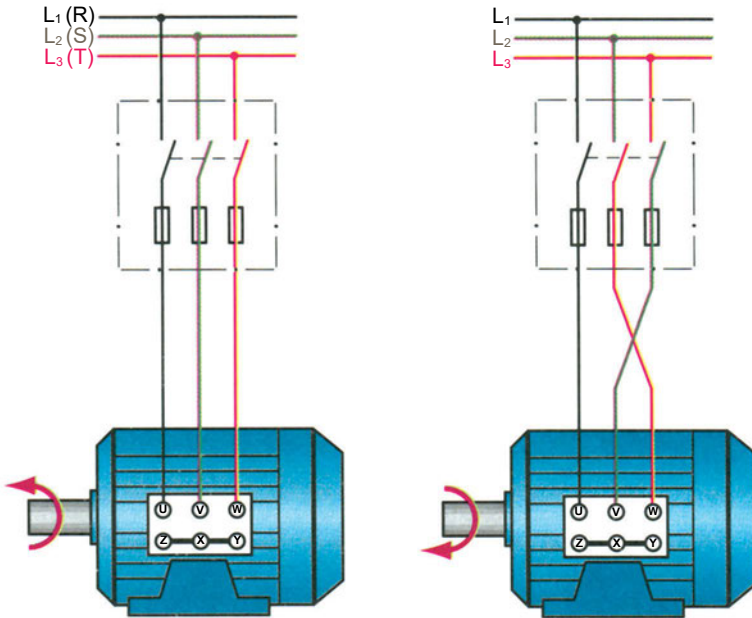
Μικροί τριφασικοί κινητήρες είναι δυνατόν να λειτουργήσουν ως μονοφασικοί με μειωμένη ισχύ και να εκκινούν μόνοι τους με την κατάλληλη σύνδεση ενός πυκνωτή στα τυλίγματα τους, όπως αυτό φαίνεται στο σχήμα 8.3.3.β.



Σχήμα 8.3.3.β Τριφασικός κινητήρας χρησιμοποιούμενος ως μονοφασικός

8.3.4. Αλλαγή της φοράς περιστροφής

Η φορά περιστροφής ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα είναι ίδια με τη φορά περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη. Μπορούμε να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής με αντιμετάθεση των συνδέσεων (στο κιβώτιο ακροδεκτών) σε δυο από τους τρεις αγωγούς τροφοδοσίας του κινητήρα, όπως αυτό φαίνεται στο σχήμα 8.3.4.



Σχήμα 8.3.4. Αλλαγή φοράς περιστροφής ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα με αντιμετάθεση των συνδέσεων σε δύο αγωγούς τροφοδοσίας

8.3.5. Χρήση των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων

Για την επιλογή ενός ηλεκτροκινητήρα λαμβάνονται υπόψη:

- Οι απαιτήσεις σε ισχύ, kW (καθορίζουν το μέγεθος του κινητήρα)
- Ο απαιτούμενος αριθμός στροφών καθώς και η σταθερότητα των στροφών τους όταν μεταβάλλεται το φορτίο (κινητήρες σταθερής ή μεταβλητής ή ρυθμιζόμενης ταχύτητας).
- Οι συνθήκες λειτουργίας (π.χ. συνεχής λειτουργία, περιοδικά διακοπτόμενη κτλ.).
- Ο βαθμός προστασίας έναντι εισχώρησης ξένων σωμάτων (νερό, σκόνη κτλ.).

Ο βαθμός προστασίας χαρακτηρίζεται από τα γράμματα **IP** και δύο αριθμούς. Ο πρώτος αριθμός δείχνει το είδος προστασίας από επαφή και εισχώρηση σκόνης, ο δεύτερος το είδος προστασίας από εισχώρηση νερού, π.χ.: **IP 44**.



Σχήμα 8.3.5.α Τρόπος χαρακτηρισμού του είδους προστασίας από εισχώρηση ξένων σωμάτων (σκόνη, νερό) κατά DIN 40050 και IEC 144

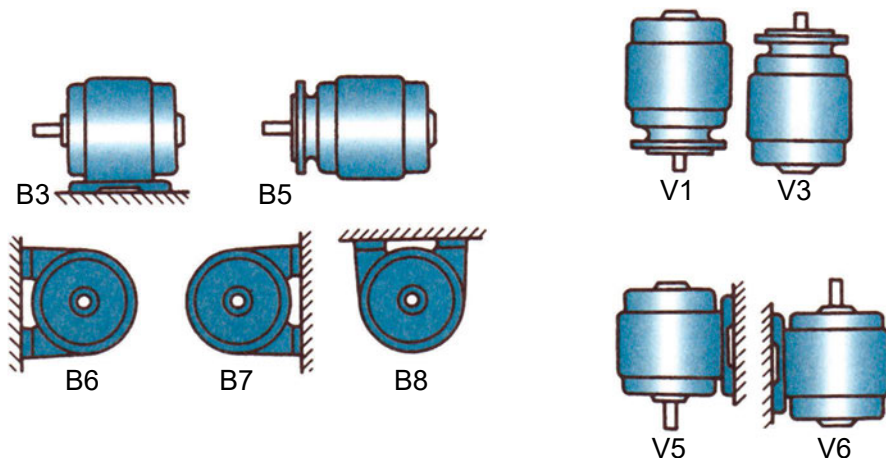
- Η μορφή έδρασης της μηχανής η οποία συμβολίζεται με ένα γράμμα και έναν αριθμό, π.χ.

A₁ έως **A₆** για μηχανές οριζόντιας διάταξης χωρίς έδρανα

B₃ έως **B₁₄** για μηχανές οριζόντιας διάταξης με έδρανα

C₁ έως **C₄** για μηχανές οριζόντιας διάταξης με εξωτερικά έδρανα

V₁ έως **V₁₉** για μηχανές κατακόρυφης διάταξης με έδρανα



Σχήμα 8.3.5.β Συνήθεις μορφές έδρασης, ηλεκτροκινητήρων γενικής χρήσης (χαρακτηρισμός κατά DIN 42950)

- Η διάταξη μετάδοσης της κίνησης προς το κινούμενο μηχανήμα π.χ. απ' ευθείας σύζευξη, χρήση μειωτήρα στροφών κ.λπ.

Πίνακας 8.3.5 Εφαρμογές κινητήρων Ε.Ρ.

ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	
Τριφασικός επαγωγικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα	Σε βιομηχανικές χρήσεις, όπου δεν απαιτείται ρύθμιση στροφών και για ισχύ μέχρι 220 kW	
Τριφασικός επαγωγικός κινητήρας με δακτυλίδια (δακτυλιοφόρος)	Σε αρκετές βιομηχανικές εγκαταστάσεις για ισχύ μέχρι 800kW. Επίσης, σε εφαρμογές όπου απαιτείται μικρή ρύθμιση των στροφών και μεγάλη ροπή κατά την εκκίνηση π.χ. μύλοι, μεγάλες αντλίες κ.λπ.	
Σύγχρονος κινητήρας	Χρησιμοποιείται εκεί όπου απαιτείται σταθερότητα στροφών π.χ. ηλεκτρικά ρολόγια, ρυθμιστικοί μηχανισμοί κ.λπ. Επίσης χρησιμοποιείται για τη βελτίωση του συνφ.	
Μonoφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα	Κινητήρας με αντίσταση	Σε περιπτώσεις απαιτήσεων μικρής ισχύος και μικρής ροπής κατά την εκκίνηση π.χ. μικροί ανεμιστήρες.
	Κινητήρας με πυκνωτή	Για μεγαλύτερη ισχύ και ροπή εκκίνησης απ' ό,τι ο κινητήρας με αντίσταση π.χ. μικρές αντλίες, ηλ. ψυγεία κ.λπ.
Μonoφασικός κινητήρας με συλλέκτη	Κινητήρας σειράς	Στα ηλεκτροκίνητα οχήματα (με συχνότητα ρεύματος $16\frac{1}{3}$ Hz
	Γιουνιβέρσαλ	Για συσκευές Σ.Ρ. και Ε.Ρ. π.χ. ξυριστικές μηχανές και άλλες οικιακές συσκευές.
	Αντίδρασης	Σε περιπτώσεις ευρείας ρύθμισης στροφών π.χ. εργαλειομηχανές

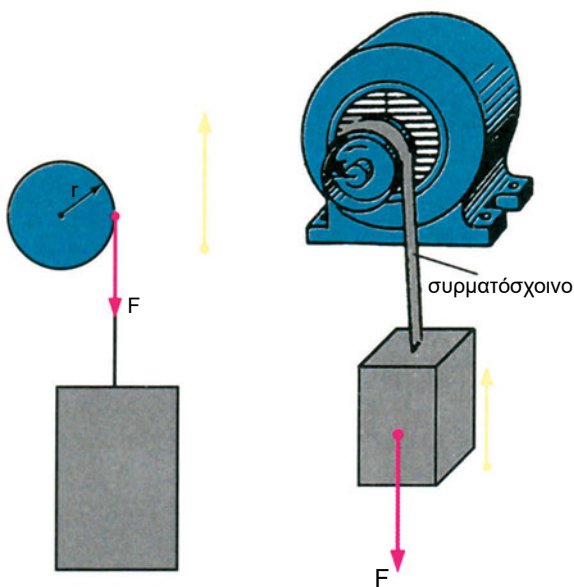
8.4 ΡΟΠΗ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Η ροπή T την οποία ο κινητήρας αναπτύσσει στον άξονα δίνεται από τη σχέση:

$$M = F \cdot r \quad \text{σε } \text{N} \cdot \text{m}$$

όπου F : η περιφερειακή δύναμη σε N

r : η απόσταση της δύναμης από τον άξονα, σε m



Η ισχύς που αποδίδεται στον άξονα κάθε κινητήρα, δηλαδή η μηχανική ισχύς αναγράφεται πάνω στην πινακίδα του και δίνεται σε Hp ή KW ($1 \text{ Hp} = 0,746 \text{ KW}$, $1 \text{ Ps} = 0,736 \text{ KW}$, $1 \text{ KW} = 1,36 \text{ Hp}$). Αν επιλεγεί κινητήρας με ισχύ μικρότερη από την απαιτούμενη, τότε ο κινητήρας θα υπερφορτιστεί και θα καεί. Αν επιλεγεί κινητήρας με ισχύ αρκετά μεγαλύτερη, τότε ο βαθμός απόδοσης και ο συντελεστής ισχύος του κινητήρα θα είναι μικροί, θα έχουμε μεγάλο ρεύμα εκκίνησης, απαιτήσεις για μεγαλύτερες διατομές αγωγών και ασφαλειών και φυσικά αυξημένα έξοδα για την αγορά και εγκατάσταση του κινητήρα.

α) Υπολογισμός της ισχύος κινητήρα για περιστροφική κίνηση φορτίου

Η απαιτούμενη μηχανική ισχύς του κινητήρα δίνεται από τη σχέση

$$P_{\mu\chi} = M \cdot \omega$$

όπου: M = ροπή (σε $N \cdot m$)

$$\omega = \frac{2\pi \cdot \nu}{60}, \quad \nu = \text{αριθμός στροφών κινητήρα ανά λεπτό (R} \cdot P \cdot M)$$

ω = γωνιακή ταχύτητα (rad/sec)

Για την ηλεκτρική ισχύ που απορροφά ο κινητήρας από το δίκτυο, ισχύει:

$$P_{\eta\lambda} = \frac{P_{\mu\chi}}{n}$$

όπου: n = βαθμός απόδοσης του κινητήρα ($n < 1$)

Στην περίπτωση όπου η ισχύς ή η ροπή δίνονται σε διαφορετικές μονάδες ισχύουν οι εξής σχέσεις:

$$1 \text{ N} = 0,102 \text{ kp}$$

$$1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$$

$$1 \text{ HP} = 764 \text{ W}$$

$$1 \text{ PS} = 736 \text{ W}$$

Υπολογισμός της ισχύος του κινητήρα για ευθύγραμμη κίνηση του φορτίου:

Κατ' αυτή το φορτίο κινείται ευθύγραμμα π.χ. γερανοί, ανελκυστήρες κ.λπ.

$$P_{\eta\lambda} = \frac{F \cdot u}{n'}$$

όπου: $P_{\eta\lambda}$ = ηλεκτρική ισχύς σε W

F = δύναμη αντίδρασης φορτίου (N)

u = ταχύτητα κίνησης φορτίου (m/sec)

n' = βαθμός απόδοσης όλης της κινητήριας διάταξης (κινητήρα και μειωτήρα στροφών)

Για να μην εργάζεται ο κινητήρας στο πλήρες φορτίο του και θορυβεί ή ζεσταίνεται επιλέγουμε κινητήρα με ισχύ κατά 25% μεγαλύτερη από την απαιτούμενη.

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Να υπολογισθεί η απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς για τη μετακίνηση φορτίου βάρους ενός τόνου με ταχύτητα 0,2 m/sec όταν ο συνολικός βαθμός της χρησιμοποιούμενης διάταξης είναι $n = 0,6$.

Λύση

$$F = 1 \text{ tn} = 1000 \text{ kp} = 10.000 \times 9,81 = 9810 \text{ N}$$

$$u = 0,2 \text{ m / sec}$$

$$n = 0,6$$

$$P_{\eta\lambda} = \frac{F \cdot u}{n} = \frac{9810 \times 0,2}{0,6} = 3270 \text{ W}$$

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

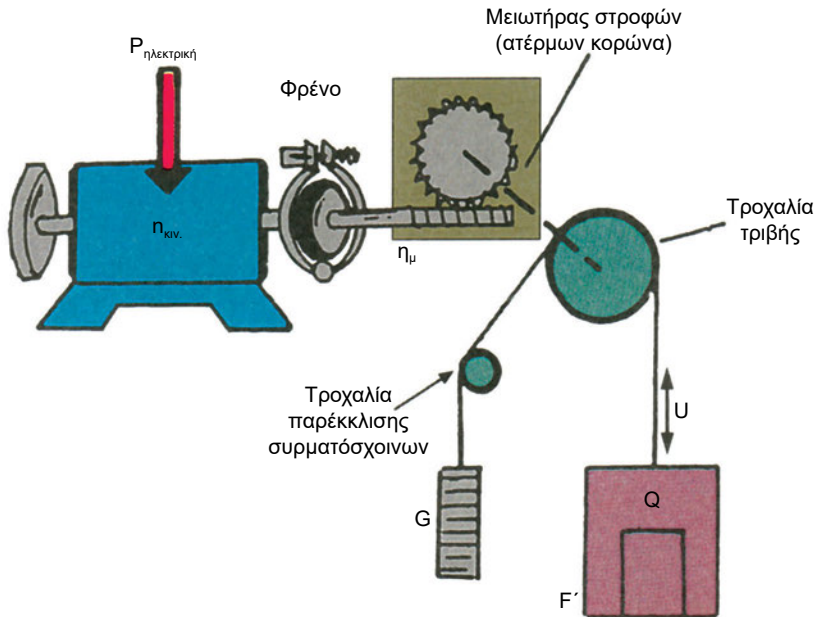
Να υπολογιστεί η ισχύς του κινητήρα (σε HP) εγκατάστασης ανελκυστήρα 4 ατόμων (ωφέλιμο φορτίο $Q = 4 \times 75 \text{ kp} = 300 \text{ kp}$) με βάρος θαλαμίσκου $F' = 300 \text{ kp}$ που κινείται με ταχύτητα $u = 0,6 \text{ m/sec}$.

Δίνονται:

βαθμός απόδοσης κινητήρα με $\eta_{\text{κιν}} = 0,6$,

βαθμός απόδοσης μειωτήρα $\eta_{\mu} = 0,5$,

$$\text{βάρος αντίβαρου } G = F' + 0,5 Q = 300 + \frac{1}{2} \times 300 = 450 \text{ kp}$$



Λύση

ολικός βαθμός απόδοσης: $\eta' = \eta_{\kappa\iota\nu} \times \eta_{\mu} = 0,6 \times 0,5 = 0,3$

αντιδρώσα δύναμη: $F = F' + Q - G = 300 + 300 - 450 = 150 \text{ kp} \times 9,81 = 1471 \text{ N}$

απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύς:

$$P_{\eta\lambda} = \frac{F \cdot U}{\eta'} = \frac{1471 \times 0,6}{0,3} = 2942 \text{ W} = 2,942 \text{ Kw} = 4,0 \text{ HP}$$

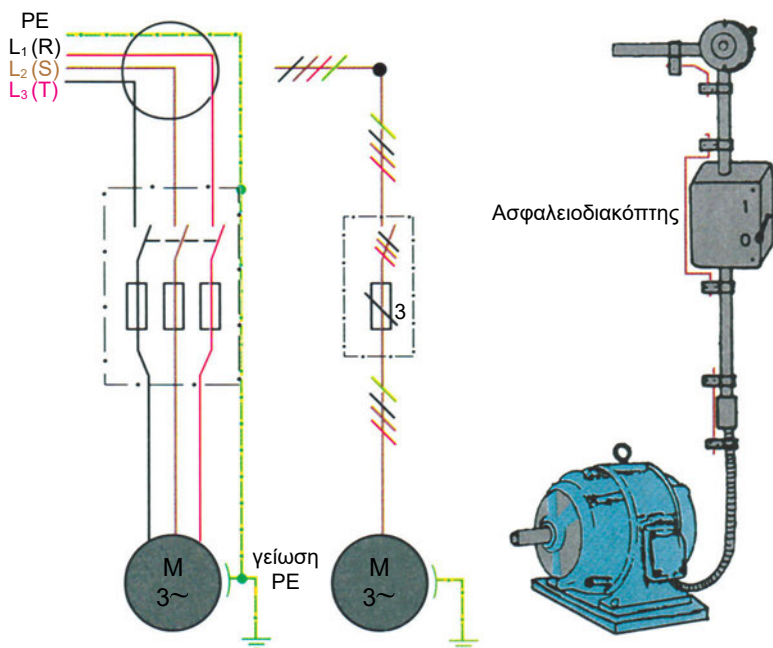
επιλέγουμε κινητήρα ισχύος κατά 25% μεγαλύτερης από την απαιτούμενη για να μην εργάζεται οριακά, δηλαδή $4 \times 1,25 = 5 \text{ HP}$.

8.5 Η ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Απ' ευθείας σύνδεση

Σε κάθε ηλεκτρολογική εγκατάσταση τριφασικού κινητήρα τοποθετείται στη γραμμή ρευματοδότησής του ένας ασφαλειοδιακόπτης, δηλαδή ένα κιβώτιο (συνήθως μεταλλικό) που περιέχει έναν τριπολικό διακόπτη και τρεις ασφάλειες τήξης. Ο διακόπτης χρησιμεύει στον έλεγχο της λειτουργίας του κινητήρα και οι ασφάλειες στην προστασία από ρεύματα βραχυκύκλωσης, τόσο του κινητήρα όσο και του τμήματος της γραμμής που βρίσκονται μετά από αυτές.

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή των αγωγών ρευματοδότησης για κινητήρες είναι $2,5 \text{ mm}^2$.



Σχήμα 8.5.α Εγκατάσταση ηλεκτροκινητήρα (απ' ευθείας σύνδεση στο δίκτυο)

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, ο ασφαλειοδιακόπτης:

- επιτρέπει τον έλεγχο της λειτουργίας του κινητήρα (ON-OFF)
- παρέχει προστασία από βραχυκύκλωμα μέσω των ασφαλειών αλλά δεν προστατεύει από **υπερφόρτιση** (μικρή αύξηση του ρεύματος πέραν του κανονικού λειτουργίας) και από **έλλειψη τάσης**.

Αν η τάση του δικτύου μειωθεί κάτω από ένα παραδεκτό όριο η λειτουργία του κινητήρα γίνεται προβληματική. Στην περίπτωση αυτή μειώνεται η

ισχύς του και δεν μπορεί να ανταποκριθεί στο φορτίο με κίνδυνο να καεί, δηλαδή να καταστραφεί το τύλιγμά του.

Αν η τάση διακοπεί και επανέλθει, ο ακινητοποιημένος κινητήρας θα επανεκκινήσει με μεγάλη πιθανότητα την πρόκληση ατυχήματος. Στην περίπτωση που έχουμε πολλούς κινητήρες, θα επανεκκινήσουν όλοι την ίδια στιγμή με πιθανότητα το δίκτυο να παρουσιάσει βύθιση στην τάση.

Αν η ένταση του ρεύματος, που απορροφά ο κινητήρας ξεπεράσει την τιμή της ονομαστικής έντασης λειτουργίας (π.χ. λόγω μικρής υπερφόρτισης, διακοπής μιας φάσης ή από χαλασμένα ρουλεμάν κ.λπ.), στην περίπτωση αυτή δεν αντιδρούν οι ασφάλειες και ο κινητήρας υπερθερμαίνεται με κίνδυνο να καταστραφεί.

Όλα τα παραπάνω τα αποφεύγουμε με την τοποθέτηση στο κύκλωμα ρευματοδότησης του κινητήρα ενός αυτόματου διακόπτη.

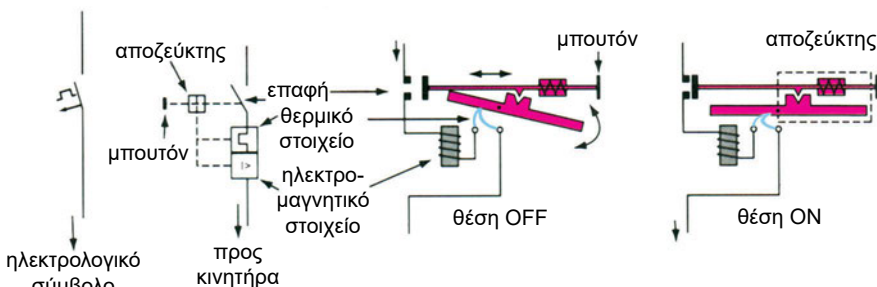
Σύνδεση κινητήρα μέσω αυτόματου διακόπτη

Οι αυτόματοι διακόπτες είναι εξοπλισμένοι με διατάξεις προστασίας οι οποίες επεμβαίνουν αυτόματα και διακόπτουν το κύκλωμα σε περίπτωση ανωμαλίας ή κινδύνου και γι' αυτό ακριβώς ονομάζονται αυτόματοι.

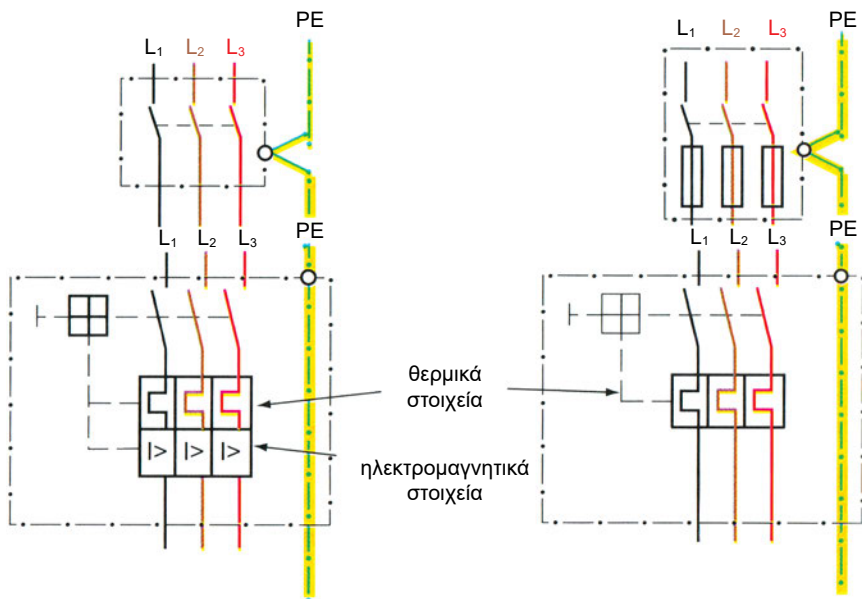
Οι διατάξεις προστασίας που έχουν οι αυτόματοι διακόπτες (σχήμα 8.5.β) στηρίζουν τη λειτουργία τους σε δυο φαινόμενα:

- τη θερμική διαστολή ενός διμεταλλικού ελάσματος και
- την ηλεκτρομαγνητική έλξη του πυρήνα ενός ηλεκτρομαγνήτη.

Τα θερμικά και ηλεκτρομαγνητικά στοιχεία προστασίας διαρρέονται σε σειρά από το ρεύμα του κυκλώματος που προστατεύουν (σχήμα 8.5.γ,δ). Το θερμικό στοιχείο αντιδρά (διακόπτει το κύκλωμα) σε περίπτωση που δημιουργηθεί υπερφόρτιση μεγάλης διάρκειας (π.χ. η διακοπή μιας φάσης που συνεπάγεται υπερφόρτιση των δυο άλλων φάσεων), ενώ το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο αντιδρά σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.

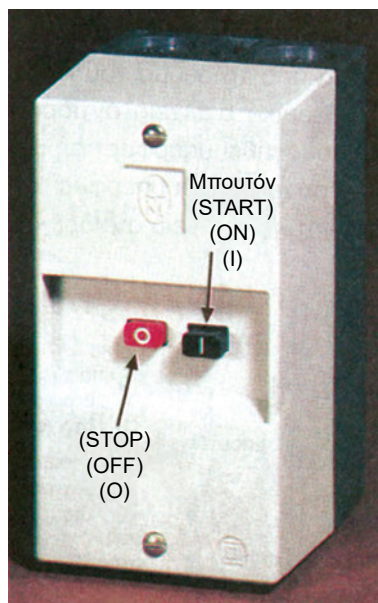
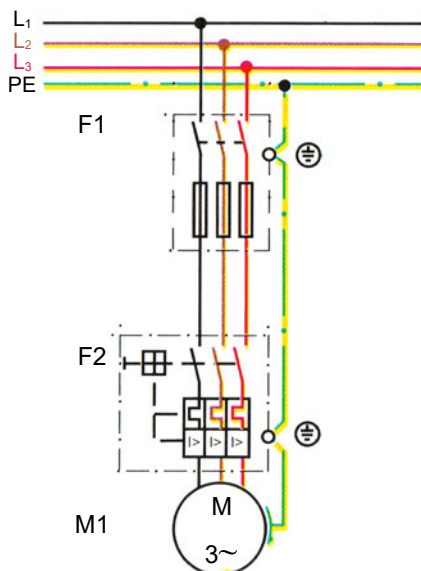


Σχήμα 8.5.β Αρχή λειτουργίας αυτόματου διακόπτη



Σχήμα 8.5.γ Συνδεσμολόγηση αυτόματου διακόπτη

Η προστασία της γραμμής και του κινητήρα από βραχυκύκλωμα εξασφαλίζεται είτε με την τοποθέτηση στη γραμμή ασφαλειών είτε με την ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικών στοιχείων προστασίας στον αυτόματο διακόπτη ισχύος (βλέπε σχ. 8.5.γ).



Σχήμα 8.5.δ Σύνδεση τριφασικού κινητήρα μέσω αυτόματου διακόπτη

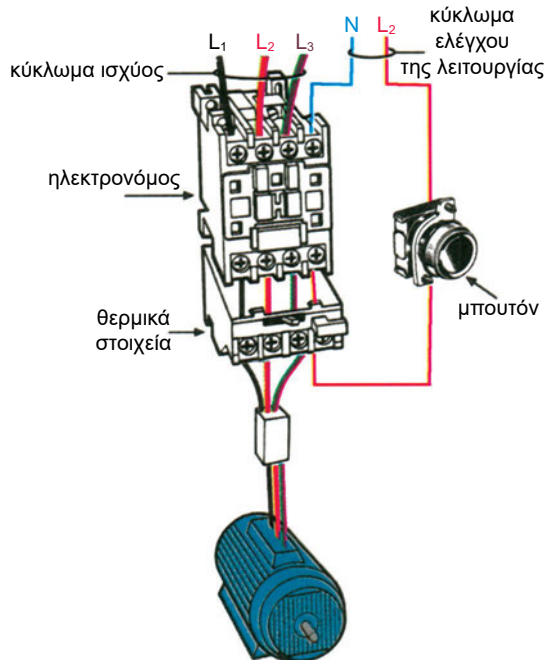
Τηλεχειριζόμενοι αυτόματοι διακόπτες

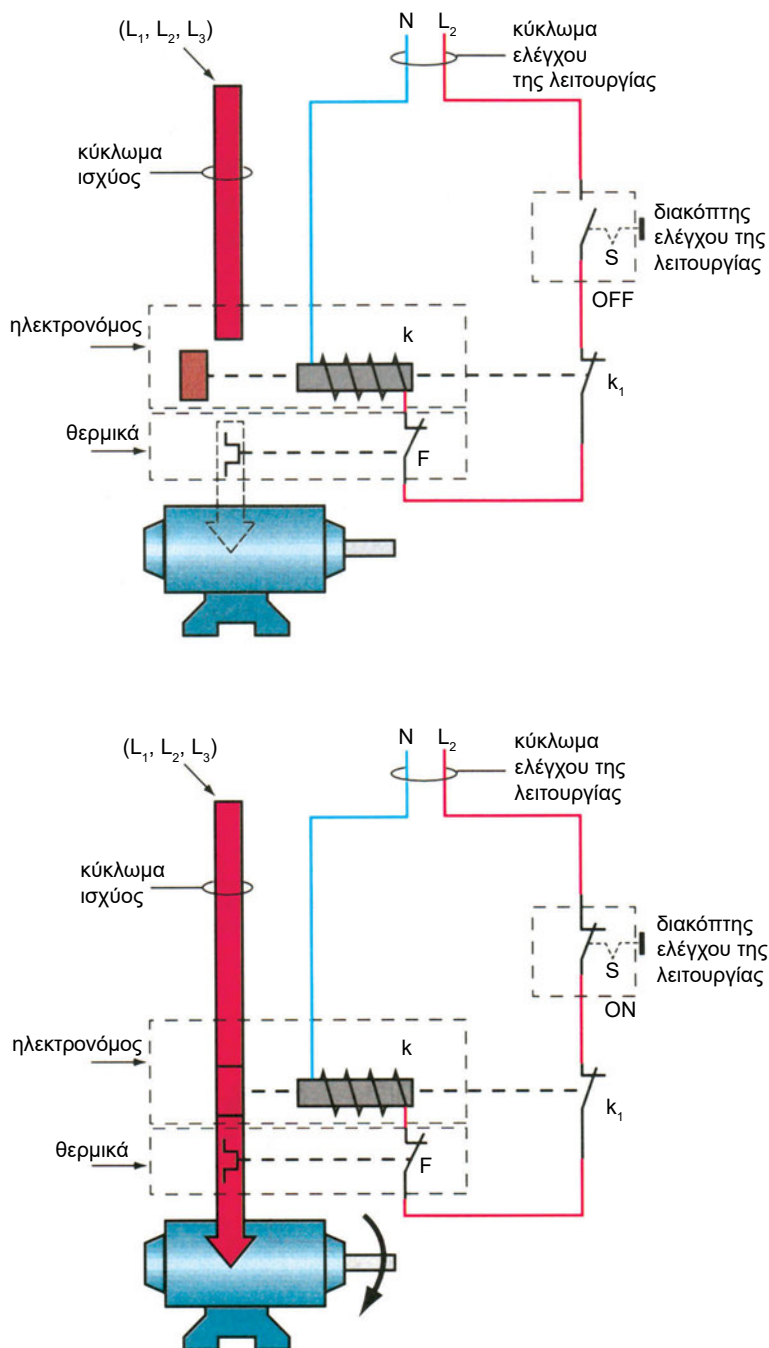
Μια ακόμα διάταξη προστασίας είναι το πηνίο έλλειψης τάσης του αυτόματου διακόπτη. Αυτό ανοίγει το κύκλωμα όταν η τάση μειωθεί σημαντικά κάτω από την κανονική τιμή. Σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος, οι κινητήρες δεν ξεκινούν αυτόματα μόλις επανέλθει το ρεύμα. Με την επαναφορά της τάσης χρειάζεται να δοθεί νέα εντολή λειτουργίας (χειρισμός) η οποία συνήθως γίνεται μέσα από το μπουτόν START ή ON ή I, (πράσινου χρώματος), εφ' όσον ο αυτόματος παίρνει εντολές από μπουτόν.

Η εντολή παύσης της λειτουργίας δίνεται με πίεση αντίστοιχα του μπουτόν STOP ή OFF ή 0 (κόκκινου χρώματος).

Τα μπουτόν χειρισμού μπορεί να είναι τοποθετημένα πάνω στο περίβλημα προστασίας (κουτί) του αυτόματου διακόπτη (σχήμα 8.5.δ) ή και να βρίσκονται μακριά της θέσης του αυτόματου διακόπτη, οπότε μας επιτρέπουν τον **τηλεχειρισμό** δηλαδή τον χειρισμό (ON-OFF) από απόσταση (σχήμα 8.5.ε).

Ο χειρισμός γίνεται είτε με στιγμιαία εντολή (από ζεύγος μπουτόν εκκίνησης και στάσης, σχήμα 8.5.ε), είτε με μια εντολή που δίνεται π.χ. από χρονοδιακόπτη, πιεζοστάτη, θερμοστάτη κ.λπ. Επειδή ο χειρισμός δεν γίνεται άμεσα με χειρολαβή και επειδή η κατάσταση λειτουργίας (σύνδεση ή διακοπή) δεν είναι άμεσα ορατή, είναι σωστό να προηγείται ένας χειροκίνητος διακόπτης.





Σχήμα 8.5.ε Αρχή λειτουργίας της τηλεσύνδεσης και τηλεδιακοπής (τηλεχειρισμός μέσω ηλεκτρονόμου)

ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Γενικά

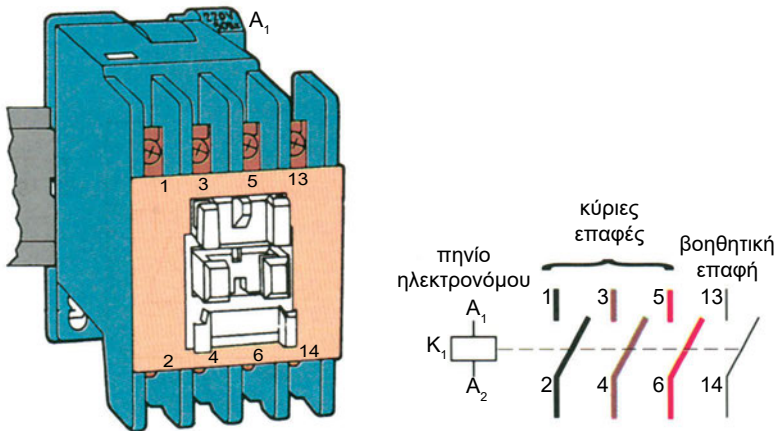
Στις εγκαταστάσεις αυτοματισμών κινητήρων οι χειροκίνητοι διακόπτες αντικαθίστανται με ηλεκτρονόμους ή αυτόματους διακόπτες. Η εντολή για την εκκίνηση (START) ή παύση της λειτουργίας του κινητήρα ή κάθε άλλη εργασία δίνεται με την πίεση αντίστοιχων κουμπιών (μπουτόν).

Όπως γνωρίσαμε, κάθε ηλεκτρονόμος έχει έναν ηλεκτρομαγνήτη. Όταν ο ηλεκτρομαγνήτης τροφοδοτηθεί με ρεύμα, έλκει τον σπλισμό του. Η κίνηση του σπλισμού μεταδίδεται μηχανικά σε ορισμένο αριθμό ηλεκτρικών επαφών, οι οποίες ανοίγουν, αν ήταν κλειστές (επαφές ηρεμίας ή απόζευξης) ή κλείνουν, αν ήταν ανοικτές (επαφές εργασίας ή ζεύξης).

Αν το πηνίο του ηλεκτρονόμου διαρρέεται από ρεύμα, λέμε ότι ο ηλεκτρονόμος είναι σε διέγερση, στην αντίθετη δε περίπτωση λέμε ότι είναι σε αποδιέγερση ή ηρεμία.

Τα πηνία, όσο και οι επαφές που ανήκουν στο ίδιο πηνίο χαρακτηρίζονται με ένα κεφαλαίο γράμμα και έναν αριθμό π.χ. K_1 , όταν υπάρχει η ανάγκη διάκρισής τους από άλλες του ίδιου κυκλώματος.

Τις επαφές ενός ηλεκτρονόμου τις διακρίνουμε σε επαφές χειρισμού (βοηθητικές) και σε επαφές λειτουργίας (κύριες), βλέπε σχήμα 8.5.ζ.



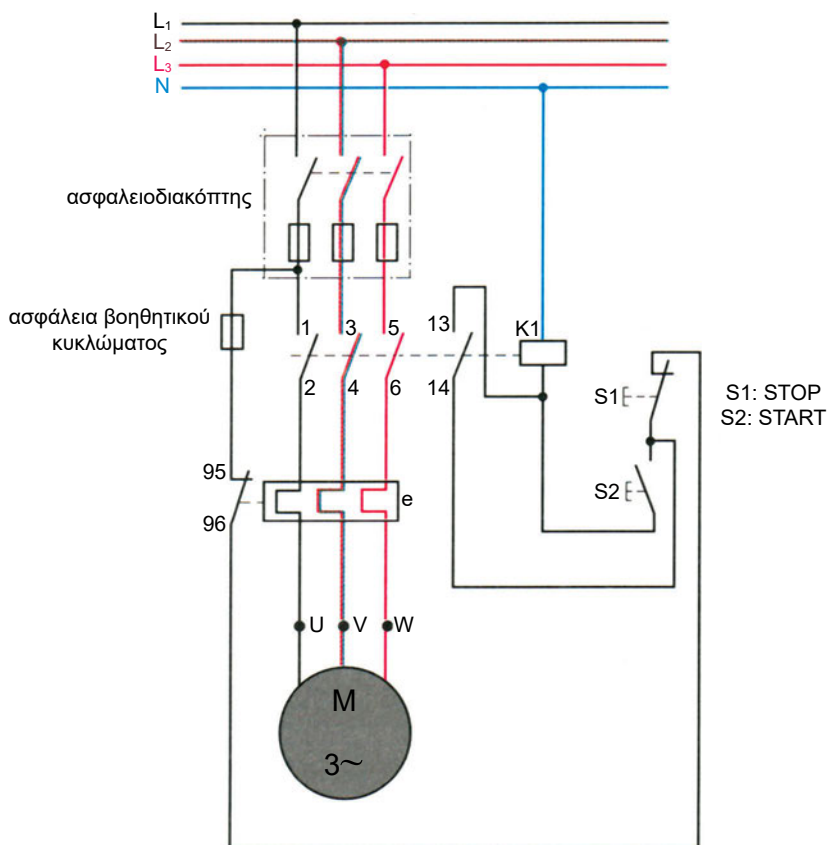
Σχήμα 8.5.ζ Ηλεκτρονόμος (εξωτερική μορφή - παράσταση επαφών)

Από τις βοηθητικές επαφές ή επαφές χειρισμού οι οποίες είναι ελαφράς κατασκευής περνάει η καθοδηγούσα ηλεκτρική ενέργεια (ρεύμα μικρής έντασης). Από τις επαφές λειτουργίας οι οποίες είναι ισχυρότερης κατασκευής από τις προηγούμενες, περνά η καθοδηγούμενη ηλεκτρική ενέργεια (ρεύμα κατανάλωσης μεγάλης σχετικά έντασης).

Εκκίνηση τριφασικού κινητήρα με αυτόματο διακόπτη (ηλεκτρονόμο)

Η χρήση του αυτόματου διακόπτη είναι απαραίτητη στους κινητήρες ισχύος πάνω από 0,5 KW. Συνήθως χρησιμοποιείται για κινητήρες ισχύος μέχρι 2,5KW χωρίς διάταξη εκκίνησης. Για μεγαλύτερη ισχύ, άνω των 2,5 KW, χρησιμοποιείται και ειδική διάταξη εκκίνησης για τον περιορισμό του ρεύματος εκκίνησης. Σ' αυτήν μερικές φορές ενσωματώνεται και ο αυτόματος (π.χ. αυτόματος διακόπτης Υ-Δ) και προσφέρεται σε ενιαίο σύνολο για διευκόλυνση των εγκαταστατών.

Ένας αυτόματος διακόπτης χαρακτηρίζεται κυρίως από την τάση λειτουργίας του πηνίου του, την ονομαστική ένταση λειτουργίας των επαφών του και από τη μέγιστη ισχύ που μπορεί να ελέγξει σε διάφορες περιπτώσεις φορτίου, π.χ. αντιστάσεις, κινητήρες κ.λπ. Ο αυτόματος παρέχει προστασία από υπερφόρτιση, διακοπή μιας φάσης και έλλειψη τάσης. Την προστασία από βραχυκύκλωμα αναλαμβάνουν οι ασφάλειες του ασφαλειοδιακόπτη.



Σχήμα 8.5.η Λειτουργία ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα μέσω αυτόματου διακόπτη (προστασία από έλλειψη τάσης και υπερφόρτιση)

Λειτουργία

Κλείνουμε τον ασφαλειοδιακόπτη (σχήμα 8.5.η) και στη συνέχεια πιέζουμε το μπουτόν S_2 (μπουτόν START ή ON ή I). Κλείνει το βοηθητικό κύκλωμα μεταξύ φάσης L_1 και ουδέτερου N. Διεγείρεται το πηνίο K_1 του αυτόματου διακόπτη, με αποτέλεσμα να κλείνουν οι τρεις κύριες επαφές του (1-2, 3-4, 5-6) και η βοηθητική επαφή 13-14 του ηλεκτρονόμου (13-14). Ο κινητήρας ξεκινά και συνεχίζει τη λειτουργία του, έστω και αν αφήσουμε ελεύθερο το μπουτόν S_2 , διότι το βοηθητικό κύκλωμα διατηρείται σε λειτουργία μέσω της κλειστής πλέον επαφής (13-14), η οποία γι' αυτό το λόγο ονομάζεται επαφή αυτοσυγκράτησης.

Σε περίπτωση υπερφόρτισης του κινητήρα (από υπέρβαση φορτίου ή διακοπή των φάσεων π.χ. από πτώση ασφάλειας) επενεργεί το θερμικό στοιχείο και ανοίγει η επαφή του 95-96, η οποία είναι συνδεδεμένη σε σειρά στο κύκλωμα του πηνίου K_1 του αυτόματου διακόπτη. Ο διακόπτης ανοίγει και παύει η λειτουργία του κινητήρα.

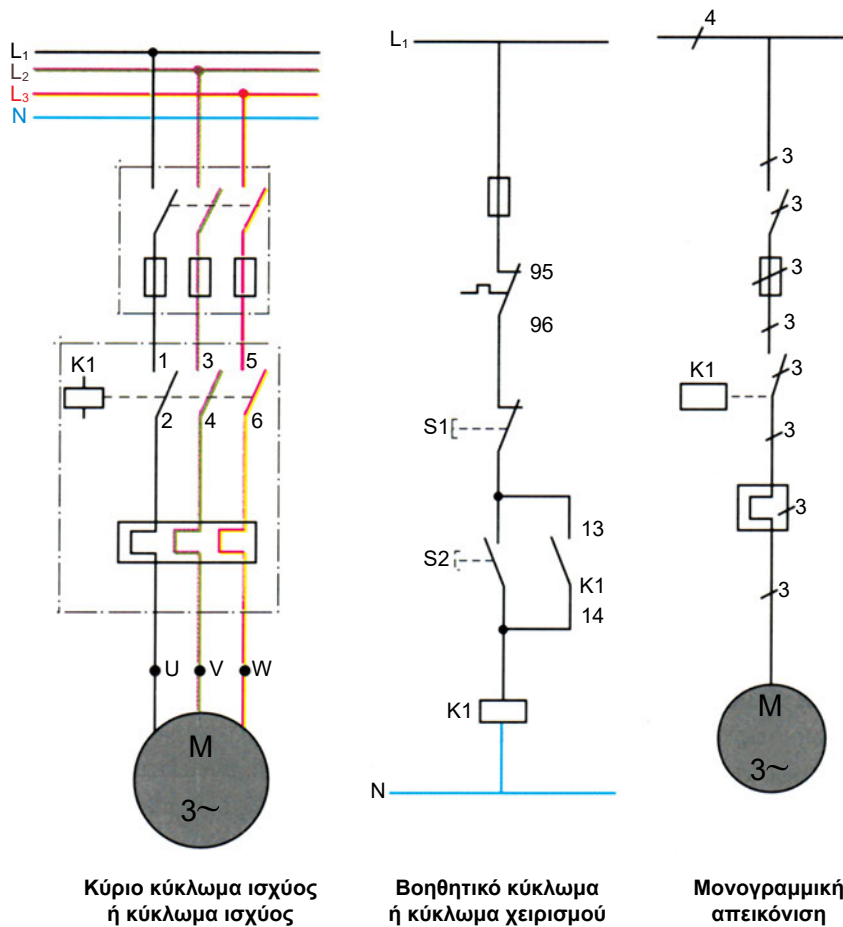
Για να επαναλειτουργήσουμε τον κινητήρα πρέπει να οπλίσουμε το θερμικό στοιχείο (πιέζουμε τον μοχλό όπλισης, κλείνει η επαφή 95-96) και να επαναλάβουμε τον χειρισμό μέσω του μπουτόν S_2 αφού προηγουμένως έχουμε εξαλείψει την αιτία που προκάλεσε την πτώση των θερμικών.

Αν η τάση του δικτύου πέσει πολύ, τότε η έλξη του ηλεκτρομαγνήτη του αυτόματου εξασθενεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε υπερνικείται από την έλξη των ελατηρίων του και ο αυτόματος ανοίγει. Το ίδιο συμβαίνει σε περίπτωση διακοπής ρεύματος (έλλειψη τάσης).

Για να λειτουργήσει πάλι ο κινητήρας, πρέπει να πιέσουμε το μπουτόν S_2 (START).

Για να σταματήσουμε τον κινητήρα δεν έχουμε παρά να πιέσουμε το μπουτόν S_1 (STOP), οπότε διακόπτεται το κύκλωμα χειρισμού και λόγω αποδιέγερσης του πηνίου K_1 ανοίγουν οι τρεις κύριες επαφές του.

Στη συνδεσμολογία (βλ. σχήμα 8.5.η) έχουν σχεδιαστεί μαζί το κύκλωμα ισχύος και το κύκλωμα χειρισμού. Αυτό, σε περιπτώσεις συνδεσμολογιών πολύπλοκων αυτοματισμών, δημιουργεί σύγχυση στην παρακολούθηση της πορείας των γραμμών και δυσκολίες στην ανεύρεση σφαλμάτων της συνδεσμολογίας, γι' αυτό συνηθίζεται να σχεδιάζονται ανεξάρτητα τα δύο κυκλώματα, όπως φαίνεται παρακάτω στο κύκλωμα του σχήματος 8.5.θ.



Σχήμα 8.5.θ Διαχωρισμός κυκλωμάτων κύριου και βοηθητικού ή χειρισμού, μονογραμμική απεικόνιση συνδεσμολογίας τριφασικού κινητήρα.

8.6 ΣΥΝΗΘΕΙΣ ΒΛΑΒΕΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Όσο καλή και αν είναι η συντήρηση των ηλεκτρικών μηχανών, λόγω των περιστρεφόμενων κυρίως μερών, οι φθορές και οι βλάβες που προέρχονται απ' αυτά είναι αναπόφευκτες.

Πρέπει τακτικά να επιθεωρούνται οι κινητήρες ώστε να εντοπίζονται έγκαιρα οι φθορές και έτσι να προλαμβάνονται μελλοντικές σοβαρές βλάβες.

Ο περιοδικός καθαρισμός, ο έλεγχος και η λίπανση πρέπει να γίνονται συστηματικά.

Παρακάτω δίνουμε σε πίνακα τις πιο συνηθισμένες βλάβες. Στην πρώτη στήλη αναφέρεται το σύμπτωμα το οποίο εμφανίζει η μηχανή όταν παρουσιάζει βλάβη, στη δεύτερη στήλη η πιθανή αιτία και στην τρίτη στήλη το τι πρέπει να γίνει, δηλαδή ποια πρέπει να είναι η θεραπεία.

Σε κάθε σύμπτωμα αντιστοιχούν συνήθως περισσότερες από μια πιθανές αιτίες, τις οποίες πρέπει να ελέγξουμε αρχίζοντας από την πιο πιθανή. Η χρήση κατάλληλων οργάνων για τον έλεγχο κρίνεται απαραίτητη.

Πίνακας 8.6 Βλάβες ηλεκτρικών κινητήρων (ασύγχρονων)

Βλάβες	Πιθανή αιτία	Θεραπεία
Ο κινητήρας δεν ξεκινάει και δεν ακούγεται βόμβος	α) Διακοπή ρεύματος β) Κάψιμο ασφαλειών γ) Κακές επαφές ή διακοπή τροφοδοτικών αγωγών ή βοηθητικών διατάξεων	α) Εξακρίβωση ύπαρξης τάσης β) Αντικατάσταση γ) Σφίξιμο ακροδεκτών ή αποκατάσταση συνέχειας αγωγών
Ο κινητήρας δεν ξεκινάει και ακούγεται κανονικός βόμβος	α) Διακοπή τυλίγματος δρομέα β) Λάθος συνδεσμολογία κιβωτίου ακροδεκτών γ) Διακοπή στο κύκλωμα του εκκινητή δ) Φθορά ή κακή επαφή εκκινητή ε) Μεγάλο φορτίο	α) Αποκατάσταση διακοπής β) Οι φάσεις του στάτη πιθανόν να είναι συνδεδεμένες σε Υ αντί σε Δ, όπως απαιτεί η τάση του δικτύου γ) Αποκατάσταση δ) Ρύθμιση πίεσης ελατηρίων ή αντικατάσταση ε) Αν το κινούμενο μηχανήμα δεν παρουσιάζει εμπλοκή πρέπει να αντικατασταθεί ο κινητήρας με μεγαλύτερο
Ο κινητήρας δεν ξεκινάει και ακούγεται ισχυρός βόμβος	α) Έλλειψη τάσης σε μια φάση β) Διακοπή φάσης στο τυλίγμα του στάτη γ) Βραχυκύκλωμα στάτη	α) Αποκατάσταση παροχής λόγω τήξης κάποιας ασφάλειας ή διακοπής αγωγού ή κακής επαφής ακροδέκτη β) Αποκατάσταση διακοπής γ) Επισκευή τυλίγματος
Υπερθέρμανση κινητήρα	α) Υπερφόρτιση β) Διακοπή μιας φάσης γ) Κακός αερισμός δ) Ο δρομέας παρεμποδίζεται στην κίνησή του ε) Λάθος συνδεσμολογία στ) Βραχυκύκλωμα στο τυλίγμα στάτη ή δρομέα ζ) Πτώση τάσης στο δίκτυο	α) Αντικατάσταση κινητήρα με μεγαλύτερο ή ελάττωση φορτίου β) Έλεγχος όπως παραπάνω γ) Καθαρισμός διόδων αέρα δ) Αλλαγή εδράνων ε) Έλεγχος και διόρθωση στ) Μερική ή ολική αντικατάσταση τυλίγματος ζ) Επιβεβαίωση και αναζήτηση αιτίας
Ο κινητήρας ξεκινάει «εν κενώ» χωρίς φορτίο και οι στροφές του πέφτουν μόλις τον φορτίσουμε	α) Διακοπή τυλίγματος δρομέα β) Λάθος συνδεσμολογία κιβωτίου ακροδεκτών γ) Διακοπή στο κύκλωμα του εκκινητή δ) Φθορά ή κακή επαφή εκκινητή ε) Πτώση τάσης στο δίκτυο	α) Αποκατάσταση διακοπής β) Οι φάσεις του στάτη πιθανόν να είναι συνδεδεμένες σε Υ αντί σε Δ, όπως απαιτεί η τάση του δικτύου γ) Αποκατάσταση δ) Ρύθμιση πίεσης ελατηρίων ή αντικατάσταση ε) Επιβεβαίωση και αναζήτηση αιτίας

8.7 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ (Μ/Σ)

Οι μετασχηματιστές είναι ηλεκτρικές μηχανές που χρησιμοποιούνται για να ανυψώσουν ή να υποβιβάσουν την τάση. Οι μηχανές αυτές δεν έχουν περιστρεφόμενα μέρη. Προσδίδεται στους μετασχηματιστές ένα ποσό ηλεκτρικής ενέργειας από μια πηγή Ε.Ρ. με δεδομένα χαρακτηριστικά (τάσης, έντασης) και αποδίδεται το ίδιο περίπου (αφαιρουμένων των απωλειών που προέρχονται κυρίως από δινορεύματα) με διαφορετικά χαρακτηριστικά (συνήθως της τάσης).

Επειδή οι μηχανές αυτές δεν έχουν περιστρεφόμενα μέρη, ο βαθμός απόδοσής τους είναι υψηλός της τάξης του 98% ($\eta = 0,98$), οπότε θεωρούμε ότι η παραλαμβανόμενη ισχύς είναι σχεδόν ίση με την αποδιδόμενη. Ο βαθμός απόδοσης δεν είναι σταθερός αλλά εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας των Μ/Σ, την κατάσταση συντήρησης ή εγκατάστασής τους.

Διακρίνουμε τους μετασχηματιστές:

Ανάλογα με την τάση εξόδου σε σχέση με την τάση εισόδου:

- σε μετασχηματιστές ανύψωσης της τάσης
- σε μετασχηματιστές υποβιβασμού της τάσης

Ανάλογα με τον προορισμό τους:

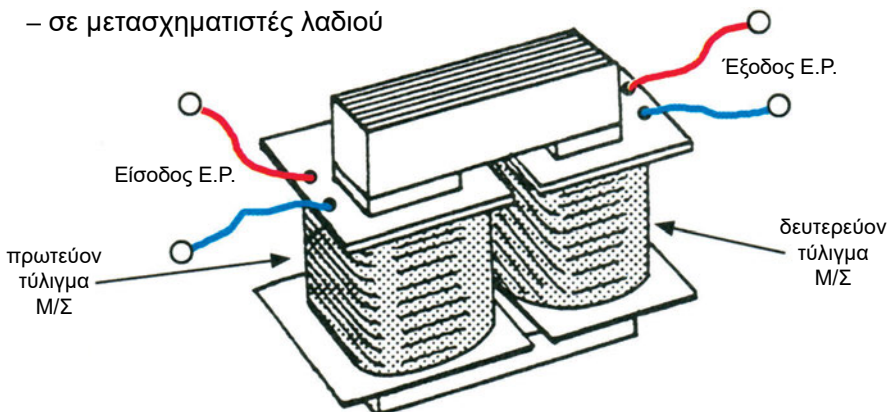
- σε μονοφασικούς μετασχηματιστές
- σε τριφασικούς μετασχηματιστές

Ανάλογα με τη χρήση τους:

- σε μετασχηματιστές ισχύος
- σε μετασχηματιστές ηλεκτρικών μετρήσεων (τάσης και έντασης)
- σε ειδικούς μετασχηματιστές (αυτομετασχηματιστές)

Ανάλογα με τον τρόπο ψύξης τους:

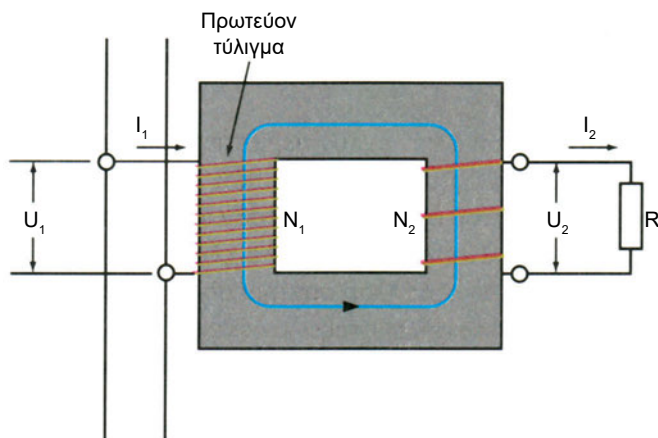
- σε ξηρούς μετασχηματιστές ή μετασχηματιστές αέρος
- σε μετασχηματιστές λαδιού



Σχήμα 8.7.α Μορφή Μ/Σ συνήθους χρήσεως

Αρχή λειτουργίας μετασχηματιστών Μ/Σ

Η λειτουργία τους στηρίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Φέρουν δυο τυλίγματα -ηλεκτρικά ανεξάρτητα μεταξύ τους (μω-νωμένα)- αλλά μαγνητικά συνεζευγμένα μέσω ενός πυρήνα, που κατασκευάζεται από σιδηρομαγνητικά ελάσματα.



Σχήμα 8.7.β Αρχή λειτουργίας μονοφασικού Μ/Σ

Όταν το πρωτεύον τύλιγμα, αριθμού σπειρών N_1 , τροφοδοτηθεί με την εναλλασσόμενη τάση της πηγής U_1 τότε μέσα σ' αυτό κυκλοφορεί ρεύμα έντασης I_1 , (σχήμα 8.7.β).

Το ρεύμα του πρωτεύοντος τυλίγματος I_1 δημιουργεί μέσα στον πυρήνα μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή. Λόγω αυτής της μεταβαλλόμενης μαγνητικής ροής στο δευτερεύον τύλιγμα (με αριθμό σπειρών N_2) αναπτύσσεται τάση εξ επαγωγής (E_2). Αν στα άκρα του δευτερεύοντος τυλίγματος συνδεθεί ένα φορτίο (καταναλωτής R), τότε μέσα σ' αυτόν κυκλοφορεί ρεύμα έντασης I_2 λόγω της τάσεως U_2 που επικρατεί στα άκρα του.

Η τάση U_2 λέγεται τάση δευτερεύοντος και η ένταση I_2 ένταση δευτερεύοντος (τυλίγματος).

Επειδή όπως αναφέρθηκε η παραλαμβανόμενη από τον μετασχηματιστή ισχύς είναι σχεδόν ίση με την αποδιδόμενη, ισχύει:

Παραλαμβανόμενη ισχύς στο πρωτεύον = αποδιδόμενη ισχύς στο δευτερεύον

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

άρα ισχύει:



$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = K$$

όπου K ο λόγος μετασχηματισμού, ο οποίος ισούται με το λόγο των σπειρών N_1/N_2 .

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Παρατηρούμε ότι ο λόγος των τάσεων και των σπειρών είναι αντίστροφα ανάλογος του λόγου των εντάσεων.

Άρα, λιγότερες σπείρες στο τύλιγμα δευτερεύοντος (από ό,τι στο πρωτεύον) σημαίνει ότι σ' αυτό έχουμε μικρότερη τάση και μεγαλύτερη ένταση σε σχέση το πρωτεύον (M/Σ υποβιβασμού τάσης).



□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Ζητείται ο αριθμός σπειρών N_2 του δευτερεύοντος ενός M/Σ υποβιβασμού της τάσης του δικτύου από $U_1 = 220V$ σε $U_2 = 22V$, όταν το πρωτεύον έχει $N_1 = 500$ σπείρες. Ποιος ο λόγος μετασχηματισμού K του M/Σ ;

Λύση

Από τη σχέση $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ έχουμε:

$$N_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot N_1 = \frac{22}{220} \cdot 500 = 50 \text{ σπείρες}$$

Ο λόγος μετασχηματισμού είναι $K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{22} = 10$

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Θέλουμε να τροφοδοτήσουμε από το δίκτυο της ΔΕΗ, τάσης 220V με ένα M/Σ , 4 λαμπτήρες ισχύος 25W, τάσης λειτουργίας 12V. Ποιο είναι το ρεύμα πρωτεύοντος του M/Σ ;

Λύση

Δεδομένα: Συνολική ισχύς φορτίου $4 \times 25\text{W} = 100\text{W}$,

$$U_1 = 220\text{V}, U_2 = 12\text{V}$$

ρεύμα φορτίου: $I_2 = \frac{P}{U_2} = \frac{100}{12} = 8,3\text{A}$ άρα: $I_2 \simeq 8\text{A}$

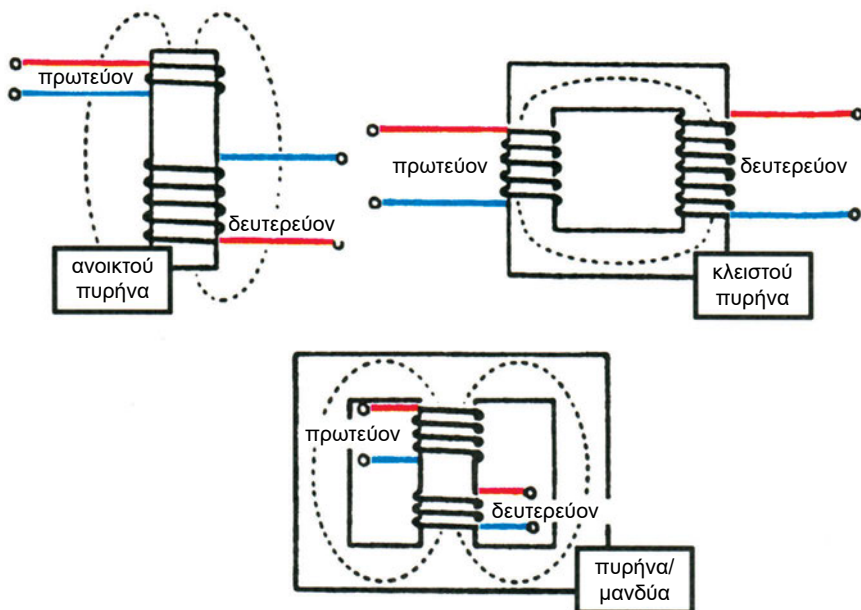
ισχύει $\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$, με επίλυση προκύπτει:

$$I_1 = \frac{U_2}{U_1} \cdot I_2 = \frac{12}{220} \cdot 8,3 = 0,45\text{A}$$

Κατασκευαστικά στοιχεία Μ/Σ

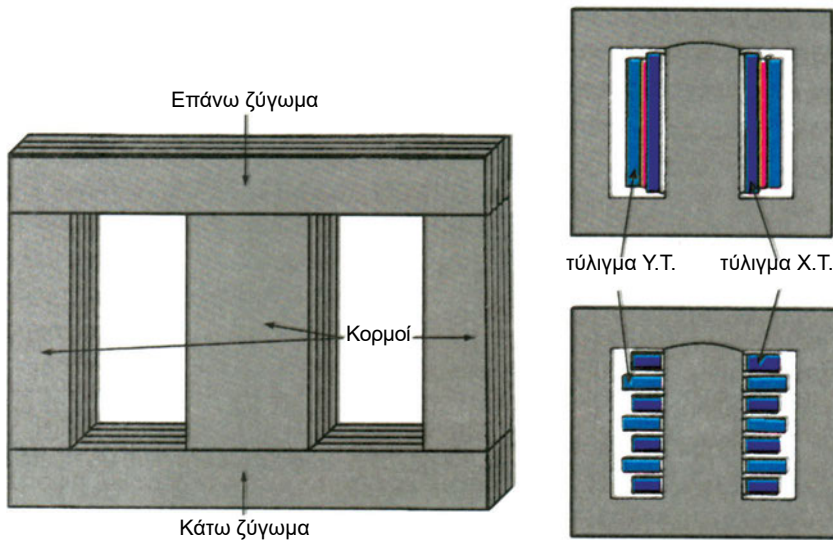
Ανάλογα με τη μορφή του σιδηροπυρήνα διακρίνουμε τους Μ/Σ (σχήμα 8.7.γ) σε τύπους:

- ανοιχτού πυρήνα
- κλειστού πυρήνα
- πυρήνα μορφής μανδύα

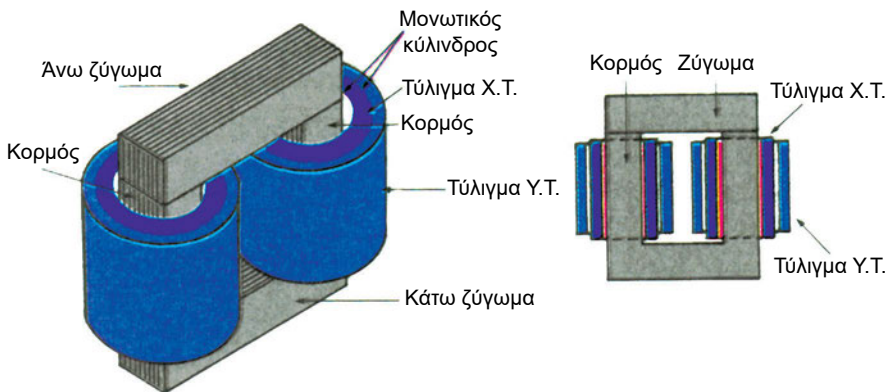


Σχήμα 8.7.γ Βασικοί τύποι πυρήνων Μ/Σ

Ο πυρήνας ενός Μ/Σ αποτελείται από πολλά λεπτά ελάσματα, όπως οι πυρήνες των πόλων και τα επαγωγικά τύμπανα των ηλεκτρικών γεννητριών και κινητήρων. Τα κατακόρυφα μέρη του πυρήνα ενός Μ/Σ ονομάζονται **κορμοί** και τα οριζόντια **ζυγώματα** (σχήμα 8.7.δ). Κάθε κορμός του πυρήνα φέρει δυο ανεξάρτητα τυλίγματα από τα οποία το ένα αποτελείται από πολλές σπείρες λεπτού μονωμένου σύρματος (τύλιγμα Υ.Τ.), ενώ το άλλο από λίγες σχετικά σπείρες χοντρού μονωμένου σύρματος (τύλιγμα Χ.Τ.) (σχήμα 8.7.ε).



Σχήμα 8.7.δ Μονοφασικός μετασχηματιστής με πυρήνα τύπου μανδύα



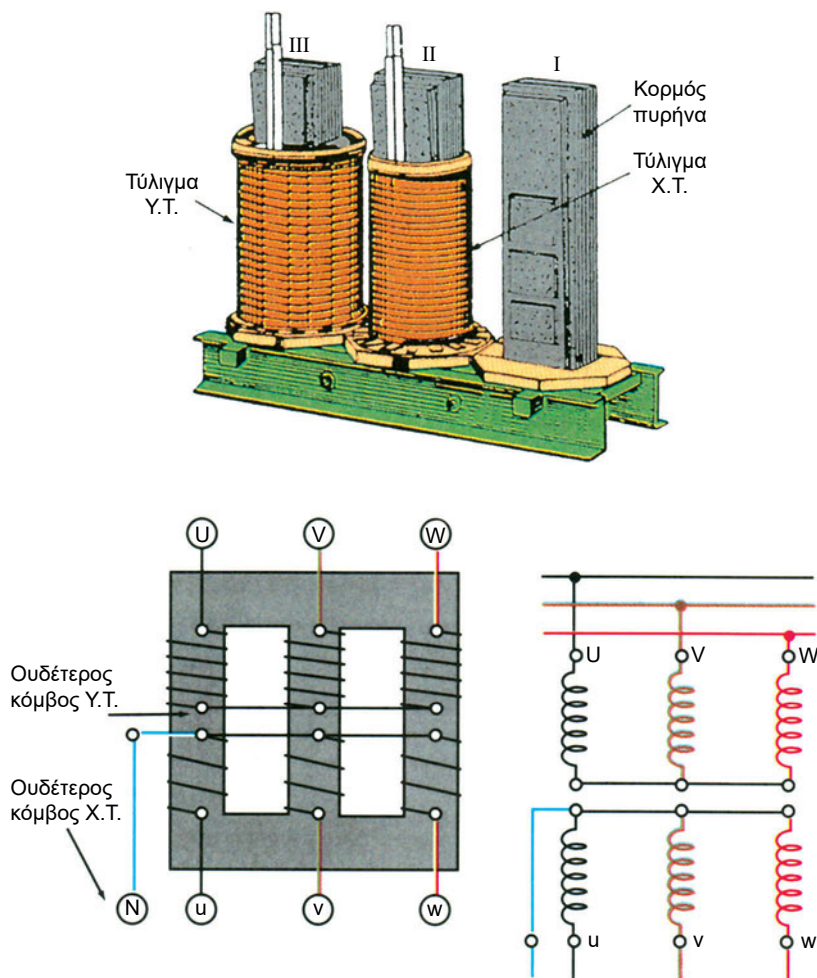
Σχήμα 8.7.ε Μονοφασικός μετασχηματιστής (κλειστού πυρήνα)

Τριφασικοί μετασχηματιστές

Οι τριφασικοί Μ/Σ μετασχηματίζουν τα μεγέθη της ηλεκτρικής ισχύος (τάση, ένταση) που παραλαμβάνουν από πηγή τριφασικού ρεύματος (π.χ. δίκτυο ΔΕΗ) και τροφοδοτούν τριφασικούς καταναλωτές.

Τρεις μονοφασικοί μετασχηματιστές κατάλληλα συνδεδεμένοι αποτελούν τριφασικό μετασχηματιστή (σχ. 8.7.στ). Τα ελεύθερα άκρα των τριών φάσεων πρωτεύοντος (συνήθως Υψηλής Τάσης) χαρακτηρίζονται με τα κεφαλαία γράμματα U, V, W ενώ των τριών φάσεων δευτερεύοντος ή της Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.) με τα αντίστοιχα μικρά γράμματα u, v, w.

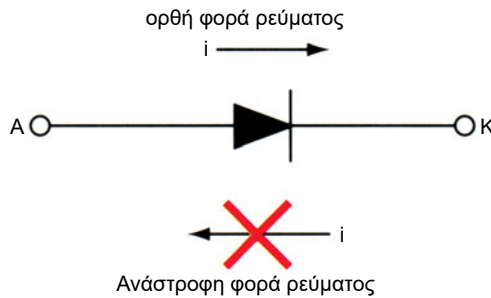
Οι συνδέσεις των τυλιγμάτων γίνονται μέσα στους Μ/Σ και σχηματίζουν τους ουδέτερους κόμβους Υ.Τ. και Χ.Τ.



Σχήμα 8.7.στ Τριφασικός μετασχηματιστής σε συνδεσμολογία Υ - Υ

8.8 ΑΝΟΡΘΩΣΗ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Οι περισσότερες εφαρμογές λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα ημιτονοειδούς μορφής. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που είμαστε υποχρεωμένοι να χρησιμοποιούμε συνεχές ρεύμα π.χ. στη φόρτιση συσσωρευτών, στις επιμεταλλώσεις, στην ηλεκτρολυτική παρασκευή αλουμινίου και χαλκού, στην ηλεκτρική έλξη (ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι, λεωφορεία) κ.λπ. Το συνεχές ρεύμα που χρειαζόμαστε, το λαμβάνουμε με μετατροπή του Ε.Ρ σε Σ.Ρ. Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος μετατροπής του Ε.Ρ. σε Σ.Ρ. χρησιμοποιεί ημιαγωγούς (κρυσταλλικούς ανορθωτές ή διόδους). Η διάδος ανόρθωσης (σχήμα 8.8.α.) επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος (άγει) κατά τη μια φορά (από άνοδο Α προς κάθοδο Κ) και απαγορεύει τη διέλευση του ρεύματος κατά την ανάστροφη φορά (είναι ανάστροφα πολωμένη).



Αν το δυναμικό της ανόδου U_A είναι μεγαλύτερο του δυναμικού της καθόδου U_K (ορθή πόλωση) η διάδος άγει. Αν $U_A < U_K$ (ανάστροφη πόλωση) η διάδος δεν άγει

Σχήμα 8.8.α Συμπεριφορά διόδου P-N

Χαρακτηριστικά της διόδου είναι:

- Η μέγιστη ανάστροφη τάση που μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς να παρουσιάζεται ο κίνδυνος να καταστραφεί.
- Η μέγιστη τιμή συνεχούς ρεύματος, το οποίο επιτρέπεται να περάσει από τη διάοδο χωρίς αυτή να καταστραφεί.

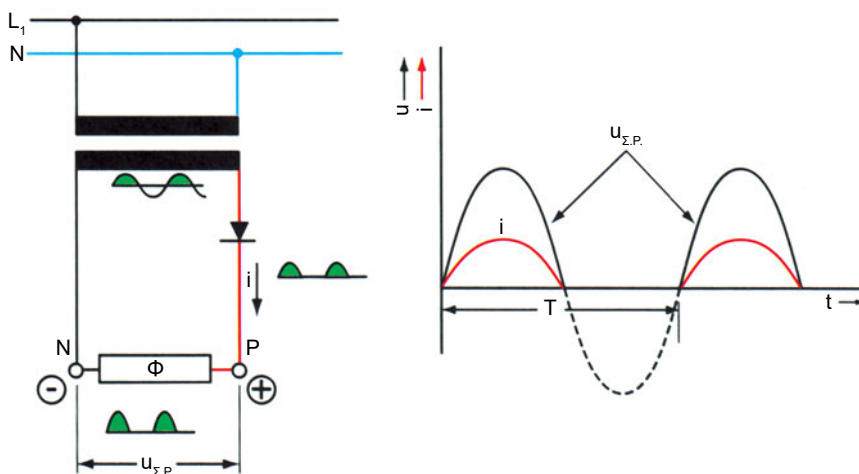
ΑΝΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Ανάλογα με τον αριθμό των φάσεων της ανόρθωσης και του τρόπου με τον οποίο συνδέονται οι ανορθωτές, οι ανορθωτικές διατάξεις διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Διατάξεις μονοφασικής ανόρθωσης (ημιανόρθωση, πλήρης ή διπλή ανόρθωση, πλήρης με γέφυρα)
- Διατάξεις τριφασικής ανόρθωσης (τριφασικής ημιανόρθωσης, τριφασικής με γέφυρα)

Ημιανόρθωση ή ανόρθωση μισού κύματος

Στην ημιανόρθωση μισού κύματος (σχ. 8.8.β.) έχουμε ρεύμα στην έξοδο της ανορθωτικής διάταξης μόνο κατά τη μία ημιπερίοδο της εναλλασσόμενης τάσης εισόδου. Η διάδος επιτρέπει στο ρεύμα να περάσει μόνο κατά τη μία κατεύθυνση (π.χ. τη θετική ημιπερίοδο) και απαγορεύει τη διέλευση του ρεύματος κατά την αντίθετη (αρνητική ημιπερίοδο). Η μέγιστη αναστροφή τάσης της διόδου P-N είναι ίση με το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης που εφαρμόζεται.

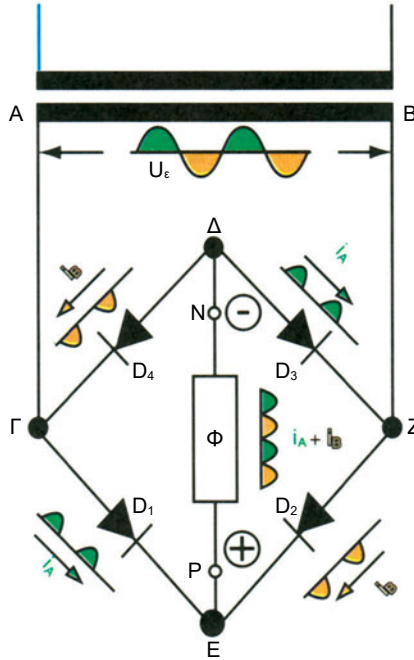


Σχήμα 8.8.β. Ημιανόρθωση ή ανόρθωση μισού κύματος.

Πλήρης ανόρθωση με συνδεσμολογία γέφυρας

Με τη διάταξη γέφυρας, όπως αυτή φαίνεται στο σχ. 8.8.γ χρησιμοποιούμε τέσσερις διόδους. Στο ένα διαγώνιο ζεύγος ακροδεκτών της γέφυρας π.χ. 1,3 εισάγουμε την εναλλασσόμενη τάση μέσω του δευτερεύοντος του Μ/Σ

και στο άλλο ζεύγος (2,4) συνδέουμε το φορτίο π.χ. μια αντίσταση R . Στη διάταξη αυτή εκμεταλλευόμαστε και τις δύο ημιπεριόδους της εναλλασσόμενης τάσης του δικτύου.



Σχήμα 8.8.γ Ανορθωτική διάταξη γέφυρας.

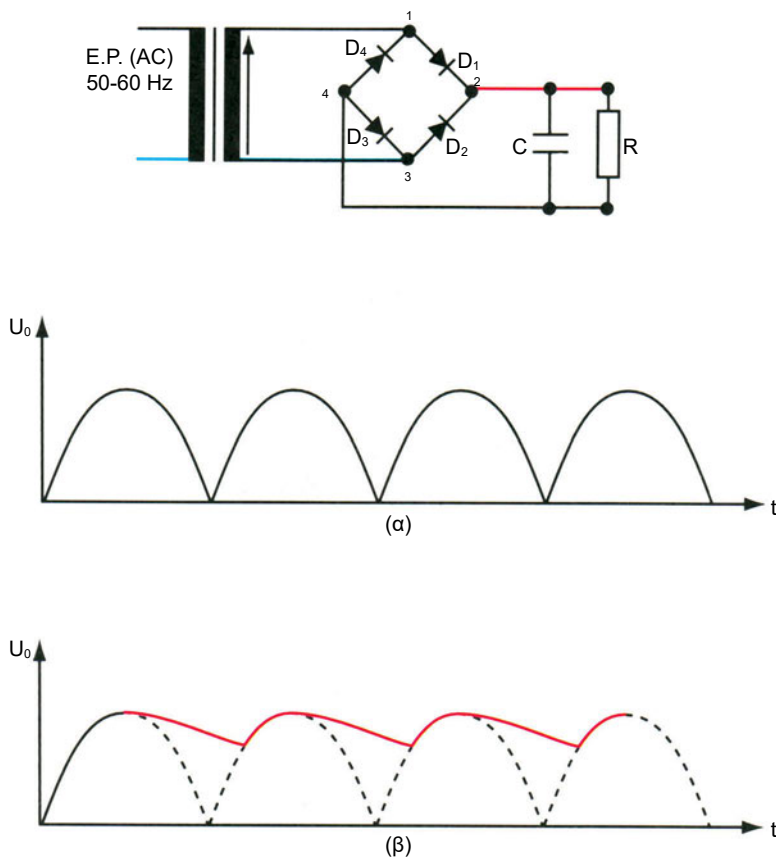
Κατά τη θετική ημιπερίοδο της εναλλασσόμενης τάσης οι διόδους D_1 και D_3 είναι ορθά πολωμένες και άγουν, ενώ αντίθετα οι διόδους D_2 και D_4 είναι ανάστροφα πολωμένες και δεν άγουν, δηλαδή δεν περνά ρεύμα απ' αυτές. Παρατηρούμε ότι το ρεύμα στο φορτίο R ρέει με την ίδια φορά τόσο κατά τη θετική όσο και κατά την αρνητική ημιπερίοδο της εναλλασσόμενης τάσης.

Στην πράξη, όταν θέλουμε να ανορθώσουμε εναλλασσόμενες τάσεις με μέγιστη τιμή που ξεπερνά τη μέγιστη ανάστροφη τάση στην οποία αντέχει μια diode πρέπει να χρησιμοποιούμε περισσότερες διόδους συνδεδεμένες σε σειρά.

Γίνεται εξομάλυνση της κυματομορφής μιας ανορθωμένης τάσης με τοποθέτηση φίλτρων όπως:

- Σύνδεση ενός πυκνωτή παράλληλα στο φορτίο (βλ. σχήμα 8.8.δ)
- Σύνδεση πηνίου σε σειρά με το φορτίο

- Πυκνωτές που τοποθετούνται παράλληλα και πηνία ή αντιστάσεις συνδεδεμένα σε σειρά με το φορτίο.
Το σχήμα 8.8.δ δείχνει μια τέτοια διάταξη εξομάλυνσης ως και την αντίστοιχη κυματομορφή της τάσης.



Σχήμα 8.8.δ Ανορθωτική διάταξη γέφυρας με πυκνωτή εξομάλυνσης.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Οι ηλεκτρικές μηχανές (γεννήτριες, κινητήρες, μετασχηματιστές) στηρίζουν τη λειτουργία τους στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Ανάλογα με το είδος του ρεύματος που παράγουν (οι γεννήτριες) ή λειτουργούν (οι κινητήρες) τις διακρίνουμε σε μηχανές Σ.Ρ και Ε.Ρ.
- Η γεννήτρια μετατρέπει την κινητική ενέργεια σε ηλεκτρική, ο ηλεκτροκινητήρας κάνει το αντίστροφο. Οι γεννήτριες και κινητήρες Σ.Ρ. ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης του τυλίγματος του δρομέα με το τύλιγμα του στάτη διακρίνονται σε μηχανές: i) παράλληλης ii) σειράς και iii) σύνθετης διέγερσης.
- Οι γεννήτριες Ε.Ρ. διακρίνονται σε ασύγχρονες και σύγχρονες. Για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται μόνο οι σύγχρονες. Κύρια χαρακτηριστικά των σύγχρονων γεννητριών ή εναλλακτών είναι ότι η διέγερσή τους τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα και η συχνότητα του παραγόμενου Ε.Ρ. είναι ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής της μηχανής. Αυτές δε κατασκευάζονται είτε με εξωτερικούς πόλους είτε με εσωτερικούς ή περιστρεφόμενους πόλους. Οι σύγχρονοι επαγωγικοί κινητήρες είναι μηχανές όμοιες στην κατασκευή με τους εναλλακτήρες.
- Η ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του τυλίγματος του στάτη εξαρτάται από τη συχνότητα του ρεύματος και τον αριθμό ζευγών των πόλων του τυλίγματος.
- Η λειτουργία των σύγχρονων κινητήρων βασίζεται στις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ του περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου του στάτη και των μαγνητικών πόλων του δρομέα ο οποίος περιστρέφεται με την ίδια ταχύτητα περιστροφής και προς την ίδια φορά.
- Οι ασύγχρονοι επαγωγικοί κινητήρες είναι δύο ειδών: α) κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα, β) κινητήρες με δακτύλιους. Η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα ποτέ δεν φτάνει τη σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη γι' αυτό και οι κινητήρες αυτοί

ονομάζονται ασύγχρονοι. Το πόσο υστερεί η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα σε σχέση με εκείνη του πεδίου του στάτη εκφράζεται με το μέγεθος της ολίσθησης

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

όπου n_s = σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής του πεδίου

όπου n = ταχύτητα περιστροφής του δρομέα σε στρ/λεπτό

Κατά την εκκίνηση η ένταση του ρεύματος που επάγεται στο δρομέα είναι πολύ μεγάλη. Το ρεύμα εκκίνησης φτάνει μέχρι το 10πλάσιο του ρεύματος λειτουργίας.

Στους κινητήρες με δακτύλιους περιορίζουμε το ρεύμα εκκίνησης αυξάνοντας την αντίσταση του δρομέα με παρεμβολή αντιστάσεων εκκίνησης τις οποίες προοδευτικά μειώνουμε και τελικά τις αφαιρούμε, αφού προηγουμένως γεφυρώσουμε τους δακτύλιους. Στους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα ελαττώνουμε το ρεύμα εκκίνησης χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους. Η πιο διαδεδομένη είναι εκείνη της χρήσης του διακόπτη Υ-Δ. Μικρής ισχύος κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα (μέχρι 1,5 KW) επιτρέπεται να λειτουργούν στο δίκτυο της ΔΕΗ χωρίς διατάξεις εκκίνησης. Οι κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα ή κλωβού είναι απλοί στην κατασκευή, έχουν χαμηλό κόστος, καλό βαθμό απόδοσης και απλή συντήρηση και γι' αυτό έχουν επικρατήσει στις περισσότερες εφαρμογές. Μειονεκτούν στο ότι έχουν μεγάλη ένταση εκκίνησης και μικρή ροπή. Η αλλαγή της φοράς περιστροφής στους ασύγχρονους τριφασικούς κινητήρες γίνεται με αντιμετάθεση των συνδέσεων δύο φάσεων στους ακροδέκτες ρευματοδότησης. Η ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής γίνεται συνήθως με τη μεταβολή της συχνότητας του ρεύματος τροφοδότησης ή και με τοποθέτηση στο στάτη περισσότερων του ενός τυλιγμάτων με διαφορετικό το καθένα ζεύγη μαγνητικών πόλων.

Οι Μ/Σ είναι ηλεκτρικές μηχανές χωρίς κινούμενα μέρη και χρησιμοποιούνται για τον υποβιβασμό ή ανύψωση της τάσης του εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι μονοφασικοί ΜΣ κατασκευάζονται είτε ως τύπου ανοικτού ή κλειστού πυρήνα είτε ως Μ/Σ πυρήνα τύπου μανδύα. Ονομάζουμε λόγο μετασχηματισμού του Μ/Σ το λόγο του αριθμού σπειρών του πρωτεύοντος τυλίγματος προς τον αριθμό σπειρών του δευτερεύοντος τυλίγματος

$$K = \frac{N_1}{N_2}$$

και κατά την υπό φορτίο λειτουργία τους ισχύει

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

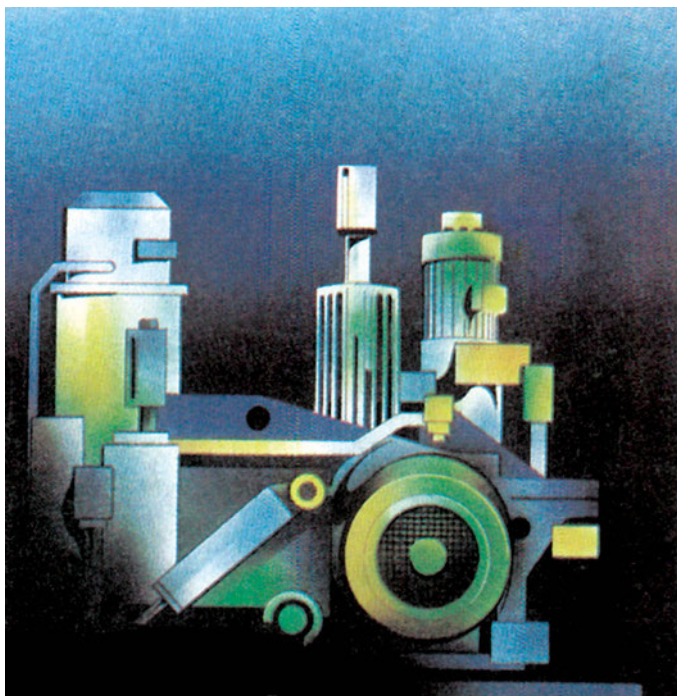
- Ανόρθωση είναι η διαδικασία μετατροπής της εναλλασσόμενης τάσης σε συνεχή. Τούτο συνήθως γίνεται με χρήση κρυσταλλικών ανορθωτών (δίοδοι) σε ανορθωτικές διατάξεις μισού ή πλήρους κύματος.



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι σκοπό εξυπηρετεί μια ηλεκτρική μηχανή όταν λειτουργεί:
α) ως γεννήτρια; β) ως κινητήρας;
2. Ποια είναι τα βασικά μέρη μιας ηλεκτρικής μηχανής (γεννήτρια ή κινητήρας);
3. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας α) της γεννήτριας; β) του κινητήρα;
4. Τι είναι περίοδος και τι συχνότητα Ε.Ρ.;
5. Τι είναι η σύγχρονη ταχύτητα n_s ; Από ποια στοιχεία εξαρτάται;
6. Τι εξυπηρετεί η διάταξη συλλέκτη-ψηκτρών;
7. Ποια είναι η διάκριση των μηχανών Σ.Ρ ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης του τυλίγματος διέγερσης με το τύλιγμα του τύμπανου;
8. Τι ονομάζουμε βαθμό απόδοσης ηλεκτροκινητήρα;
9. Ποια η διαφορά μεταξύ σύγχρονου και ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα;
10. Τι ονομάζουμε φασική και τι πολική τάση; Ποια η σχέση μεταξύ τους;
11. Γιατί επιβλήθηκαν στο σύνολο σχεδόν των εφαρμογών οι ασύγχρονοι κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα;
12. Τι καλούμε ολίσθηση;
13. Πώς αντιμετωπίζουμε το μειονέκτημα, που εμφανίζουν οι ασύγχρονοι κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα να απορροφούν κατά την εκκίνηση ρεύμα 10πλάσιο του ρεύματος κανονικής λειτουργίας;

14. Ποιοι είναι οι βασικοί τρόποι σύνδεσης τριφασικών καταναλωτών;
15. Με ποιον τρόπο μπορείτε να ρευματοδοτήσετε έναν ασύγχρονο κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα ισχύος $<2\text{HP}$ σε δίκτυο της ΔΕΗ;
16. Τι θα συμβεί, αν σε έναν ασύγχρονο κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα γίνει διακοπή σε μία από τις τρεις φάσεις του δικτύου π.χ. από πτώση ασφάλειας;
17. Πώς μπορούμε να λειτουργήσουμε έναν ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα ως μονοφασικό;
18. Πώς επιτυγχάνουμε αλλαγή της φοράς περιστροφής σε έναν τριφασικό κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα;
19. Ποια είναι η σχέση ρευμάτων γραμμής και ρευμάτων τυλίγματος ασύγχρονου κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα σε σύνδεση Υ και σύνδεση Δ;
20. Τι εξυπηρετεί ο διακόπτης Υ-Δ;
21. Τι εξυπηρετεί ο αυτόματος διακόπτης στο κύκλωμα ρευματοδότησης ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα;
22. Από τι μας προστατεύουν α) οι ασφάλειες, β) τα θερμικά, γ) το πηνίο του αυτόματου διακόπτη;
23. Τι εξυπηρετεί η χρήση ηλεκτρονόμου για τη ρευματοδότηση κινητήρα;
24. Τι εξυπηρετεί ένας Μ/Σ;
25. Ο Μ/Σ εργάζεται στο Σ.Ρ και στο Ε.Ρ.; Εξηγήστε την απάντηση.
26. Τι εκφράζει ο λόγος μετασχηματισμού Κ;
27. Ποια η βασική διαφορά μεταξύ ημιανόρθωσης και πλήρους ανόρθωσης;
28. Τι εξυπηρετεί η χρήση ανορθωτικής γέφυρας;
29. Πώς επιτυγχάνεται η εξομάλυνση της ανορθωμένης τάσης;



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

9

ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ

- 9.1 Γενικά
- 9.2 Διάκριση αυτοματισμών (συστήματα ανοικτού-κλειστού βρόχου)
- 9.3 Ηλεκτρικοί αυτοματισμοί
- 9.4 Ηλεκτρονικά στοιχεία αυτοματισμών - Αισθητήρια
- 9.5 Πνευματικά συστήματα αυτοματισμών
- 9.6 Υδραυλικοί αυτοματισμοί
- 9.7 Σύνθετα συστήματα αυτοματισμού - Παραδείγματα



Επιδιωκόμενοι στόχοι:

Με τη συμπλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου, θα μπορείτε:

- ☒ Να αναγνωρίζετε τα βασικά είδη αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στις μηχανολογικές εφαρμογές.
- ☒ Να περιγράφετε τη διαδικασία “είσοδος - επεξεργασία - έξοδος” και τη χρησιμότητά της σε μηχανολογικές εφαρμογές.
- ☒ Να αναφέρετε τα βασικά όργανα και τις διατάξεις αυτοματισμών που έχουν σχέση με τα ηλεκτρικά, ηλεκτρονικά και υδραυλικά στοιχεία.
- ☒ Να περιγράφετε την αρχή λειτουργίας διατάξεων: 1) αυτοματισμών υδραυλικού ανελκυστήρα, 2) αυτοματισμού εγκατάστασης θέρμανσης και τις ασφαλιστικές διατάξεις της, 3) Ηλεκτρονικού ελέγχου στροφών τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα, 4) ελέγχου στάθμης υγρών, 5) αυτόματης φόρτισης συσσωρευτή στο αυτοκίνητο.

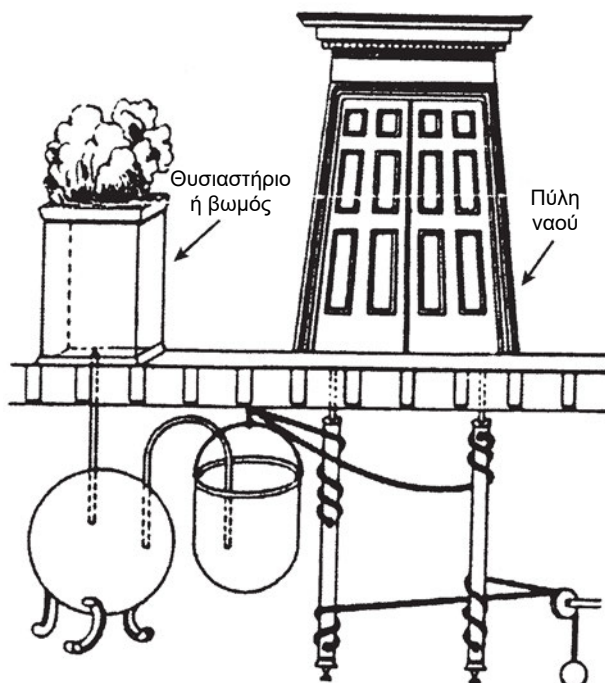
9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε απλός οργανισμός διαθέτει στοιχεία λήψης πληροφοριών, επεξεργασίας και επενέργειας. Οι πιο εξελιγμένες μορφές “αυτόματης” λειτουργίας συναντιούνται στους ζωντανούς οργανισμούς. Το ανθρώπινο σώμα διαθέτει πολυάριθμες “αυτόματες” διαδικασίες, που εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία του οργανισμού. Με τα αισθητήρια που διαθέτει (όραση, ακοή, όσφρηση, γεύση, αφή) λαμβάνει συνεχώς μηνύματα και πληροφορίες. Αυτές στη συνέχεια, μεταβιβάζονται στον εγκέφαλο για επεξεργασία, αποτύπωση και λήψη απόφασης. Ο εγκέφαλος ως επεξεργαστής μηνυμάτων δίνει εντολή στα διάφορα όργανα (χέρια, πόδια κ.λπ.) να επιτελέσουν συγκεκριμένο έργο.

Κατά την εκτέλεση του έργου λαμβάνονται νέα μηνύματα, ακολουθεί νέα επεξεργασία (σε συσχετισμό με τα ήδη καταγραφέντα στη μνήμη) και δίνονται νέες, διορθωτικές εντολές μέσα από επαναλαμβανόμενους κύκλους διαδικασιών, μέχρις ότου επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Η παραπάνω διαδικασία εξελίσσεται αυτόματα και με γρήγορους ρυθμούς.

Με την έννοια αυτοματισμός ή σύστημα αυτόματου ελέγχου (Σ.Α.Ε.) δηλώνεται κάθε σύστημα, που μιμείται σε κάποιο βαθμό τις ανθρώπινες λειτουργίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, προκειμένου να εξυπηρετήσει μια λειτουργική διαδικασία.

Ο αυτοματισμός ήταν γνωστός ακόμη από τους αρχαίους χρόνους. Ο Ήρωνας ο Αλεξανδρέας κατασκεύασε ένα υδραυλικό σύστημα όπως φαίνεται στο σχ. 9.1.α με το οποίο άνοιγαν αυτόματα οι πύλες ενός ναού, όταν γινόταν θυσία σ' αυτόν με φωτιά και έκλειναν επίσης αυτόματα μετά το τέλος της θυσίας όταν δηλαδή έσβηνε η φωτιά.



Σχ. 9.1.α Αυτόματη πύλη του Ήρωνα του Αλεξανδρέα

Η σημερινή ανάπτυξη του Αυτοματισμού είναι η κατάληξη μιας εξελικτικής πορείας της τεχνολογίας. Η ιστορική διαδρομή του Αυτοματισμού ξεκινάει από τις σημαντικές εφευρέσεις των αρχαίων Ελλήνων μηχανικών, περνάει από το Βυζάντιο, τις μηχανές και τα ρολόγια του Ευρωπαϊκού Μεσαίωνα και της Αναγέννησης. Ο Αυτοματισμός απέκτησε τη σύγχρονη φυσιογνωμία του κατά τη βιομηχανική περίοδο.

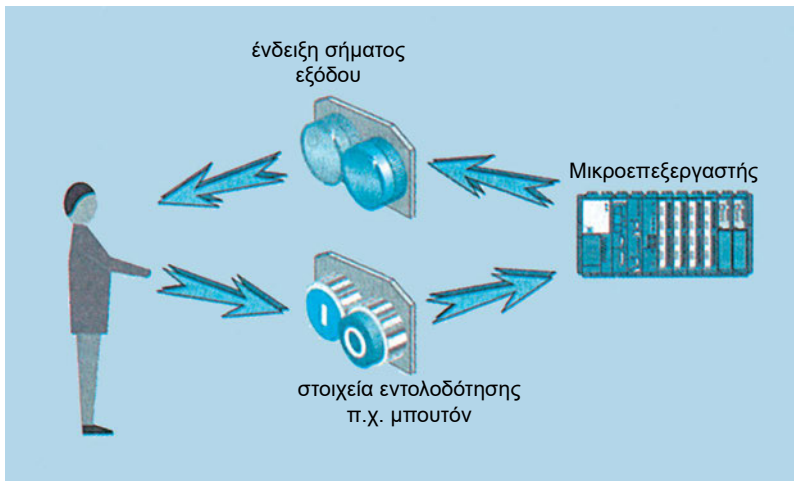
Το αντικείμενο του αυτοματισμού είναι γενικό και πολύπλευρο, γι' αυτό και οι εφαρμογές του είναι πολυάριθμες και πολύμορφες και απλώνονται σε όλες τις περιοχές της φυσικής και τεχνολογικής πραγματικότητας. Δεκάδες

εφαρμογές του αυτοματισμού ελέγχουν τη λειτουργία απλών συσκευών, τις οποίες χρησιμοποιούμε καθημερινά.

Τα συστήματα αυτοματισμού εγκαθίστανται σε κάποια “μηχανή”, δηλαδή σε μια συσκευή ή σ’ ένα συγκρότημα συσκευών, μέσω των οποίων πραγματοποιούνται συγκεκριμένες παραγωγικές διαδικασίες, π.χ. συστήματα αυτοματισμού υπάρχουν σ’ ένα φούρνο, έναν ταινιοδρόμο για τη διακίνηση προϊόντων, μια αντλία, μια μηχανή παραγωγής χυτοπρεσσαριστών εξαρτημάτων κ.λπ.

Για να λειτουργήσουν, κατά τον επιθυμητό τρόπο, αυτές οι “μηχανές” πρέπει να αποκατασταθεί ένας τρόπος επικοινωνίας, να μπορεί δηλαδή να γίνεται “διάλογος” μεταξύ ανθρώπου και μηχανής όπως φαίνεται στο σχήμα 9.1.β.

Ο “διάλογος” αυτός στο σύγχρονο αυτοματισμό έχει μια αμφίδρομη σχέση. Ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να δίνει εντολές για την εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών μέσω χειριστηρίων, πληκτρολογίων και λογισμικού.



Σχ. 9.1.β Διάλογος ανθρώπου - μηχανής

Η μηχανή, αφού επεξεργαστεί με μια συγκεκριμένη λογική ακολουθία (πρόγραμμα) τις εντολές που δέχεται, τις εκτελεί και “ενημερώνει” τον άνθρωπο για κάθε φάση λειτουργίας της, ακόμα και στην περίπτωση βλάβης.

Η “ενημέρωση” αυτή γίνεται είτε με μετρήσεις ή ανιχνεύσεις διαφόρων μεγεθών π.χ. θερμοκρασίας, πίεσης, θέσης κ.λπ., τα οποία αναπαριστώνται με φωτεινές, ηχητικές σημάσεις είτε στην οθόνη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Η διαρκώς αυξανόμενη χρήση του αυτοματισμού τόσο στην καθημερινή ζωή, όσο και στην παραγωγική διαδικασία, σε συνδυασμό με τις ραγδαίες εξελίξεις της τεχνολογίας (ιδιαίτερα στον κλάδο της ηλεκτρονικής), κάνει επιτακτική την ανάγκη ο σύγχρονος τεχνικός να αποκτήσει βασικές γνώσεις αυτοματισμού. Ώθηση στην εφαρμογή αυτοματοποιημένων διαδικασιών δίνουν οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις για ποιότητα, ασφάλεια και οικονομία.

Ο αυτοματισμός θεωρείται τόσο σημαντικό επίτευγμα, ώστε τον χαρακτηρίζουν ως “δεύτερη βιομηχανική επανάσταση”.

9.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ (συστήματα ανοικτού- κλειστού βρόχου)

Τα συστήματα αυτοματισμού διακρίνονται σε δυο κατηγορίες, οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους, κυρίως ως προς το βαθμό παρέμβασης του ανθρώπου στη λειτουργία της μηχανής.

Οι πληροφορίες που εισάγονται στη μηχανή αποτελούν την είσοδο του συστήματος αυτοματισμού. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας που επιτελεί η μηχανή αποτελεί την έξοδο του συστήματος.

Οι τεχνικές που ανέπτυξε ο άνθρωπος του επιτρέπουν να ελέγχει τις μηχανές με δύο διαφορετικούς τρόπους.

Ο πρώτος, γνωστός ως **έλεγχος ανοικτού βρόχου**, (open loop) επιτρέπει στη μηχανή, αφού τεθεί σε κίνηση, να εκτελέσει την προκαθορισμένη λειτουργία της.

Ο δεύτερος, γνωστός ως **έλεγχος κλειστού βρόχου**, (closed loop) επιτρέπει σε μια μηχανή, αφού τεθεί σε κίνηση, να εκτελεί προκαθορισμένη εργασία και να διορθώνει αυτόματα τη λειτουργία της ώστε να επιτευχθεί ένα επιθυμητό αποτέλεσμα που ονομάζεται απόκριση ή έξοδος του συστήματος.

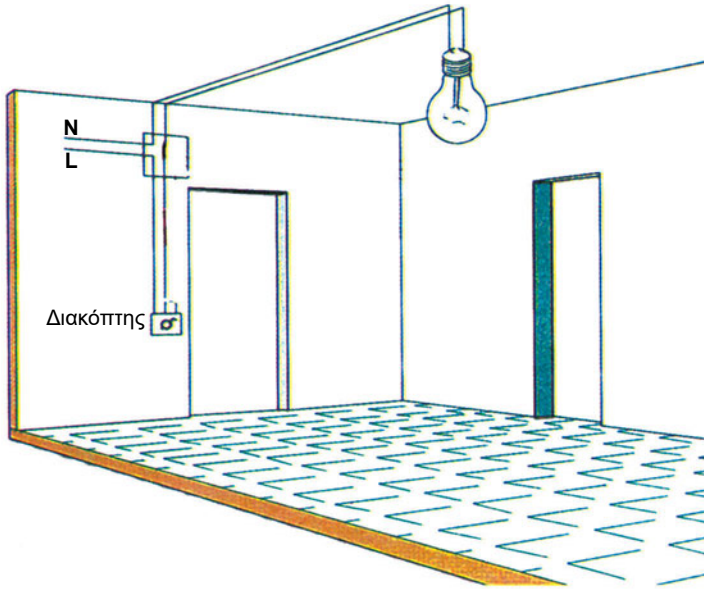
9.2.1 Συστήματα ανοικτού βρόχου

Για να γίνει κατανοητή η έννοια του ανοικτού βρόχου θα δώσουμε δύο απλά παραδείγματα.

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Έλεγχος απλού φωτιστικού

Για τον έλεγχο απλών φωτιστικών σωμάτων, σε μια κατοικία για παράδειγμα, χρησιμοποιείται ο απλός διακόπτης, βλέπε σχήμα 9.2.1.α. Αυτός είναι ο πλέον οικονομικός τρόπος ελέγχου, αλλά απαιτεί τοπικό χειρισμό.



Σχ. 9.2.1.α Έλεγχος της λειτουργίας φωτιστικού σημείου με απλό διακόπτη

Κλείνοντας το διακόπτη (θέση ON) αποκαθίσταται η συνέχεια του κυκλώματος και ανάβει ο λαμπτήρας.

Το σύστημα αυτό εργάζεται συνεχώς ανεξάρτητα από μεταβολές:

- της τάσης τροφοδότησης
- της έντασης του φυσικού φωτισμού, που εισχωρεί στο δωμάτιο.

Το σύστημα παύει να λειτουργεί, όταν δεχτεί άλλη εντολή (άνοιγμα του διακόπτη – θέση OFF).

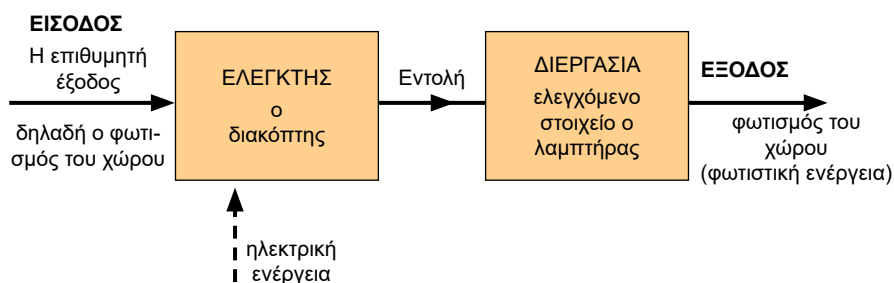
Ένα τέτοιο σύστημα, στο οποίο η έξοδος εξαρτάται από την είσοδο αλλά δεν μπορεί να την επηρεάσει, ονομάζεται σύστημα ανοικτού βρόχου (βλέπε σχήμα 9.2.1.β).

Είσοδος αυτού του συστήματος είναι η επιθυμία να φωτιστεί ο χώρος και έξοδος είναι το αποτέλεσμα του φωτισμού του συγκεκριμένου χώρου.

Οι λειτουργίες ενός συστήματος αυτοματισμού μπορούν να παρασταθούν με έναν τύπο διαγράμματος, που ονομάζεται σχηματικό διάγραμμα (block diagram). Κάθε διαδικασία (process) παριστάνεται με ένα παραλληλόγραμμο κουτάκι (block).

Σε αυτό το κύκλωμα, επειδή ο διακόπτης ελέγχει το λαμπτήρα, ονομάζεται ελεγκτής, ενώ ο λαμπτήρας, επειδή ελέγχεται, είναι το ελεγχόμενο στοιχείο.

Ο ελεγκτής (ή διάταξη ελέγχου) είναι η συσκευή ή το σύνολο οργάνων και μηχανισμών, μέσω της οποίας επιβάλλουμε στην ελεγχόμενη διάταξη την επιθυμητή συμπεριφορά ή λειτουργία.

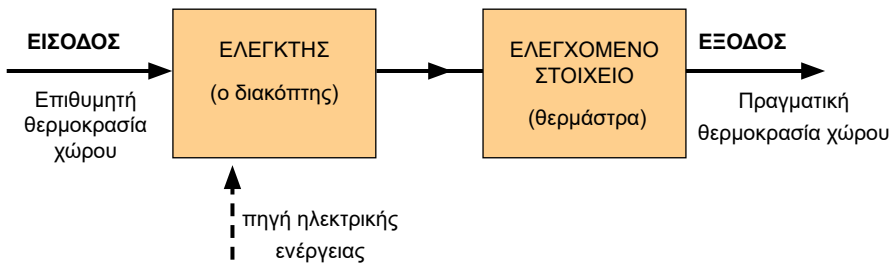


Σχ. 9.2.1.β Σχηματικό διάγραμμα (block diagram) συστήματος ελέγχου ανοικτού βρόχου

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Θέρμανση δωματίου με απλή ηλεκτρική θερμάστρα.

Αν, για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήσουμε μια απλή ηλεκτρική θερμάστρα (χωρίς θερμοστάτη) με διακόπτη ON-OFF, όσο αυτή ρευματοδοτείται, θα λειτουργεί συνεχώς ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του χώρου. Ο διακόπτης της θερμάστρας, ο οποίος ελέγχει τη ρευματοδότησή της ονομάζεται ελεγκτής του συστήματος και η θερμάστρα ελεγχόμενο στοιχείο. Η έξοδος του συστήματος, δηλαδή η παροχή θερμικής ενέργειας στο χώρο που συνεπάγεται άνοδο της θερμοκρασίας, δεν επηρεάζει καθόλου την είσοδο του συστήματος, με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του δωματίου να ανεβαίνει ανεξέλεγκτα. Το σύστημα αυτό είναι σύστημα ελέγχου ανοικτού βρόχου (βλέπε σχήμα 9.2.1.γ).



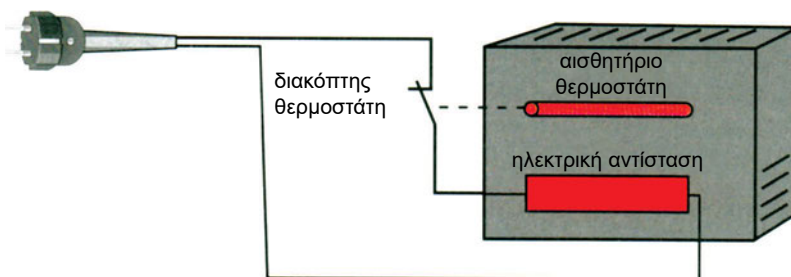
Σχ. 9.2.1.γ Σχηματικό διάγραμμα συστήματος ελέγχου ανοικτού βρόχου

9.2.2 Συστήματα κλειστού βρόχου

Ας υποθέσουμε ότι θερμαίνουμε ένα χώρο με ένα ηλεκτρικό θερμαντικό σώμα, το οποίο φέρει θερμοστάτη. Ο θερμοστάτης ρυθμίζεται σε μια επιθυμητή θερμοκρασία π.χ. στους 20°C και, όταν το αισθητήριό του ανιχνεύσει ότι η θερμοκρασία του χώρου έφτασε στην επιθυμητή τιμή, δίνει εντολή και ανοίγει η επαφή του διακόπτη του θερμοστάτη και διακόπτεται το κύκλωμα ρευματοδότησης της θερμαντικής αντίστασης.

Όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από την επιθυμητή (20°C), τότε το αισθητήριο του θερμοστάτη δίνει εντολή και κλείνει η επαφή του διακόπτη με αποτέλεσμα την εκ νέου ρευματοδότηση της θερμαντικής αντίστασης και την άνοδο της θερμοκρασίας στο χώρο κ.ο.κ. (βλέπε σχήμα 9.2.2α).

Σε ένα κλειστό σύστημα ελέγχου, η έξοδος του συστήματος (άνοδος της θερμοκρασίας λόγω παροχής θερμικής ενέργειας στο χώρο) ανατροφοδοτείται και συγκρίνεται με την είσοδο, δηλαδή ελέγχεται.

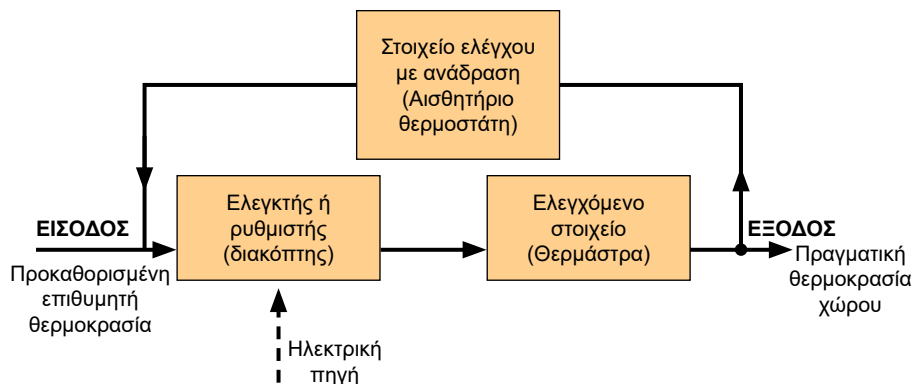


Σχ. 9.2.2.α Ελεγχόμενη θέρμανση χώρου

Ο έλεγχος με επανατροφοδότηση (feed back) απαιτεί:

1. Ανίχνευση ή και μέτρηση ενός μεγέθους.

2. Σύγκριση του αποτελέσματος με μια προκαθορισμένη τιμή αναφοράς.
3. Αυτόματη διόρθωση.



Σχ. 9.2.2.β Σχηματικό διάγραμμα συστήματος ελέγχου κλειστού βρόχου

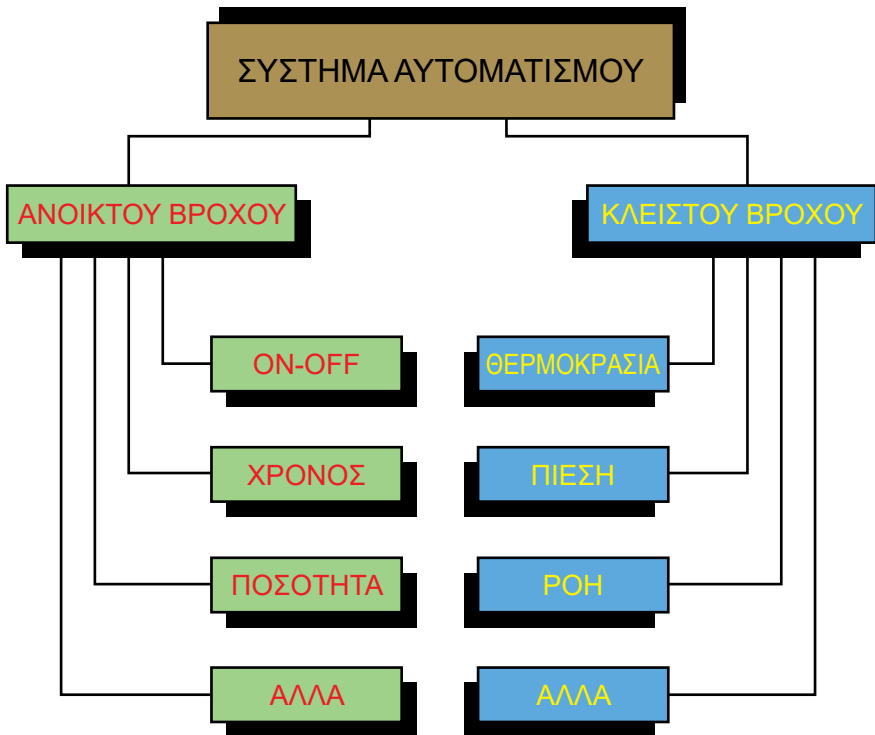
Συμπέρασμα: Στο ανοικτό σύστημα ελέγχου η έξοδος της ελεγχόμενης διάταξης δεν επηρεάζει την είσοδο, ενώ στο κλειστό σύστημα η έξοδος επηρεάζει την είσοδο λόγω της ανατροφοδότησης.

Το κλειστό σύστημα αυτοματισμού υπερτερεί του ανοικτού, γιατί έχει τη δυνατότητα συνεχώς να αυτοελέγχεται, με αποτέλεσμα η πραγματική του απόκριση να βρίσκεται πιο κοντά στην επιθυμητή. Μεγέθη, όπως είναι ο χρόνος και η ποσότητα ή καταστάσεις διακοπτικής λειτουργίας (ON – OFF), ελέγχονται συνήθως από συστήματα αυτοματισμού ανοικτού βρόχου.

Μεγέθη, όπως είναι η θερμοκρασία, η πίεση, η ροή, ελέγχονται συνήθως από συστήματα κλειστού βρόχου (βλέπε σχήμα 9.2.2.γ).

Στις πιο απλές περιπτώσεις αυτοματισμού, οι καταστάσεις λειτουργίας της διαδικασίας (ή της μηχανής) μεταβάλλονται κατά βήματα. Π.χ. οι ηλεκτρικές αντιστάσεις ενός φούρνου έχουν συνήθως δυο καταστάσεις λειτουργίας: εντός ή εκτός (on – off). Μια απλή ηλεκτροβαλβίδα που παρεμβάλλεται σε ένα σωλήνα, έχει μόνο δυο θέσεις λειτουργίας: ανοικτή – κλειστή. Οι υαλοκαθαριστήρες στο αυτοκίνητο έχουν 2 ή 3 διαφορετικές ταχύτητες κ.λπ.

Όπου όμως απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια στις ρυθμίσεις χρησιμοποιούνται διατάξεις που επιτρέπουν τη συνεχή μεταβολή του ελεγχόμενου μεγέθους. Π.χ. μια ρυθμιστική βάνα (βαλβίδα) μεταβάλλει τη ροή, ώστε η παροχή του διερχόμενου υγρού να παίρνει όλες τις τιμές από μια ελάχιστη έως μια μέγιστη. Η ανορθωμένη ηλεκτρική τάση που παρέχεται σε έναν ηλεκτρικό κινητήρα από μια ανορθωτική διάταξη με θυρίστορ, παίρνει τιμές από 0 μέχρι μια μέγιστη τιμή σε Volt κ.λπ.



Σχ. 9.2.2.γ Κατάταξη συστημάτων αυτοματισμού σε ανοικτού και κλειστού βρόχου με βάση το μέγεθος που ελέγχεται συνήθως.

9.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ

Εισαγωγή

Ηλεκτροαυτοματισμοί είναι τα κυκλώματα, που πραγματοποιούν μια προκαθορισμένη εργασία ή σύνολο εργασιών, που έχουν μια λογική ακολουθία. Ο έλεγχός τους γίνεται με ηλεκτρικές εντολές με την ενεργοποίηση κατάλληλων ηλεκτρολογικών εξαρτημάτων.

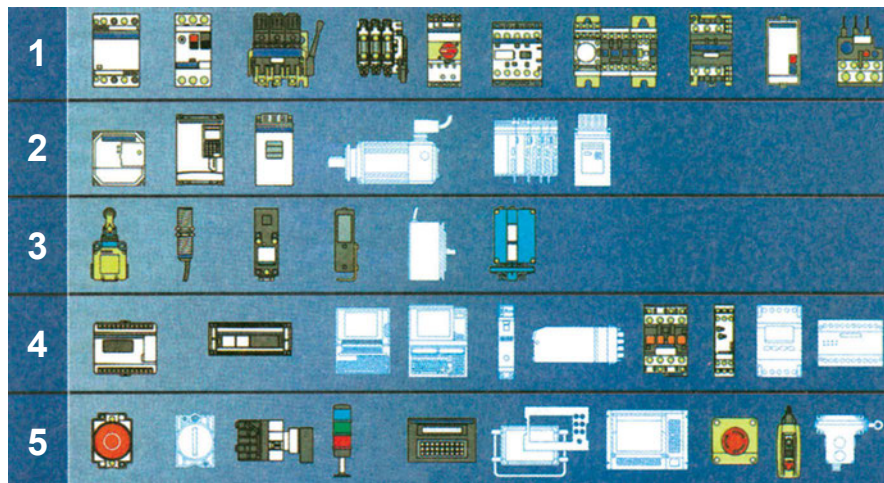
Για παράδειγμα, ο πλήρης έλεγχος ενός ηλεκτροκινητήρα (εκκίνηση-λειτουργία-παύση) είναι τυπικό παράδειγμα ενός ηλεκτροαυτοματισμού.

Στους ηλεκτρικούς αυτοματισμούς, ανάλογα με την εφαρμογή, χρησιμοποιούνται εξαρτήματα και υλικά, με τα οποία πραγματοποιούνται λειτουργίες όπως:

1. **Έλεγχος λειτουργίας και προστασία:** Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι: διακόπτες θερμικής και μαγνητικής προστασίας,

ασφαλειοδιακόπτες, θερμικά προστασίας, ασφαλειοαποξεύκτες, διακόπτες φορτίου και ηλεκτρονόμοι.

2. **Έλεγχος της ταχύτητας κινητήρων:** Επιτυγχάνεται με κατάλληλες συσκευές, οι οποίες ονομάζονται ρυθμιστές ταχύτητας ή ηλεκτρονικοί εκκινητές.
3. **Ανίχνευση:** Τερματικοί διακόπτες, ανιχνευτές προσέγγισης, φωτοκύτταρα, πιεσοστάτες και θερμοστάτες. Είναι μερικά από τα πλέον χρησιμοποιούμενα εξαρτήματα.
4. **Επεξεργασία δεδομένων:** Γίνεται με κατάλληλες συσκευές, που ονομάζονται προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC), σε συνδυασμό με γλώσσες προγραμματισμού (λογισμικό) και άλλα εξαρτήματα, όπως βοηθητικά ρελέ και ηλεκτρονικά χρονικά.
5. **Διάλογος μεταξύ ανθρώπου και μηχανών:** Μπουτόν και ενδεικτικές λυχνίες, χειριστήρια, μπουτονιέρες, οθόνες ενδείξεων, πίνακες χειρισμών και ενδείξεων είναι μερικά από τα εξαρτήματα, που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία ανθρώπου-μηχανών.



Σχ. 9.3.α Εξαρτήματα και υλικά ηλεκτροαυτοματισμών

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

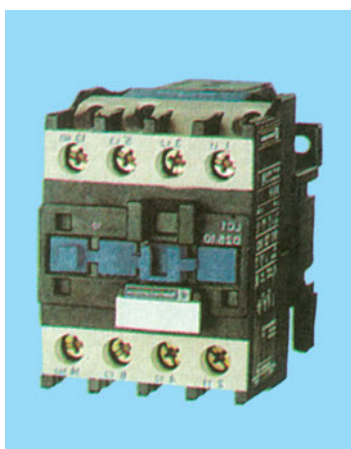
ΗΛΕΚΤΡΟΝΟΜΟΙ

Ο ηλεκτρονόμος (H/N) είναι ένας μηχανικός διακόπτης, του οποίου οι επαφές ελέγχονται από έναν ηλεκτρομαγνήτη (βλέπε σχήμα 9.3.β και κεφάλαιο 5).

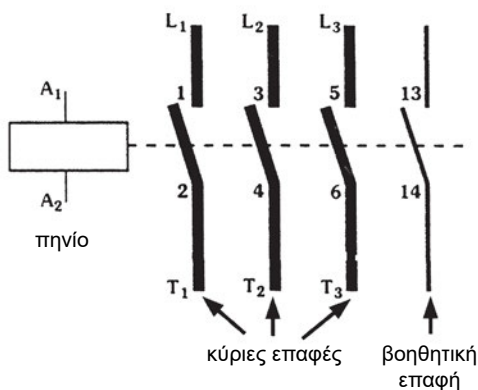
Επειδή ο χειρισμός του γίνεται συνήθως από απόσταση και όχι με χειριστήριο πάνω στο εξάρτημα, ονομάζεται και τηλεχειριζόμενος διακόπτης. Αν και η ελληνική ονομασία αποδίδει πλήρως την έννοια του εξαρτήματος, συνήθως χρησιμοποιείται η ξενική ονομασία, ρελέ.

Ο ηλεκτρονόμος είναι ένα από τα βασικά εξαρτήματα, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κυκλωμάτων ηλεκτροαυτοματισμού. Αναφέρονται ενδεικτικά μερικές εφαρμογές, στις οποίες χρησιμοποιούνται οι ηλεκτρονόμοι: στον έλεγχο λειτουργίας ηλεκτρικών κινητήρων, σε ανελκυστήρες, αντλιοστάσια, στη βιομηχανία, στο εσωτερικό διάφορων μηχανημάτων και γενικά, όπου απαιτείται χειρισμός από απόσταση (τηλεχειρισμός).

Επίσης ηλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται εκεί, όπου η εντολή για το άνοιγμα ή το κλείσιμο ενός κυκλώματος δε δίνεται από τον άνθρωπο, αλλά από άλλα εξαρτήματα ή κυκλώματα π.χ. θερμοστάτες, χρονοδιακόπτες, φωτοδιακόπτες, ηλεκτρονικούς υπολογιστές κ.λπ. τα πιο βασικά των οποίων θα γνωρίσουμε στη συνέχεια.



Σύμβολο ηλεκτρονόμου



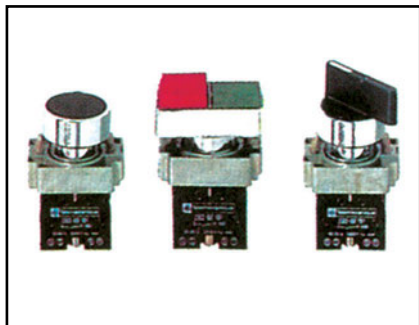
Σχ. 9.3.β Ηλεκτρονόμος ή ρελέ

ΜΠΟΥΤΟΝ

Τα μπουτόν είναι εξαρτήματα εντολοδότησης με δυνατότητα διακοπτικής συμπεριφοράς (ανοικτό - κλειστό) για όσο χρονικό διάστημα πιέζεται.

Χρώματα μπουτόν και η σημασία τους.

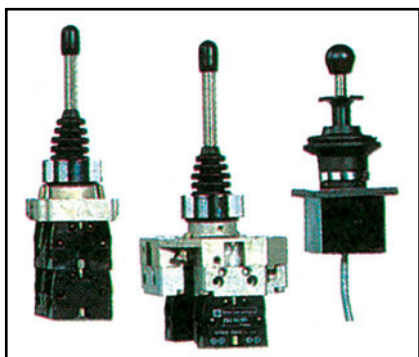
χρώμα	κόκκινο	πράσινο	κίτρινο	μπλε	μαύρο, γκρι, λευκό
σημασία	λειτουργία σε περίπτωση ανάγκης (STOP)	ξεκίνημα μηχανής (START ή ON)	παρέμβαση	ό,τι δεν καλύπτουν τα προηγούμενα	καμιά ειδική σημασία



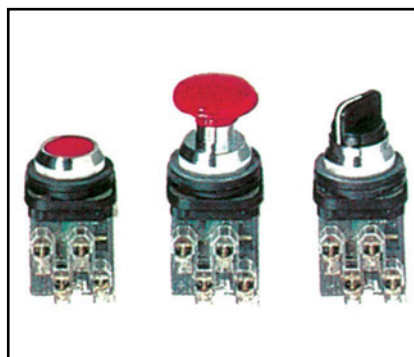
Μπουτόν



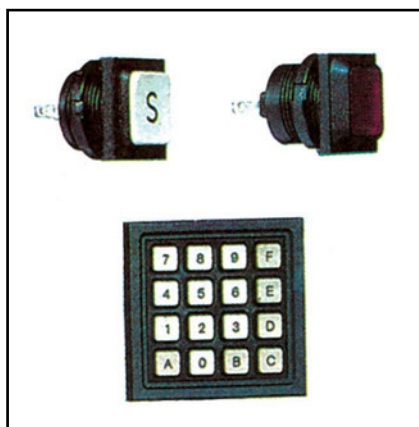
Χειριστήρια πλήκτρων



Χειριστήρια μοχλού



Μπουτόν ασφαλείας



Πλήκτρα – Πληκτρολόγια



Ποδόπληκτρα

Σχ. 9.3.γ Μορφή χειριστηρίων και μπουτόν

☞ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΛΥΧΝΙΕΣ

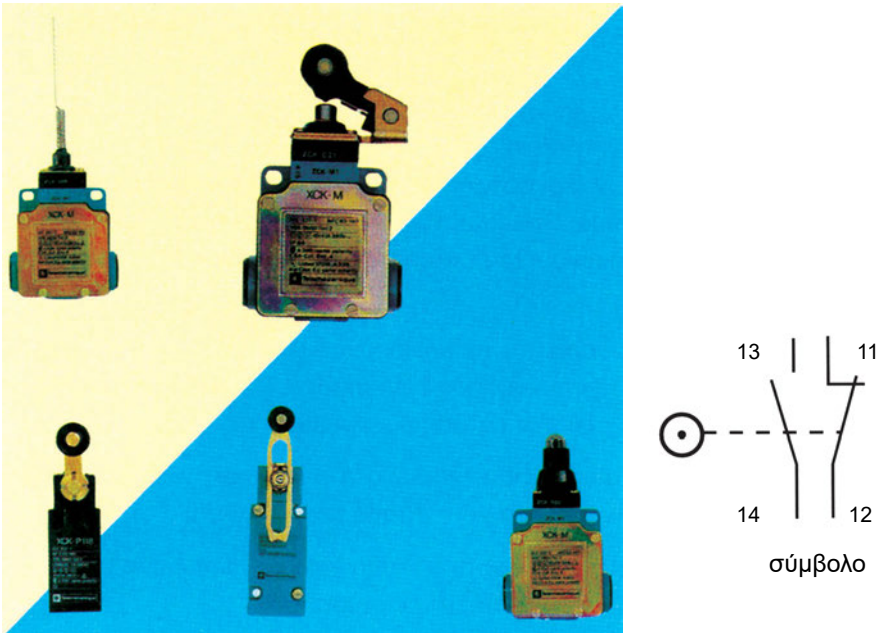
Παρέχουν τη δυνατότητα φωτεινής ένδειξης, με την οποία τα συστήματα των αυτοματισμών “ενημερώνουν” τον άνθρωπο για κάθε κατάσταση της λειτουργίας τους.



Σχ. 9.3.δ Ενδεικτικές λυχνίες

☞ ΟΡΙΟΔΙΑΚΟΠΤΕΣ (τερματικοί διακόπτες)

Αυτοί οι διακόπτες μετατρέπουν τις ωθήσεις, που προέρχονται από κινούμενα μηχανικά μέρη, σε ηλεκτρικά σήματα με άνοιγμα ή κλείσιμο της επαφής τους, η οποία παρεμβάλλεται σ' ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

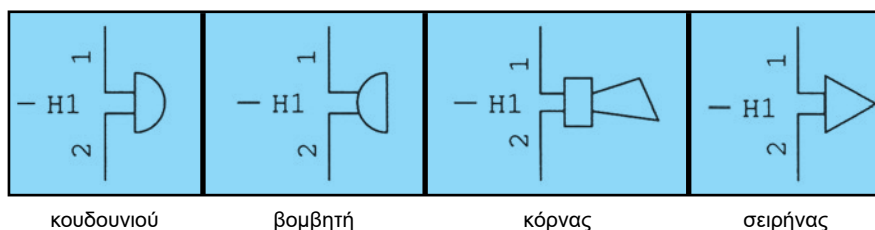


Σχ. 9.3.ε Μορφές οριοδιακοπών

Τυπικές μορφές οριοδιακοπών έχουμε σε μηχανές συσκευασίας, εκτυπώσεων, συναρμολόγησης. Στον αυτόματο έλεγχο πόρτας, σε μεταφορικές ταινίες διακίνησης εμπορευμάτων, σε εργαλειομηχανές, σε μηχανές επεξεργασίας ξύλου, σε πλυντήρια αυτοκινήτων.

🔊 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ

Σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, εργοτάξια, σταθμούς φορτοεκφόρτωσης, λιμάνια, γερανογέφυρες και ανυψωτικά μηχανήματα, η αναγγελία βλάβης, η επικίνδυνη εργασία, η μετακίνηση μηχανημάτων κ.λπ., εκτός της φωτεινής σήμανσης, είναι αναγκαίο να γίνεται και ηχητική σήμανση, για την αποφυγή ατυχημάτων. Η ηχητική σήμανση γίνεται με βομβητές, κουδούνια, κόρνες και σειρήνες (βλέπε σχήμα 9.3.στ).



Σχ. 9.3.6.στ. Σύμβολα ηχητικών συσκευών

Το κουδούνι χρησιμοποιείται σε κλειστούς χώρους, όπως είναι οι χώροι γραφείων, σχολείων, εργοστασίων, για την αναγγελία συγκεκριμένης δραστηριότητας π.χ. ώρα διαλείμματος, λήξη βάρδιας κ.λπ. Παράγει μεταλλικό επαναλαμβανόμενο ήχο έντασης, που εξαρτάται από την εφαρμογή.

Ο βομβητής χρησιμοποιείται σε κλειστούς χώρους όπως είναι ένα κέντρο ελέγχου (control room) και όπου δεν υπάρχει θόρυβος μεγάλης έντασης. Παράγει βαρύ και οξύ ήχο έντασης μέχρι 90db.

Η κόρνα χρησιμοποιείται σε κλειστούς ή ανοικτούς χώρους, όπου υπάρχει θόρυβος. Παράγει βαρύ ήχο έντασης μέχρι 120 db.

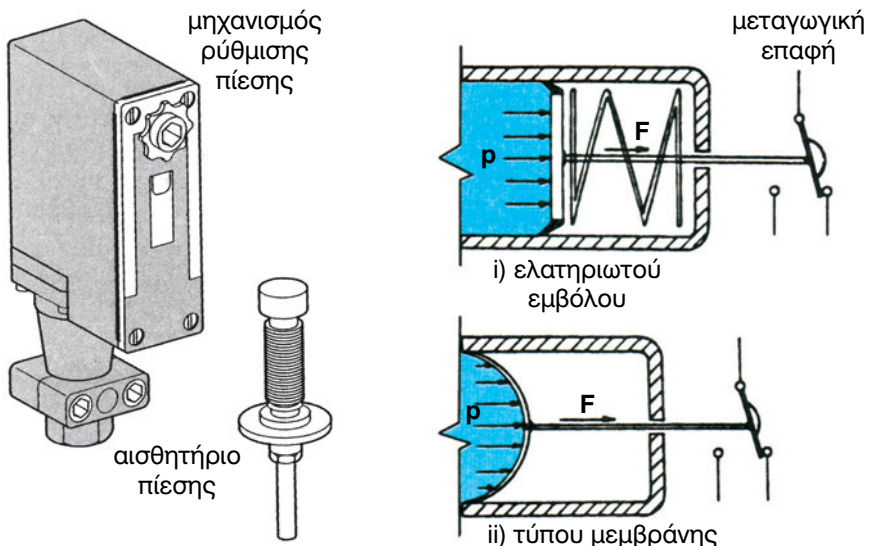
Η σειρήνα χρησιμοποιείται σε ανοικτούς χώρους ή χώρους με μεγάλο θόρυβο. Παράγει οξύ ήχο έντασης μέχρι 129 db.

ΠΙΕΣΟΣΤΑΤΕΣ (Πρεσσοστάτες)

Είναι το εξάρτημα εκείνο με το οποίο ένας διακόπτης ενεργοποιείται από αισθητήριο πίεσης.

Τα κύρια μέρη του πιεσοστάτη είναι:

- 1) **Το αισθητήριο πίεσης:** Το αισθητήριο είναι το μέρος εκείνο του πιεσοστάτη, που αντιλαμβάνεται τη μεταβολή της πίεσης και προκαλεί το άνοιγμα ή κλείσιμο μιας επαφής. Συνήθως το αισθητήριο αποτελείται από ένα έμβολο με ελατήριο ή από μια μεμβράνη, η οποία ανάλογα με τη μεταβολή της πίεσης εκτείνεται ή συστέλλεται (βλέπε σχήμα 9.3.1).
- 2) **Ο διακόπτης:** Ο διακόπτης του πιεσοστάτη είναι συνήθως μεταγωγική επαφή ή μια ανοικτή και μια κλειστή επαφή.
- 3) **Μηχανισμός ρύθμισης πίεσης:** Με ρυθμιστικά βιδάκια ρυθμίζεται η ανώτερη και η κατώτερη στάθμη πίεσης, στην οποία ανοίγουν ή κλείνουν οι επαφές του διακόπτη.
- 4) **Βάση ή πλαίσιο:** Η βάση του είναι κατάλληλα διαμορφωμένη για να στηρίζεται πάνω σε σωλήνες. Όταν όμως υπάρχουν κραδασμοί στο σωλήνα, αποφεύγεται η απ' ευθείας στήριξη πάνω του. Σ' αυτήν την περίπτωση ο πιεσοστάτης στηρίζεται σε σταθερό μέρος και η πίεση μεταφέρεται με ειδικό εύκαμπτο σωλήνα.



Σχ. 9.3.ζ Πιεσοστάτες ή πρεσσοστάτες



Σχήμα 9.3.η Σύμβολο πιεσοστάτη

Οι πιεσοστάτες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ή τη ρύθμιση μιας πίεσης σ' ένα υδραυλικό δίκτυο ή σε ένα δίκτυο αέρα. Όταν η πίεση ή η πτώση της πίεσης φτάσει την τιμή του άνω ή του κάτω ορίου της ρύθμισης, η ηλεκτρική επαφή του πιεσοστάτη αλλάζει κατάσταση.

🔌 ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΕΣ



Τα κύρια μέρη του θερμοστάτη είναι:

1. Η βάση ή το πλαίσιο. Πάνω σ' αυτή στηρίζονται όλα τα εξαρτήματα του θερμοστάτη.

2. Ο διακόπτης. Είναι συνήθως μια μεταγωγική επαφή ή ένα ζεύγος επαφών (η μια ανοικτή και η άλλη κλειστή).

3. Ο δίσκος ή το πλήκτρο επιλογής. Επιτρέπει τη ρύθμιση της επιθυμητής τιμής της θερμοκρασίας.

4. Το αισθητήριο θερμοκρασίας: Είναι το μέρος εκείνο του θερμοστάτη το οποίο αντιλαμβάνεται τις μεταβολές θερμοκρασίας και με κατάλληλο μηχανισμό ενεργοποιεί το διακόπτη. Το αισθητήριο κατασκευάζεται από διάφορα υλικά.

Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους οι θερμοστάτες διακρίνονται σε διάφορα είδη:

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.3 Είδη Θερμοστατών

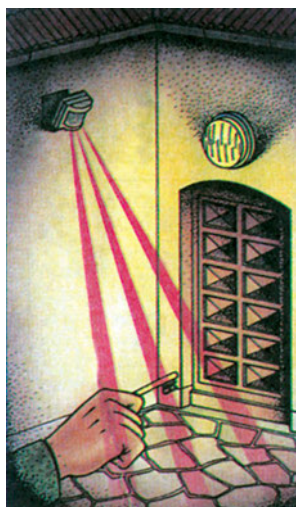
ΕΙΔΗ ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΩΝ	ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - ΧΡΗΣΕΙΣ
ΥΔΡΟΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗΣ	Το αισθητήριο αποτελείται από ένα θερμοευαίσθητο σωλήνα (συνήθως ορειχάλκινο) που εμβαπτίζεται στο υγρό του οποίου τη θερμοκρασία ελέγχουμε. Οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας του υγρού μεταβάλουν το μήκος του σωλήνα και παρασύρουν σε κίνηση τη ράβδο (υλικό που δεν διαστέλλεται οπότε ενεργοποιούνται αντίστοιχα οι επαφές του υδροθερμοστάτη.)	Χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις θέρμανσης νερού, π.χ. στους λέβητες κεντρικών θερμάνσεων, στους θερμοσίφωνες κ.λπ.
ΜΕ ΔΙΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	Οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας κάμπτουν το διμεταλλικό στοιχείο και έτσι ενεργοποιούνται οι επαφές.	Είναι απλοί στην κατασκευή και φτηνοί. Έχουν μικρή ακρίβεια. Δεν επιδέχονται τηλεχειρισμό. Χρησιμοποιούνται στον έλεγχο της θερμοκρασίας χώρου, στις οικιακές ηλεκτρικές συσκευές κ.λπ.
ΥΓΡΟΥ Ή ΑΕΡΙΟΥ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ	Το αισθητήριο είναι το άκρο ενός τριχοειδή σωλήνα. Το υγρό περιορίζεται σε ένα χώρο, μεταξύ του τριχοειδή σωλήνα και μιας μεμβράνης. Οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας αυξομειώνουν τον όγκο του υγρού του τριχοειδούς οπότε η μεμβράνη κινείται και ενεργοποιεί κατάλληλα τις επαφές του θερμοστάτη.	Χρησιμοποιούνται στον έλεγχο της θερμοκρασίας φούρνων, ψυκτικών θαλάμων κ.λπ.
ΜΕ ΗΜΙΑΓΩΓΟΥΣ	Αξιοποιείται η ιδιότητα των ημιαγωγών να αλλάζουν τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία.	Μικρό κόστος. Μεγάλη ακρίβεια.
ΜΕ ΘΕΡΜΟΖΕΥΓΟΣ	Αισθητήριο είναι το σημείο συνένωσης δύο διαφορετικών μεταλλικών αγωγών. Αξιοποιείται η αναπτυσσόμενη, στα ελεύθερα άκρα των αγωγών τάση λόγω της επικρατούσας διαφοράς θερμοκρασίας $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ μεταξύ του σημείου συνένωσης και των ελεύθερων άκρων.	Με τοποθέτηση του θερμοζεύγους π.χ. στο εσωτερικό του τυλίγματος του στάτη ενός κινητήρα μετρούμε την αναπτυσσόμενη σ' αυτό θερμοκρασία κατά τη λειτουργία.
ΜΕ ΣΙΔΗΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟ ΣΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	Η αυξομείωση της θερμοκρασίας αλλάζει τα χαρακτηριστικά του σιδηρομαγνητικού υλικού με αποτέλεσμα το άνοιγμα ή κλείσιμο των ειδικών επαφών (reed) που βρίσκονται μέσα σε γυάλινη θήκη.	Μικρό σε μέγεθος. Αξίопιστο.

Ο ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΜΑΣ ΖΩΗ

Για να γίνει αντιληπτό πόσο πολύ η αυτοματοποίηση έχει μπει στη ζωή μας, δίνεται παρακάτω παράδειγμα, όπου απλές καθημερινές ενέργειες περιέχουν αυτοματοποιημένες λειτουργίες.

Ένοικος επιστρέφει νωρίς το βράδυ στο διαμέρισμά του, που βρίσκεται σε όροφο πολυκατοικίας.

Όταν ο ένοικος πλησιάσει την είσοδο της πολυκατοικίας, ο ανιχνευτής κίνησης ανάβει το φως της εισόδου διευκολύνοντάς τον να ανοίξει με το κλειδί του την πόρτα (βλ. σχήμα 9.3.θ).



Σχ. 9.3.θ Ανίχνευση παρουσίας ατόμου

Στο εσωτερικό της εισόδου υπάρχει φωτισμός ασφαλείας με λάμπα οικονομικού τύπου, που έχει ενεργοποιηθεί από χρονοδιακόπτη. Αφού φτάσει στην είσοδο του ανελκυστήρα, πιέζει το πλήκτρο του μπουτόν, για να καλέσει το θάλαμο του ανελκυστήρα. Ταυτόχρονα βλέπει ένδειξη από ενδεικτικές λυχνίες για τη θέση (όροφος), που βρίσκεται ο θάλαμος. Όταν ο θάλαμος φθάσει στο ισόγειο, “ενημερώνει” ηχητικά (με βομβητή ή κουδούνι) και οπτικά, για να ανοίξει ο ένοικος την πόρτα. Αν ο ανελκυστήρας διαθέτει αυτόματη πόρτα, τότε ανοίγει μόνη της. Στις αυτόματες πόρτες, για την ασφάλεια των χρηστών, κατά το κλείσιμο της πόρτας ενεργοποιείται φωτοκύτταρο (βλ. σχήμα 9.3.ι).



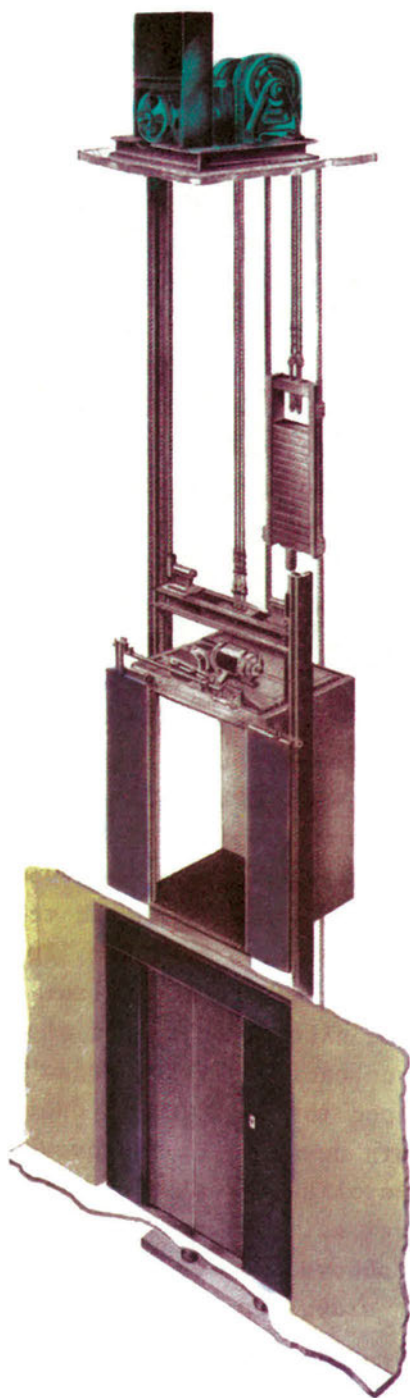
Σχ. 9.3.1 Έλεγχος λειτουργίας πόρτας

Όταν εισέλθει στο θάλαμο, ανάβει και η δεύτερη στάθμη φωτισμού του θαλάμου, ενώ ταυτόχρονα ενεργοποιείται και το κύκλωμα αερισμού του.

Επιλέγει τον επιθυμητό όροφο και, για να ξεκινήσει ο θάλαμος, πρέπει να είναι κλειστή η πόρτα, επειδή έχει ειδικό αυτοματισμό ασφαλείας, που δεν επιτρέπει την κίνηση του θαλάμου σε άλλη περίπτωση.

Ο θάλαμος αυτόματα ξεκινάει ομαλά, επιταχύνεται, φθάνει στη μέγιστη ταχύτητά του, επιβραδύνει και σταματάει ομαλά στο επίπεδο του 4ου ορόφου. Η όλη διαδικασία κίνησης του θαλάμου γίνεται από κινητήρα, ο οποίος ελέγχεται από ηλεκτρονόμους, ηλεκτρονικά εξαρτήματα ισχύος, οριοδιακόπτες, οροφοδιακόπτες κ.λπ.

Απέναντι από την έξοδο του θαλάμου πιέζει το μπουτόν, ενεργοποιώντας το φωτισμό του κλιμακостаσίου και του διαδρόμου. Ο φωτισμός θα παραμείνει ενεργοποιημένος, για όσο χρονικό διάστημα έχει προγραμματιστεί στον αυτόματο κλιμακостаσίου.



Σχ. 9.3.κ. Παράσταση ανελκυστήρα

Φτάνει στην είσοδο του διαμερίσματός του. Ανοίγει την πόρτα και απενεργοποιεί το σύστημα συναγερμού. Ταυτόχρονα ανιχνευτής κίνησης ενεργοποιεί φωτιστικό, που τον διευκολύνει να κινηθεί μέσα στο διαμέρισμα. Η θερμοκρασία στο εσωτερικό του διαμερίσματος είναι αυτή που έχει προεπιλέξει στο θερμοστάτη χώρου, ο οποίος έχει ενεργοποιήσει το κύκλωμα ψύξης ή θέρμανσης, ανάλογα με την εποχή του έτους.

Στις κατοικίες η αυτοματοποίηση δε σταματάει εδώ υπάρχουν και άλλες λειτουργίες που γίνονται αυτόματα, όπως του πλυντηρίου, του ηλεκτρικού μαγειρείου, της ηλεκτρικής τέντας κ.λπ.

9.4. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ – ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ

Οι εφαρμογές της ηλεκτρονικής στους αυτοματισμούς είναι ένα από τα πλέον αναπτυσσόμενα πεδία “υψηλής τεχνολογίας”. Οι τεράστιες δυνατότητες των ημιαγωγών, με τη χρησιμοποίησή τους στα ηλεκτρονικά κυκλώματα βρίσκουν ευρύ πεδίο εφαρμογών και στον τομέα του αυτοματισμού.

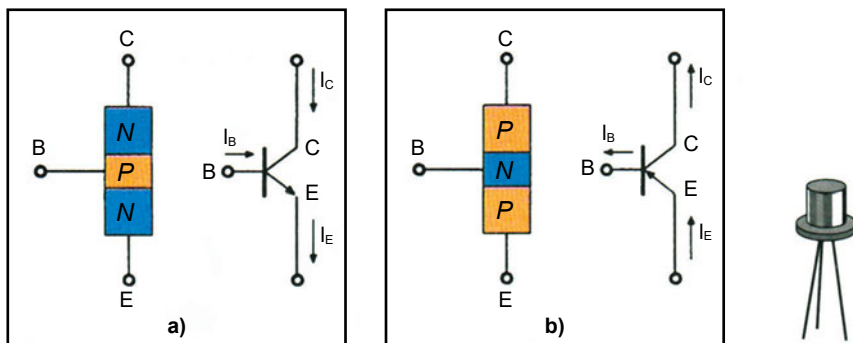
Δομικά στοιχεία των ηλεκτρονικών αυτοματισμών όπως είναι η κρυσταλλοδίοδος, το τρανζίστορ, το θερμίστορ και το θυρίστορ χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν και να επεξεργάζονται κάθε μορφής ηλεκτρικά σήματα. Τα ηλεκτρονικά στοιχεία του αυτοματισμού συνεργάζονται με ηλεκτρικά, πνευματικά και υδραυλικά στοιχεία.

Εξαρτήματα με κατάληξη ...ίστορ σημαίνει ότι είναι φτιαγμένα από ημιαγωγίμο υλικό. Τα βασικότερα από αυτά, που βρίσκουν εφαρμογή και στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, θα γνωρίσουμε στη συνέχεια.

9.4.1 Κρυσταλλοτρίοδος (TRANSISTOR - TR)

Το transistor (TR) είναι εξάρτημα 3 στρώσεων ημιαγωγίμων υλικών τύπου N και P. Ανάλογα με τη διαστρωμάτωση, διακρίνεται στους τύπους NPN και PNP. Έχει 3 ακροδέκτες που ονομάζονται εκπομπός (E), βάση (B) και συλλέκτης (C), βλέπε σχήμα 9.4.1.

Χρησιμοποιείται είτε ως ηλεκτρικός διακόπτης, είτε ως ενισχυτική διάταξη κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας ηλεκτρικών σημάτων.



Σχ. 9.4.1 Δομή, συμβολισμός και εξωτερική μορφή τρανζίστορ

9.4.2 Θυρίστορ

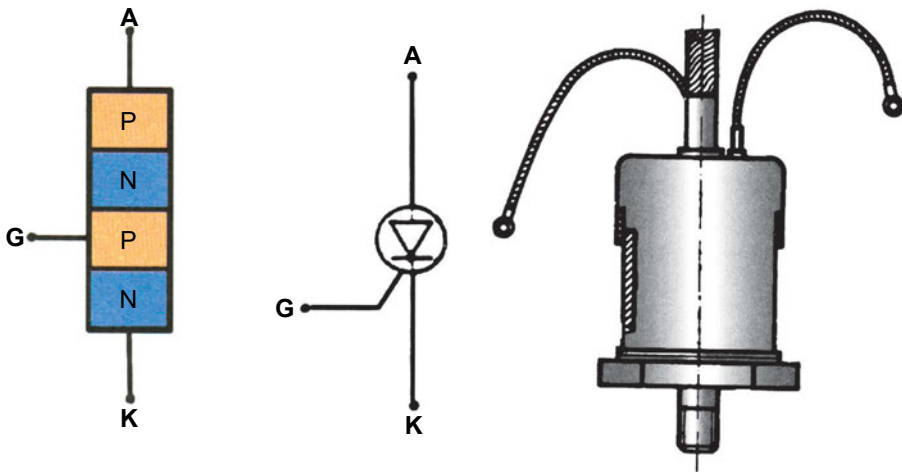
Η λέξη **Thyristor** προέρχεται από τη λέξη θύρα, που παραπέμπει στην έννοια του ανοικτού ή του κλειστού .

Τα θυρίστορ είναι ημιαγώγιμα εξαρτήματα τεσσάρων στρώσεων ημιαγωγών , τύπου P και τύπου N, βλέπε σχήμα 9.4.2. Είναι κρυσταλλικοί διακόπτες, των οποίων οι δύο καταστάσεις (αγωγιμότητα-διακοπή) ελέγχονται εξωτερικά.

Χρήσεις: Όπου απαιτείται έλεγχος πολύ μεγάλων ρευμάτων, όπως είναι ο έλεγχος ηλεκτρικών χαρακτηριστικών κινητήρα (στροφές, ροπή, ισχύς), ο έλεγχος θερμοκρασίας, φωτισμού, φόρτισης συσσωρευτών. Επίσης χρησιμοποιείται ευρέως σε κυκλώματα ελεγχόμενης τριφασικής ανόρθωσης.

Αντιπροσωπευτικότεροι τύποι θυρίστορ είναι:

- ο **SCR** Silicon Controller Rectifier (ελεγχόμενος ανορθωτής πυριτίου),
- το **DIAC** - Diode Alternating Current (Δίοδος εναλλασσόμενου ρεύματος) και
- το **TRIAC** - Triode Alternate Current (Τρίοδος εναλλασσόμενου ρεύματος).



Σχ. 9.4.2 Δομή, σύμβολο και εξωτερική μορφή θυρίστορ

9.4.3. Θερμίστορ

Συμπεριφέρεται σαν μια μη γραμμική αντίσταση (η τάση σ' αυτές δεν είναι ανάλογη του ρεύματος που τις διαρρέει, αλλά εξαρτάται από διάφορα μεγέθη, όπως είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, ο φωτισμός κ.λπ).

Η αντίσταση του θερμίστορ εξαρτάται από τη θερμοκρασία.

Υπάρχουν δύο είδη:

1. τα θερμίστορ με θετικό θερμοκρασιακό συντελεστή (P.T.C.). Σε αυτά η αντίσταση αυξάνει με τη θερμοκρασία.
2. Τα θερμίστορ με αρνητικό θερμοκρασιακό συντελεστή (N.T.C.). Σε αυτά η αντίσταση μικραίνει με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Τα θερμίστορ χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα θερμικής προστασίας π.χ. των ηλεκτροκινητήρων.

9.4.4 Αισθητήρια

Τα αισθητήρια αποτελούν σημαντικό στοιχείο ενός αυτοματοποιημένου συστήματος.

Χρησιμοποιούν:

– στον έλεγχο παρουσίας ή απουσίας, διέλευσης ή ροής αντικειμένων, τέλους διαδρομής

- στον προσδιορισμό της θέσης, στη μέτρηση αντικειμένων
- στην κωδικοποίηση

Παραδείγματα εφαρμογών

- μηχανές συναρμολόγησης, εργαλειομηχανές
- μηχανές μεταφοράς, πρέσες
- μηχανές συσκευασίας, εγκαταστάσεις τροφοδοσίας και μεταφοράς με μεταφορικές ταινίες κ.λπ.

Ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες:

α) Ανιχνευτές προσέγγισης

Ενεργοποιούνται (στέλνουν σήμα) όταν πλησιάζει ένα αντικείμενο σ' αυτούς.

Τα πλεονεκτήματα των ανιχνευτών προσέγγισης είναι τα εξής:

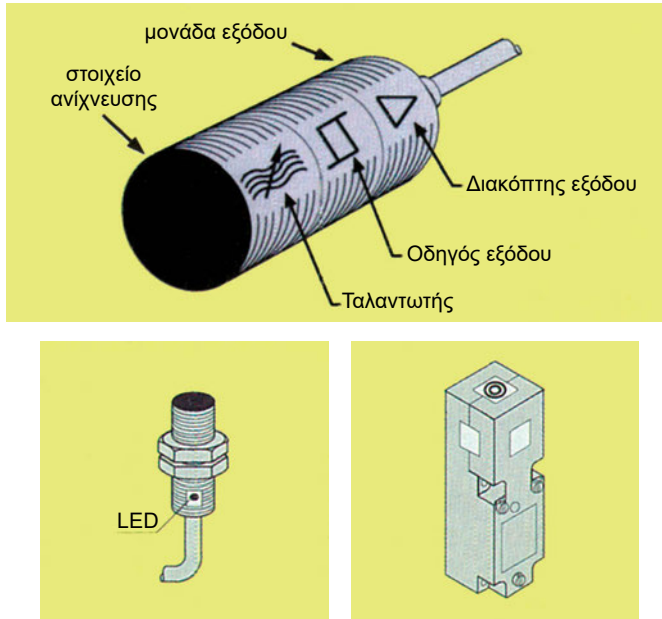
- Δεν έρχονται σε επαφή με το προς ανίχνευση αντικείμενο
- Δεν παρουσιάζουν φθορά αφού δεν έχουν κινούμενα μέρη
- Δίνουν γρήγορη και αξιόπιστη σηματοδότηση από ηλεκτρονική έξοδο
- Ο αριθμός των χειρισμών είναι απεριόριστος.

Οι ανιχνευτές προσέγγισης διακρίνονται σε δύο οικογένειες:

- τους επαγωγικούς, για μεταλλικά αντικείμενα (π.χ. σιδηρομαγνητικά)
- τους χωρητικούς, για κάθε είδους αντικείμενα.

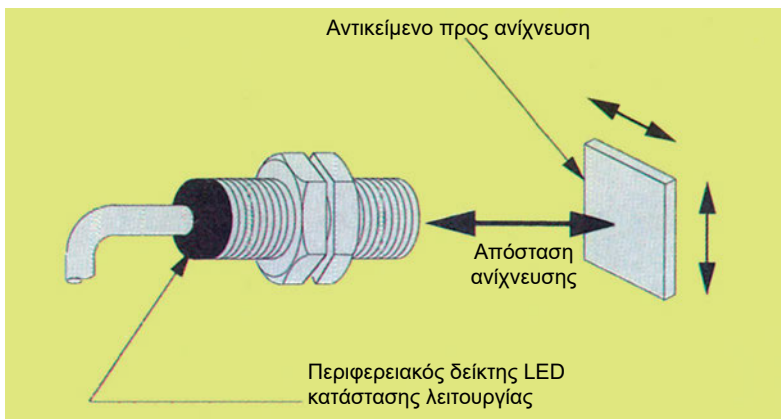
Η λειτουργία των επαγωγικών ανιχνευτών προσέγγισης βασίζεται στη μεταβολή ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου κατά την προσέγγιση ενός μεταλλικού αντικειμένου, ενώ των χωρητικών στη μεταβολή ενός ηλεκτροστατικού πεδίου κατά την προσέγγιση ενός οιοδήποτε αντικειμένου.

Δομή ενός ανιχνευτή προσέγγισης



Σχ. 9.4.4.α Δομή ενός ανιχνευτή προσέγγισης – μορφές

Για να εξασφαλιστεί η ανίχνευση πρέπει η απόσταση μεταξύ του αντικείμενου και της επιφάνειας ανίχνευσης π.χ. του επαγωγικού αισθητήρα να είναι ίση ή μικρότερη από την ονομαστική απόσταση λειτουργίας που τον χαρακτηρίζει.



Σχ. 9.4.4.β Η απόσταση ανίχνευσης αποτελεί χαρακτηριστικό μέγεθος ενός αισθητήρα προσέγγισης

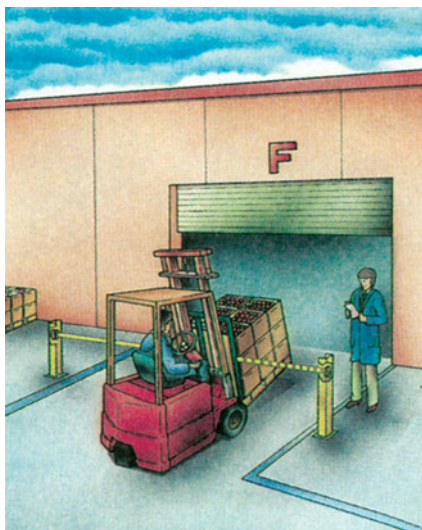
β) Φωτοηλεκτρικοί ανιχνευτές (φωτοκύτταρα)

Έχουν εφαρμογή εκεί όπου οι ταχύτητες κίνησης είναι μεγάλες, τα προς ανίχνευση αντικείμενα είναι μικρών διαστάσεων ή εύθραυστα και η ανίχνευση ελέγχεται με ηλεκτρονικό αυτοματισμό.

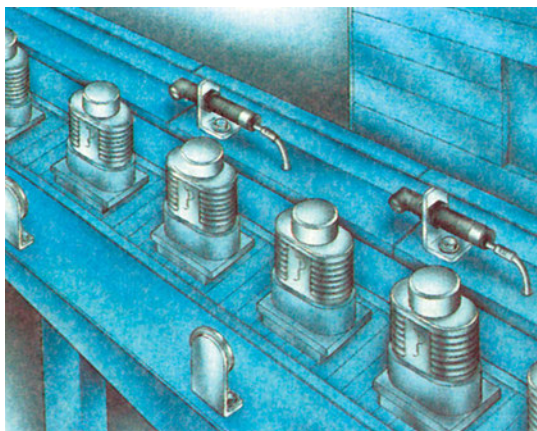
Η λειτουργία τους στηρίζεται σε δύο τεχνικές, στην απώλεια (διακοπή) ή ανάκλαση δέσμης.

Αποτελούνται από δύο μέρη:

- τον πομποδέκτη ή δέκτη
- τον ανακλαστήρα ή εκπομπό.



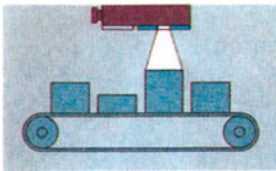
Σχ. 9.4.4.γ.i Έλεγχος παρουσίας σε αυτόματη πόρτα: φωτοκύτταρο ανάκλασης



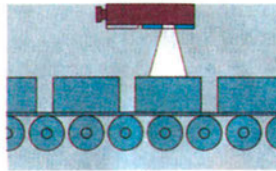
Σχ. 9.4.4.γ.ii Έλεγχος διέλευσης φιαλών αρωμάτων

γ) Διάφοροι άλλοι ανιχνευτές π.χ. υπερήχων, λέιζερ κ.λπ.

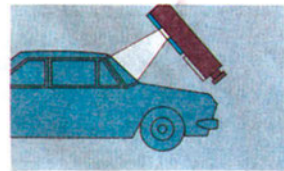
Οι ανιχνευτές υπερήχων έχουν μία πιεζοηλεκτρική κεραμική κάψα που εκπέμπει υπερήχους. Όταν αυτοί συναντήσουν ένα αντικείμενο, ανακλώνται και επιστρέφοντας μετασχηματίζονται σε ηλεκτρικό σήμα. Αυτή η λειτουργία - εκπομπή και επιστροφή υπερήχων επαναλαμβάνεται συνέχεια. Με τους ανιχνευτές αυτούς γίνεται επιτήρηση σε κάθε υλικό, σε οιαδήποτε μορφή κι αν βρίσκεται: στερεό, υγρό, διαφανές, βαμμένο ή σε σκόνη.



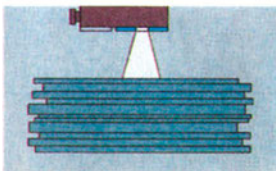
Ανίχνευση αντικειμένου



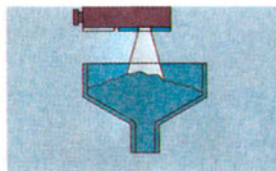
Ανίχνευση φορτίου



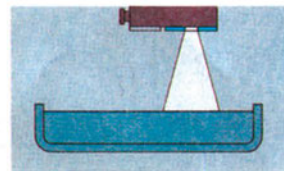
Ανίχνευση παρ-μπριζ



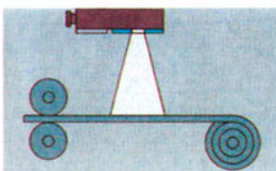
Ανίχνευση επιφανείας



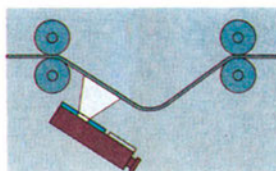
Ανίχνευση υλικού



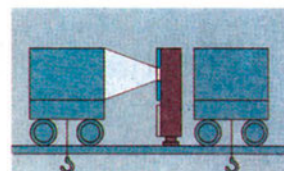
Ανίχνευση υγρού



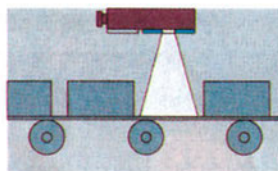
Έλεγχος επιφανείας



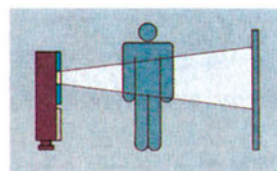
Έλεγχος συνέχειας



Έλεγχος σύγκρουσης

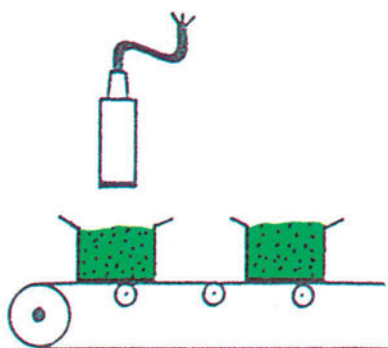


Έλεγχος σφάλματος παραγωγής

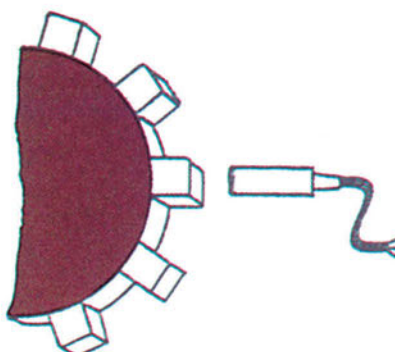


Ανίχνευση ατόμου

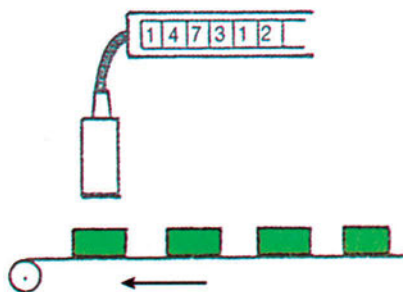
Σχ. 9.4.δ Τυπικές εφαρμογές ανιχνευτών υπερήχων.



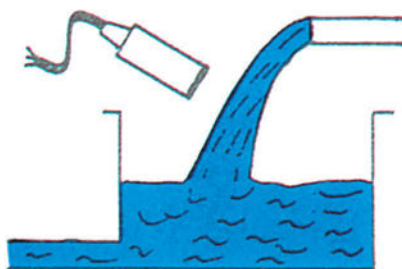
έλεγχος περιεχομένου
χαρτοκιβωτίου



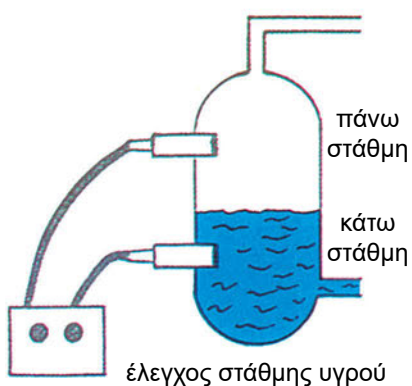
έλεγχος ταχύτητας
περιστροφής



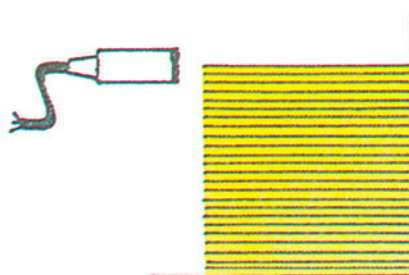
αυτόματη μέτρηση



ανίχνευση ροής



έλεγχος στάθμης υγρού



έλεγχος ύψους φύλλου χαρτού

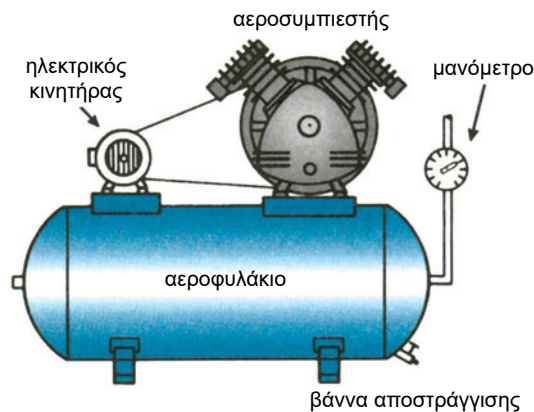
Σχ. 9.4.4.ε Τυπικές εφαρμογές διαφόρων τύπων αισθητήριων

9.5 ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ

Η αναγκαιότητα για τη λειτουργία εφαρμογών αυτοματισμού με χαμηλό κόστος και η αξιοποίηση της δυναμικής ενέργειας που δημιουργείται από τη συμπίεση του πεπιεσμένου αέρα με κατάλληλη διάταξη, ώθησαν την εξέλιξη των πνευματικών συστημάτων αυτοματισμού. Η αρχή λειτουργίας των πνευματικών συστημάτων αυτοματισμού βασίζεται στην ενέργεια που αποκτά ο ατμοσφαιρικός αέρας, όταν συμπιέζεται και αποθηκεύεται σ' ένα αεροθάλαμο. Τα πνευματικά συστήματα λειτουργούν με μεγάλη ταχύτητα και αξιοπιστία, αλλά δεν μπορούν να ασκήσουν μεγάλες δυνάμεις.

Τα κυριότερα μέρη ενός πνευματικού συστήματος είναι τα ακόλουθα:

- α) παραγωγή πεπιεσμένου αέρα
- β) επεξεργασία πεπιεσμένου αέρα (φιλτράρισμα, λίπανση, αφύγρανση)
- γ) διανομή πεπιεσμένου αέρα (μέσω δικτύου σωληνώσεων)
- δ) έλεγχος πεπιεσμένου αέρα (βαλβίδες, χειριστήρια)
- ε) μετατροπή της πνευματικής ισχύος σε ευθύγραμμη (πνευματικοί κύλινδροι) ή περιστροφική κίνηση (πνευματικοί κινητήρες).



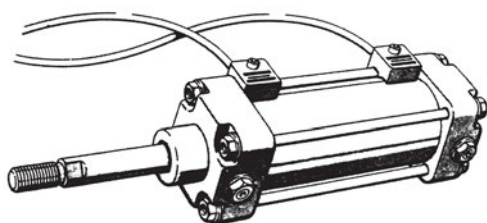
Σχ. 9.5.α Μονάδα παραγωγής πεπιεσμένου αέρα

Δομικά στοιχεία πνευματικών αυτοματισμών

Δομικά υλικά, όπως βαλβίδες, κύλινδροι, χειριστήρια, αισθητήρια, πλήκτρα και πνευματικοί κινητήρες, συνθέτουν πνευματικά συστήματα αυτοματισμού.

Βαλβίδες είναι εκείνα τα εξαρτήματα, με τα οποία ελέγχουμε τη ροή, τη διεύθυνση, την πίεση και την ποσότητα του πεπιεσμένου αέρα.

Οι κύλινδροι είναι μηχανισμοί, που μετατρέπουν την ενέργεια του πεπιεσμένου αέρα σε ευθύγραμμη κίνηση. Διακρίνονται σε κυλίνδρους απλής και διπλής ενέργειας.



Πνευματικός κύλινδρος

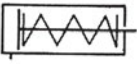
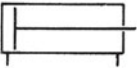
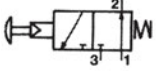
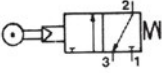


Πνευματικός κινητήρας

Σχ. 9.5.β. Πνευματικοί κύλινδροι και κινητήρες

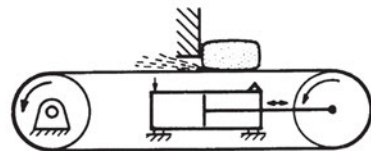
Βαλβίδες: Οι βαλβίδες είναι εξαρτήματα, που ελέγχουν και ρυθμίζουν την παροχή του αέρα. Έτσι ρυθμίζουν την κίνηση και την ταχύτητα των εμβόλων, (εκκίνηση-σταμάτημα, έλεγχος διεύθυνσης, ρύθμιση ροής, ρύθμιση πίεσης κ.λπ.). Διακρίνονται σε βαλβίδες ελέγχου, ροής, πίεσης, κατεύθυνσης και αντεπιστροφής. Στο σώμα κάθε βαλβίδας υπάρχουν υποδοχές, στις οποίες συνδέονται οι σωληνώσεις του αέρα. Οι υποδοχές αυτές ονομάζονται στόμια ή σημεία σύνδεσης και καταλήγουν σε σπείρωμα (εσωτερικό ή εξωτερικό) ή ταχυσυνδέσμους. Μια βαλβίδα κατεύθυνσης ροής πρέπει να έχει το λιγότερο δύο στόμια, ένα για την είσοδο και ένα για την έξοδο του αέρα. Υπάρχουν βαλβίδες με πολύ περισσότερα στόμια. Οι βαλβίδες κατεύθυνσης ροής χαρακτηρίζονται με ένα κλάσμα. Ο αριθμητής του κλάσματος δηλώνει τον αριθμό των στομιών και ο παρονομαστής του κλάσματος τις δυνατές θέσεις λειτουργίας της βαλβίδας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.5 Βασικά δομικά στοιχεία πνευματικών αυτοματισμών

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΜΟΡΦΗ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ ΑΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ			Διαθέτει ένα στόμιο για την εισαγωγή του αέρα. Παράγει έργο μόνο κατά τη μια διεύθυνση. Επανέρχεται το έμβολο είτε με επενέργεια εξωτερικής δύναμης είτε με ενσωματωμένο ελατήριο.
ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ ΔΙΠΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ			Διαθέτει δύο στόμια. Το έμβολο παράγει έργο και κατά τις δυο διευθύνσεις, δηλαδή τόσο κατά την έκταση όσο και κατά τη συστολή του βάρκρου.
ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ 3/2	 Κανονικά ανοικτή χειρισμός με μπουτόν  Κανονικά κλειστή χειρισμός με ράουλο	 	Φέρουν 3 στόμια στα οποία μπορούν να συνδεθούν σωλήνες. Αυτά χρησιμεύουν για την είσοδο του πεπιεσμένου αέρα, για την έξοδο και για την εκτόνωση στην ατμόσφαιρα. Ο αριθμός 2 δηλώνει ότι κάθε βαλβίδα έχει δυο δυνατές θέσεις λειτουργίας.

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Συμπίεση – κόλληση υλικών



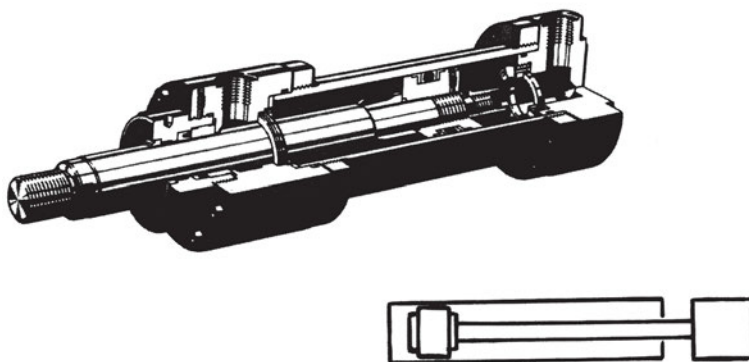
Τάνυση μεταφορικής ταινίας

9.6 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ

Τα υδραυλικά συστήματα χρησιμοποιούν ρευστό συνήθως ορυκτέλαιο, που βρίσκεται σε υψηλή πίεση, για τη μετάδοση και τον έλεγχο κινήσεων και δυνάμεων. Το ρευστό αυτό είναι συνήθως ορυκτέλαιο (“υδραυλικό υγρό” ή “λάδι”) και βρίσκεται στο εσωτερικό των υδραυλικών στοιχείων, από τα οποία αποτελείται το υδραυλικό σύστημα.

Η πίεση για τη λειτουργία των υδραυλικών συστημάτων παράγεται από αντλίες, αποθηκεύεται σε υδραυλικούς συσσωρευτές και διανέμεται με υψηλής πίεσης σωληνώσεις σε όλα τα σημεία, όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί. Η ροή του υδραυλικού υγρού στα διάφορα τμήματα του υδραυλικού συστήματος ελέγχεται με βαλβίδες, που διακόπτουν ή περιορίζουν τη δίοδο του υγρού. Ο βασικότερος υδραυλικός κινητήρας είναι ο υδραυλικός κύλινδρος, που μετατρέπει τη ροή του υδραυλικού υγρού σε ευθύγραμμη κίνηση.

Τα υδραυλικά συστήματα έχουν τη δυνατότητα να ασκήσουν μεγάλες δυνάμεις, αλλά διαθέτουν πολύ μικρή ταχύτητα.



Σχ. 9.6 Υδραυλικός κύλινδρος διπλής ενέργειας

9.7 ΣΥΝΘΕΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ – ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις των εφαρμογών επέβαλαν τη χρήση σύνθετων συστημάτων (ηλεκτρικά – υδραυλικά – ηλεκτρονικά – πνευματικά). Το κάθε σύστημα παρουσιάζει και μειονεκτήματα, τα οποία έρχεται να εξαλείψει ο συνδυασμός του με άλλα συστήματα.

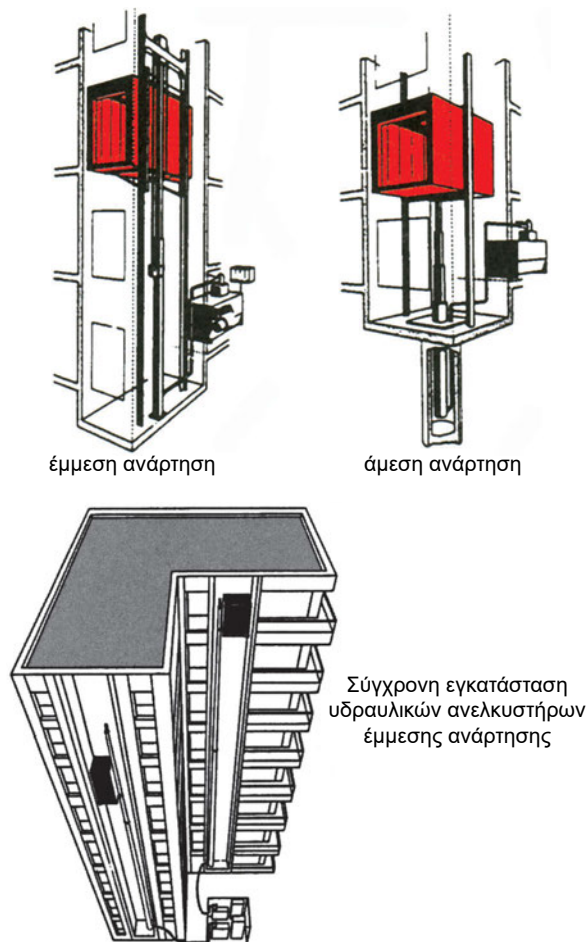
Για παράδειγμα, στον υδραυλικό ανελκυστήρα, εκτός από την άσκηση μεγάλων δυνάμεων, απαιτούνται και μεγάλες ταχύτητες. Για το λόγο αυτό

χρησιμοποιούμε και ηλεκτροκινητήρα, δηλαδή δημιουργούμε ένα ηλεκτρο-υδραυλικό σύστημα. Αυτό, συνδυασμένο με τις σύγχρονες ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου, μας δίνει το επιθυμητό και γνωστό σε όλους μας αποτέλεσμα της άνετης και ασφαλούς καθ' ύψος διακίνησης.

□ 9.7.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Ηλεκτροϋδραυλικός ανελκυστήρας.

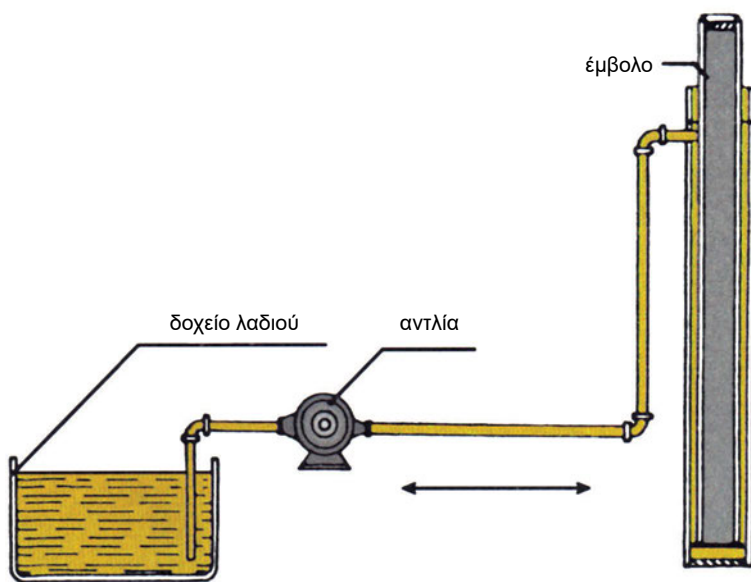
Ως εφαρμογή αποτελεί συνδυασμό ηλεκτρικών – υδραυλικών και ηλεκτρονικών συστημάτων αυτοματισμού.



Σχ. 9.7.1.α Χαρακτηριστικοί τρόποι ανάρτησης υδραυλικών ανελκυστήρων

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΠΛΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

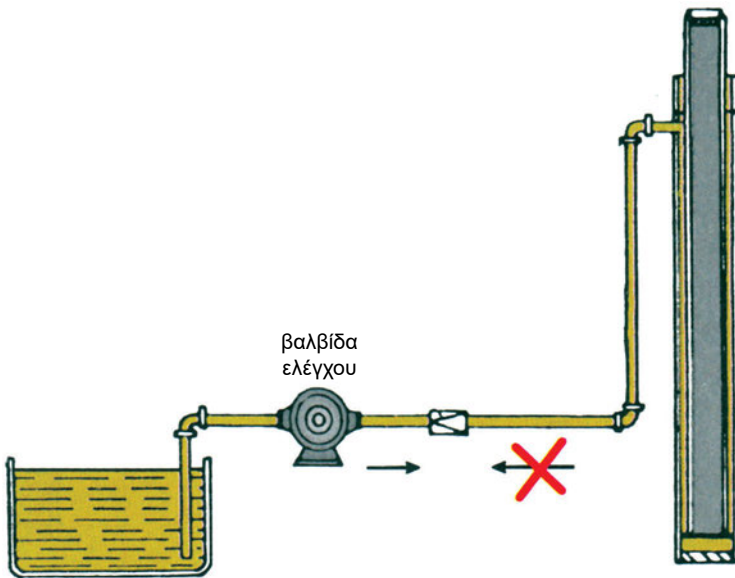
Ένας υδραυλικός ανελκυστήρας αποτελείται από μια αντλία, ένα δοχείο λαδιού και ένα έμβολο, στο οποίο είναι συνδεδεμένος ο θάλαμος του ανελκυστήρα. Αυτά φαίνονται στο παρακάτω σχήμα:



9.7.1.β Αρχή λειτουργίας ενός απλού υδραυλικού κυκλώματος

Τι συμβαίνει με αυτή τη διάταξη; Η αντλία θα παρέχει με πίεση λάδι στο έμβολο, προκαλώντας την ανύψωσή του. Μόλις η αντλία σταματήσει, το λόγο έχει η βαρύτητα. Το έμβολο πέφτει ελεύθερα διώχνοντας το λάδι μέσα από την αντλία πίσω στο δοχείο.

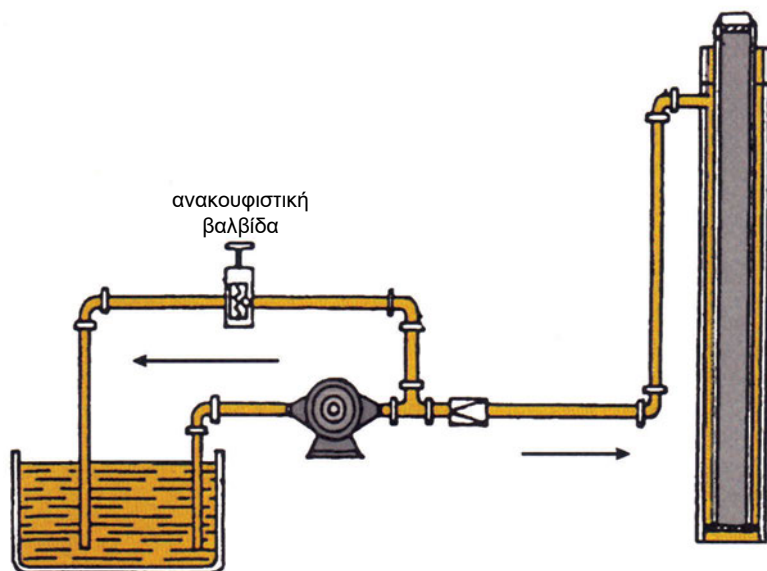
Το πρώτο μέλημα είναι να μείνει το έμβολο στον όροφο, αφού προηγουμένως σταματήσει η αντλία. Αυτό επιτυγχάνεται με μια βαλβίδα ελέγχου (check valve), που φαίνεται στο σχ. 9.7.1.γ. Αυτή επιτρέπει τη ροή προς την κατεύθυνση αντλία – έμβολο, αλλά εμποδίζει την αντίθετη ροή.



Σχ. 9.7.1.γ Η βαλβίδα ελέγχου επιτρέπει τη ροή λαδιού από την αντλία προς το έμβολο και εμποδίζει την αντίστροφη ροή

Αν το έμβολο α) φθάσει στο τέρμα του χωρίς να δοθεί η εντολή να σταματήσει η αντλία ή β) αν κάπου φρακάρει και η αντλία συνεχίσει να εργάζεται, η πίεση που θα αναπτυχθεί θα καταστρέψει το σύστημα.

Για να αποφευχθεί αυτό το ενδεχόμενο, προσθέτουμε μια ανακουφιστική βαλβίδα, η οποία ανοίγει, όταν η πίεση ξεπεράσει ένα ορισμένο όριο και το λάδι επιστρέφει στο δοχείο. Όσο διαρκούν οι παραπάνω συνθήκες, η αντλία απλώς παίρνει λάδι από το δοχείο και το επιστρέφει συνεχώς μέσα από το κύκλωμα της ανακουφιστικής βαλβίδας. Για να μη συνεχιστεί η διαδικασία αυτή για πολλή ώρα και υπερθερμανθεί ο κινητήρας και το λάδι, τοποθετούμε χρονοδιακόπτη, που διακόπτει το ρεύμα του κινητήρα μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.

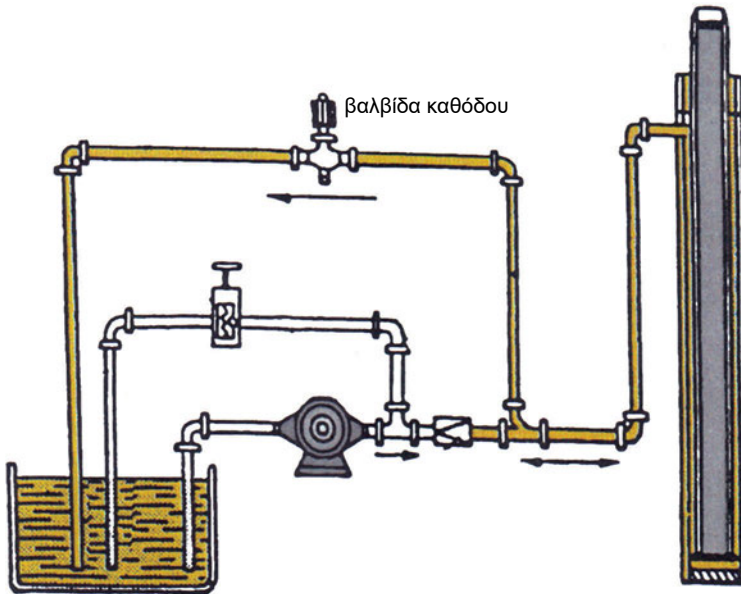


Σχ. 9.7.1.δ Η ανακουφιστική βαλβίδα ανοίγει όταν η πίεση ξεπεράσει τα όρια ρύθμισής της. Έτσι προστατεύεται η υδραυλική εγκατάσταση και το λάδι επιστρέφει στο δοχείο (τανκ)

Μέχρι τώρα έχουμε σχεδιάσει ένα σύστημα, όπου το έμβολο θα ανυψωθεί στο επιθυμητό επίπεδο και θα μείνει εκεί, όταν η αντλία σταματήσει. Αφού όμως το λάδι δεν θα μπορεί να επιστρέψει, πώς θα κατέβει το έμβολο;

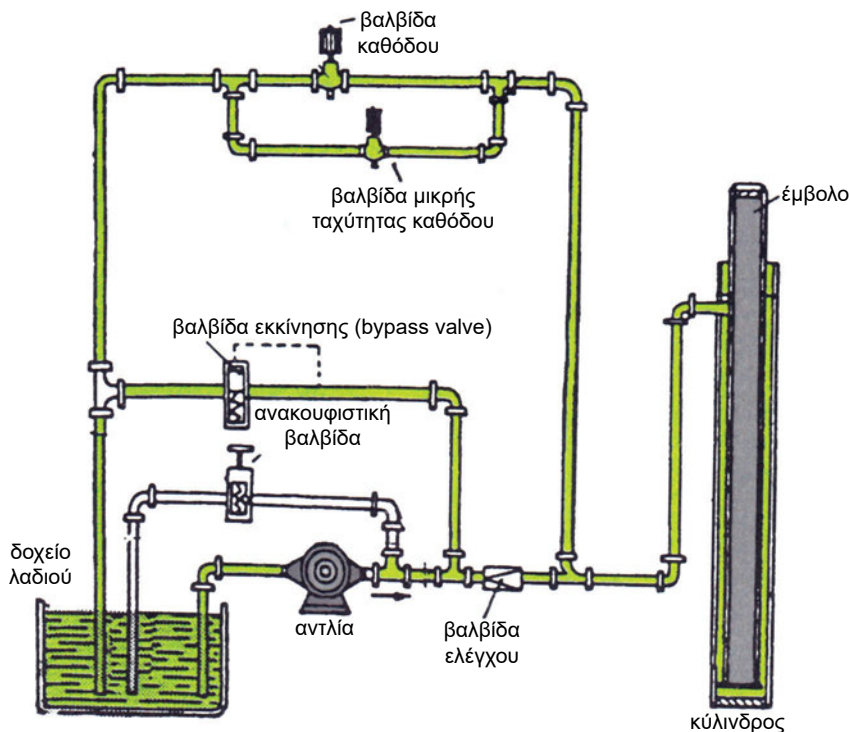
Βλέπουμε ότι χρειάζεται ένας τρόπος ελεγχόμενης επιστροφής λαδιού στο δοχείο, για να είναι δυνατή η κάθοδος του εμβόλου.

Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας **βαλβίδας καθόδου**. Καλό θα είναι η βαλβίδα αυτή να ελέγχεται, ώστε να ανοίγει σταδιακά για να μην είναι απότομη η εκκίνηση προς τα κάτω.



Σχ. 9.7.1.ε Η απλούστερη δυνατή διάταξη υδραυλικού ανελκυστήρα

Με το παραπάνω σχήμα έχουμε τον απλούστερο δυνατό υδραυλικό ανελκυστήρα. Όμως, η ποιότητα της κίνησης δεν μπορεί να είναι η επιθυμητή με το σύστημα αυτό. Στο σχ. 9.7.1.στ φαίνονται δυο ακόμη βαλβίδες, που βελτιώνουν το σύστημα. Η πρώτη βαλβίδα, μικρής ταχύτητας καθόδου, επιτυγχάνει ό,τι η δεύτερη ταχύτητα σε έναν ηλεκτρικό ανελκυστήρα δυο ταχυτήτων, δηλαδή ομαλότερο σταμάτημα και καλύτερη ισοστάθμιση (στην προκειμένη περίπτωση μόνο κατά την κάθοδο). Η δεύτερη βαλβίδα ή βαλβίδα εκκίνησης (by pass valve) είναι και αυτή σαν την “ανακουφιστική” βαλβίδα, αλλά λειτουργεί σε μια μικρότερη πίεση και κλείνει σταδιακά. Στην εκκίνηση, μέρος του λαδιού περνάει μέσα από αυτήν μέχρι να κλείσει σταδιακά και το έμβολο αποκτήσει την ονομαστική του ταχύτητα. Έτσι επιτυγχάνεται ομαλή εκκίνηση και επιτάχυνση.



Σχ. 9.7.1.στ Πλήρες σύστημα ισχύος εγκατάστασης υδραυλικού ανελκυστήρα με όλες τις απαραίτητες ασφαλιστικές και λειτουργικές μονάδες

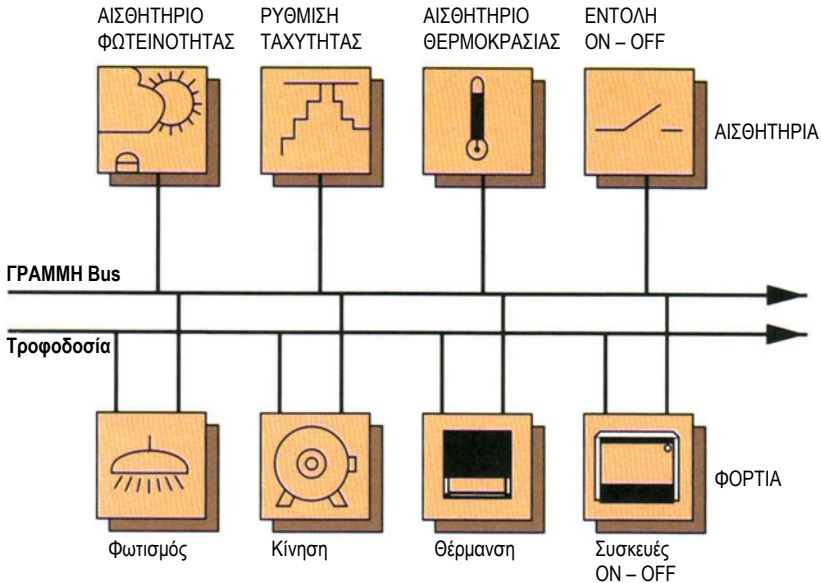
9.7.2 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Σύγχρονη ΕΗΕ με τεχνική μετάδοσης - επεξεργασίας δεδομένων BUS

Στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτιρίων όλο και περισσότερο εφαρμόζονται σύνθετα συστήματα αυτοματισμού. Συνδυάζοντας ηλεκτρονικά και ηλεκτρολογικά εξαρτήματα επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ασφάλεια, ευελιξία, αξιοπιστία, περισσότερη άνεση και απαιτούνται λιγότερα καλώδια.

Η τάση αυτή οδήγησε στη δημιουργία μιας νέας τεχνικής που συνδυάζει ηλεκτρολογικό και ηλεκτρονικό μέρος, την τεχνική Bus.

Σ' αυτή την τεχνική ο έλεγχος και η παρακολούθηση όλων των φορτίων γίνεται από μια κοινή γραμμή (κοινός δρόμος), που ονομάζεται BUS ("δίαυλος επικοινωνίας"). Αυτός ο κοινός δρόμος αποτελεί το μέσο μεταφοράς πληροφοριών και επικοινωνίας μεταξύ όλων των συσκευών μιας εγκατάστασης με ψηφιακό τρόπο (μετάδοση δεδομένων - data).



Σχ. 9.7.2.α Σχηματική παράσταση συστήματος “Bus”

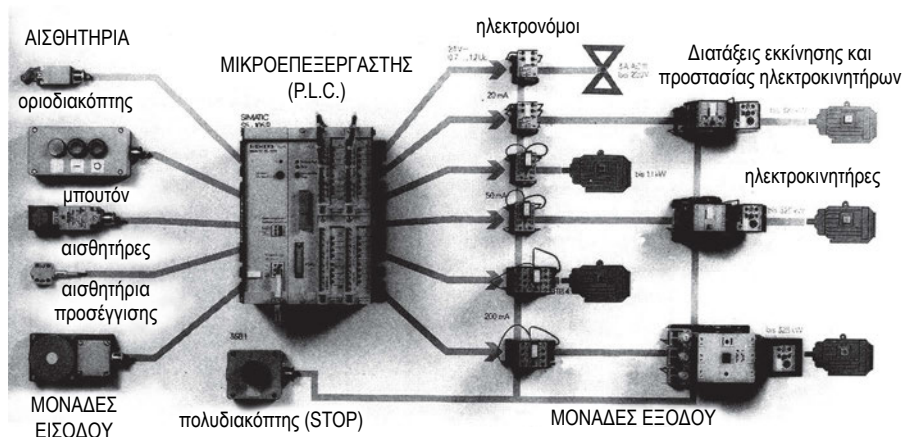
Για παράδειγμα, η μετάδοση της πληροφορίας από ένα αισθητήριο θερμοκρασίας (Ηλεκτρονικός ψηφιακός Θερμοστάτης) στέλνεται μέσω του διαύλου επικοινωνίας (bus) σε έναν ή περισσότερους αποδέκτες (κλιματιστικά μηχανήματα) με αποτέλεσμα την ενεργοποίησή τους.

□ 9.7.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3

Μικροεπεξεργαστής και αυτοματισμοί

Σε βιομηχανικές εφαρμογές, με αυτοματοποιημένες μηχανές, περισσότερο ή λιγότερο σύνθετες, επιτυγχάνονται καλύτερα αποτελέσματα και οικονομία με τη χρήση ηλεκτρονικών επεξεργαστών ως κεντρικών μονάδων ελέγχου των συστημάτων αυτών. Παρόμοια λογική ακολουθούν ακόμα και απλές οικιακές συσκευές διαθέτοντας μονάδα μικροεπεξεργαστή.

Στην απεικόνιση που ακολουθεί παρουσιάζονται οι δυνατότητες ενός επεξεργαστή με διάφορες μονάδες εισόδου - εξόδου.

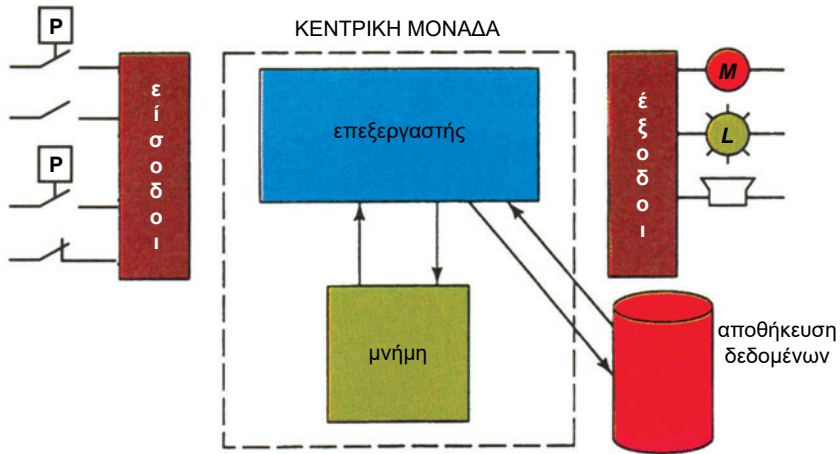


Σχήμα 9.7.3.α Συμβατά όργανα ζεύξης (είσοδοι - έξοδοι) με μικροεπεξεργαστή (P.L.C.)

Μονάδες εισόδου είναι όλα τα αισθητήρια, τα μπουτόν, τα πληκτρολόγια, οι οριοδιακόπτες, τα modem και γενικά συσκευές και εξαρτήματα που δίνουν σήματα ή εντολές στον μικροεπεξεργαστή για επεξεργασία.

Μονάδες εξόδου, όπως ηλεκτρικοί κινητήρες, πνευματικοί και υδραυλικοί κύλινδροι, οθόνες, απαριθμητές, ενδεικτικές λυχνίες και όργανα, αφού πάρουν την κατάλληλη ηλεκτρική εντολή ή σήμα από τον επεξεργαστή, την εκτελούν, για όσο χρονικό διάστημα παίρνουν την αντίστοιχη εντολοδότηση.

Ο μικροεπεξεργαστής είναι τοποθετημένος σε κατάλληλη ηλεκτρονική κάρτα (πλακέτα), που ονομάζεται μητρική (motherboard). Η μητρική κάρτα φέρει υποδοχές, στις οποίες συνδέονται οι κάρτες εισόδου και εξόδου του συστήματος. Τα εξαρτήματα που έχουν διακοπτική λειτουργία (ON-OFF), όπως οριοδιακόπτες, συνδέονται έμμεσα με τη χρήση διάταξης, που μετατρέπει το αναλογικό σήμα σε ψηφιακό. Αυτό γίνεται, γιατί ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να επεξεργάζεται μόνο σήματα ψηφιακής μορφής. Στο σχήμα φαίνεται μια σειρά από συσκευές φαινομενικά ετερόκλητες μεταξύ τους, οι οποίες συνθέτουν ένα σύνολο ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (αισθητήρια, κινητήρες, όργανα, συσκευές κ.λπ.), που λειτουργεί με συγκεκριμένη λογική διαδικασία (προγραμματισμός), ελεγχόμενο από κατάλληλη ηλεκτρονική διάταξη (μικροεπεξεργαστής).



Σχ. 9.7.3.β Η δομή ενός προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (P.L.C)

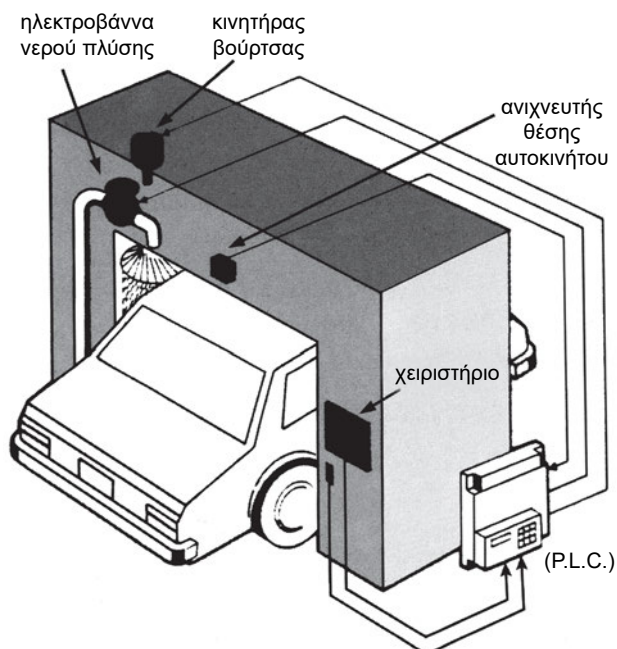
Το κύριο εξάρτημα είναι ο μικροεπεξεργαστής, ο οποίος λαμβάνει τις αποφάσεις. Οι αποφάσεις αυτές βασίζονται στις οδηγίες, που έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη. Οι διακόπτες, ανιχνευτές και αισθητήρες της εγκατάστασης συνδέονται στους ακροδέκτες εισόδου της κεντρικής μονάδας. Ο επεξεργαστής ασκεί έλεγχο στις συσκευές εξόδου. Αυτές λαμβάνουν σήματα από την κεντρική μονάδα (P.L.C.).

Πλεονεκτήματα από τη χρήση του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (P.L.C.)

- Αν σε ένα σύστημα αυτοματισμού θελήσουμε να αλλάξουμε την εκτελούμενη διαδικασία, πρέπει να ξαναγίνει καλωδίωση. Με τη χρήση P.L.C. αυτό εξυπηρετείται με απλό επαναπρογραμματισμό του, χωρίς την ανάγκη επιπρόσθετων εργασιών και δαπανών.
- Πέραν τούτου οι P.L.C. έχουν τεράστια ποικιλία ενσωματωμένων λειτουργικών στοιχείων, όπως ρελέ, χρονιστές, μετρητές κ.λπ., τα οποία είναι διαθέσιμα για την κάλυψη των νέων απαιτήσεων.
- Επειδή τα P.L.C. έχουν ελάχιστα κινούμενα μέρη, η αξιοπιστία τους είναι εξαιρετική.

Παραδείγματα χρήσης προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή (P.L.C.)

α) πλυντήριο αυτοκινήτων

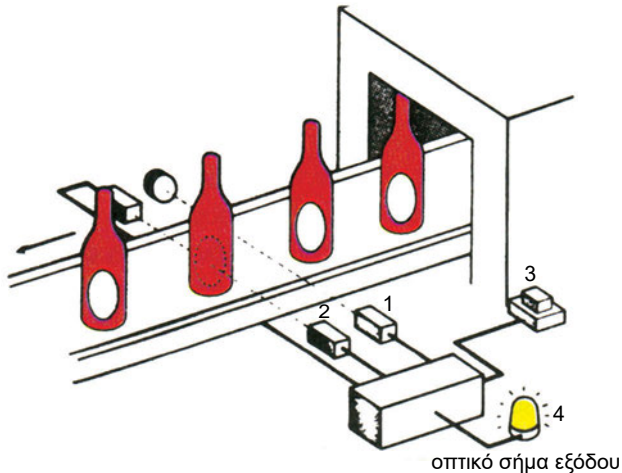


Σχ. 9.7.3.γ Έλεγχος λειτουργίας πλυντηρίου αυτοκινήτου με (P.L.C.)

β) εμφιαλωτήριο μπύρας

Αισθητήρια:

1. Φωτοηλεκτρικός ανιχνευτής των κινήσεων, με ενσωματωμένο ανιχνευτή σήματος.
2. Φωτοηλεκτρικός ανιχνευτής με ενσωματωμένο ανιχνευτή σήματος για τον έλεγχο των ετικετών.
3. Μπουτόν μηδενισμού εισόδου (Reset).
4. Φωτεινή ένδειξη που ανάβει, όταν δεν υπάρχει ετικέτα.



Σχ. 9.7.3.δ. Έλεγχος επικόλλησης ετικέτας σε φιάλες μπύρας

□ 9.7.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4 Έλεγχος Θερμοκρασίας

Σε εφαρμογές, όπως καταψύκτες, ψυκτικοί θάλαμοι, κατοικίες, χώροι εργασίας, φούρνοι, υψικάμινι, απαιτούνται συγκεκριμένα όρια θερμοκρασίας. Αυτό πετυχαίνεται με τα κατάλληλα ψυκτικά μηχανήματα, τις ηλεκτρικές θερμαντικές αντιστάσεις και τους καυστήρες στερεών, υγρών και αερίων καυσίμων. Ο έλεγχος όλων αυτών των εφαρμογών γίνεται με τους θερμοστάτες.

Τα μηχανήματα ελάττωσης ή ανύψωσης θερμοκρασίας με τον μηχανολογικό και τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό τους, καθώς και η λογική σχέση που τα διέπει, αποτελούν αυτόματα συστήματα ελέγχου θερμοκρασίας.

Τα συστήματα ελέγχου θερμοκρασίας διακρίνονται:

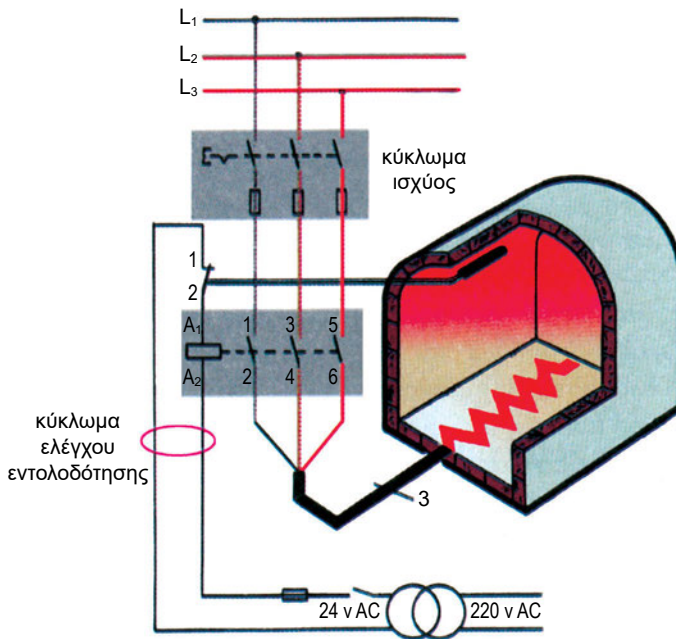
- α) σε συστήματα αυτοματισμού ανοικτού βρόχου
- β) σε συστήματα αυτοματισμού κλειστού βρόχου (με ανατροφοδότηση).

ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΥΡΝΟΥ

Ο φούρνος είναι ένας ειδικά κατασκευασμένος θάλαμος, που αποτελείται από θερμομονωτικά και πυρίμαχα υλικά. Για τη λειτουργία του απαιτείται το μέσο, που θα τα θερμάνει. Ένας ηλεκτρικός φούρνος θερμαίνεται από ειδικές ηλεκτρικές αντιστάσεις, που εκλύουν θερμότητα όταν διαρρέονται από ρεύμα. Ο έλεγχος των αντιστάσεων και κατά συνέπεια της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του φούρνου, γίνεται με θερμοστάτη. Επειδή όμως το ρεύμα που διαρρέει τις αντιστάσεις είναι πολύ μεγαλύτερο από το ρεύμα που μπορεί να περάσει από την επαφή του θερμοστάτη, χρησιμοποιείται ηλεκτρονόμος. Η τροφοδοσία των ηλεκτρικών αντιστάσεων γίνεται μέσω των επαφών ισχύος του ηλεκτρονόμου, όταν ενεργοποιείται αυτός (ροή ρεύματος μέσα από το πηνίο του) αφού δεχτεί εντολοδότηση από την επαφή του θερμοστάτη.

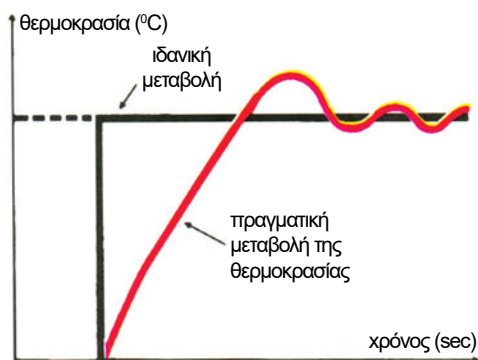
Όπως φαίνεται στο σχήμα 9.7.4.α το σώμα του θερμοστάτη με το διακόπτη του είναι τοποθετημένο εκτός του φούρνου, σε σημείο κατάλληλο για τον έλεγχο του κυκλώματος. Το αισθητήριο του θερμοστάτη όπως και οι θερμαντικές αντιστάσεις, βρίσκονται εντός του φούρνου. Ο έλεγχος από τον θερμοστάτη γίνεται μέσω του πηνίου του ηλεκτρονόμου. Το κύκλωμα που τροφοδοτεί τις αντιστάσεις, ονομάζεται κύριο κύκλωμα ή κύκλωμα

ισχύος. Το κύκλωμα που τροφοδοτεί το πηνίο του ηλεκτρονόμου και ελέγχεται από το διακόπτη του θερμοστάτη, είναι ανεξάρτητο από το κύκλωμα ισχύος και ονομάζεται κύκλωμα ελέγχου ή εντολοδότησης (βοηθητικό κύκλωμα). Το κύκλωμα ελέγχου για λόγους ασφαλείας μπορεί να τροφοδοτείται με τάση μικρότερη των 50V. Συνηθίζεται τάση 24 V. Εάν δεν υπάρχει όμως κίνδυνος για τους χειριστές, μπορεί να τροφοδοτηθεί και με τάση μεγαλύτερη των 50 V π.χ. 220 V.



Σχ. 9.7.4.α Σύστημα ελέγχου θερμοκρασίας σε φούρνο με ηλεκτρικές αντιστάσεις

Σε κάθε ελεγχόμενο σύστημα θερμοκρασίας πάντα εμφανίζεται ένας χρόνος αδράνειας. Συχνά εμφανίζεται το φαινόμενο της υπέρβασης της θερμοκρασίας, λόγω αδράνειας των υλικών του συστήματος. Η θερμοκρασία δηλαδή ξεπερνά την επιθυμητή προκαθορισμένη τιμή. Όταν η υπέρβαση φτάσει στη μέγιστη τιμή της (εξαρτάται από τη θερμοχωρητικότητα των υλικών), η θερμοκρασία του φούρνου αρχίζει να μειώνεται, μέχρι να φτάσει στην επιθυμητή τιμή, όπως φαίνεται στο σχήμα 9.7.4.β.



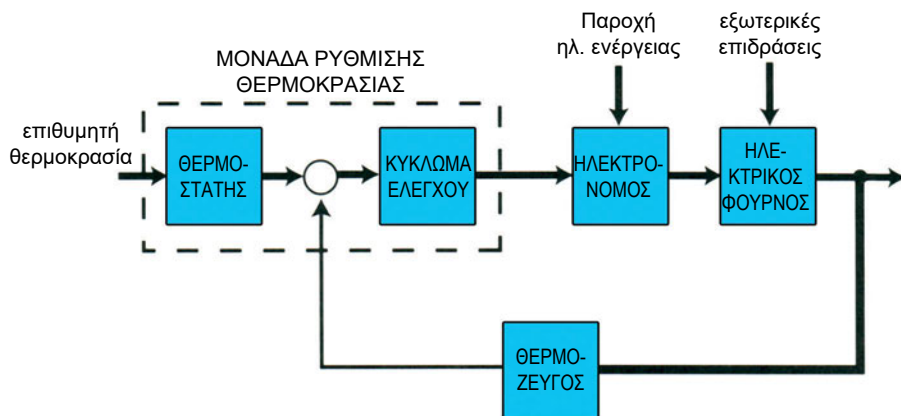
Σχ. 9.7.4. β Γραφική παράσταση συμπεριφοράς συστήματος ελέγχου θερμοκρασίας ηλεκτρικού φούρνου

Τότε ο θερμοστάτης απενεργοποιεί τα κυκλώματα (ελέγχου και ισχύος). Παρατηρείται όμως και το φαινόμενο της υπέρβασης προς τα κάτω. Τότε ο θερμοστάτης ενεργοποιεί πάλι τα κυκλώματα. Μετά από μερικές εναλλαγές (μεταβατική κατάσταση) το σύστημα δείχνει να ισορροπεί (ισορροπημένη κατάσταση) πλησίον της επιθυμητής τιμής.

Αυτή η κατάσταση ισορροπίας διατηρείται, μέχρι να τεθεί το σύστημα εκτός λειτουργίας.

Η θερμοκρασία του φούρνου δεν πέφτει ακαριαία, αλλά μειώνεται προοδευτικά ανάλογα με τα θερμομονωτικά υλικά της συσκευής.

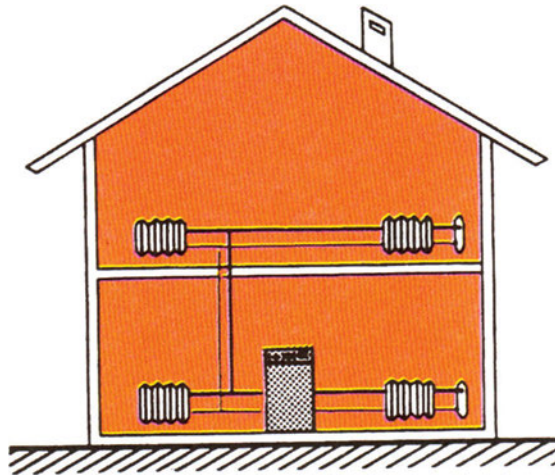
Στο σχήμα 9.7.4.γ φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα της αυτόματης λειτουργίας του φούρνου.



Σχ. 9.7.4.γ Σχηματικό διάγραμμα λειτουργιών ελέγχου ηλεκτρικού φούρνου

9.7.5 Λειτουργία εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης - ασφαλιστικές διατάξεις

Ο πλέον οικονομικός και με μεγάλο βαθμό απόδοσης τρόπος θέρμανσης είναι με κεντρική εγκατάσταση που χρησιμοποιεί καυστήρες πετρελαίου ή αερίου σχήμα 9.7.5. Η θέρμανση με καυστήρα πετρελαίου γίνεται με την κυκλοφορία ζεστού νερού, μέσα από δίκτυο σωληνώσεων και κατάλληλων θερμαντικών σωμάτων (καλοριφέρ). Για τη θέρμανση του νερού χρησιμοποιείται καυστήρας και λέβητας. Την κυκλοφορία του ζεστού νερού την εξασφαλίζει μια ηλεκτρική αντλία, που ονομάζεται κυκλοφορητής.



Σχ. 9.7.5 Εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης μονοκατοικίας

Όσο κυκλοφορεί ζεστό νερό μέσα στα σώματα, αυτά αποβάλλουν θερμότητα, με αποτέλεσμα τη θέρμανση του χώρου.

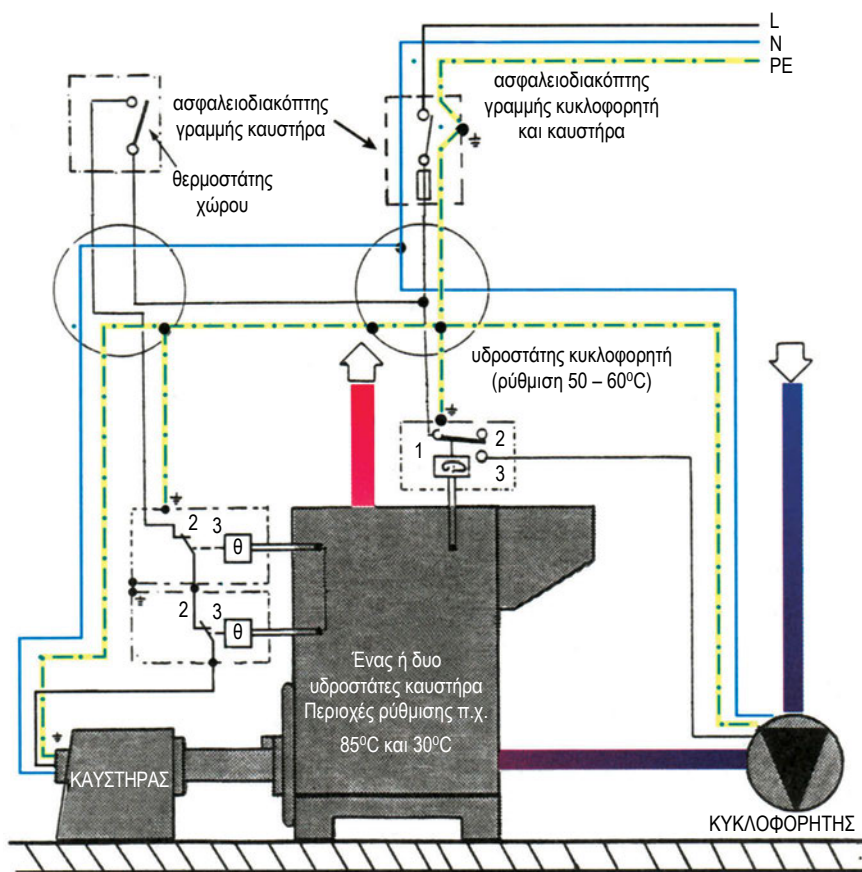
Επειδή η εκλυόμενη θερμότητα, στην περίπτωση που λειτουργούσε συνεχώς το σύστημα, θα μπορούσε να φτάσει σε υψηλές τιμές, γεγονός που θα προκαλούσε δυσφορία, αλλά και για λόγους ασφάλειας και οικονομίας, πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός που να την ελέγχει.

Ο μηχανισμός αυτός είναι ο θερμοστάτης χώρου, που έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύει θερμοκρασιακές μεταβολές και να δίνει την κατάλληλη εντολοδότηση (άνοιγμα - κλείσιμο του ηλεκτρικού κυκλώματος ρευματοδότησης του καυστήρα). Για την αποφυγή της κυκλοφορίας ψυχρού νερού στα σώματα, κατά το ξεκίνημα της εγκατάστασης τοποθετείται σε σειρά στο κύκλωμα του κυκλοφορητή ένας άλλος θερμοστάτης, ο οποίος ρυθμίζεται περίπου στους 50°C: Μόνο όταν το νερό φτάσει στη θερμοκρασία

αυτή, κλείνει ο θερμοστάτης του κυκλοφορητή και επιτρέπει την κυκλοφορία ζεστού νερού στα σώματα (σχήμα 9.7.5.β και γ).

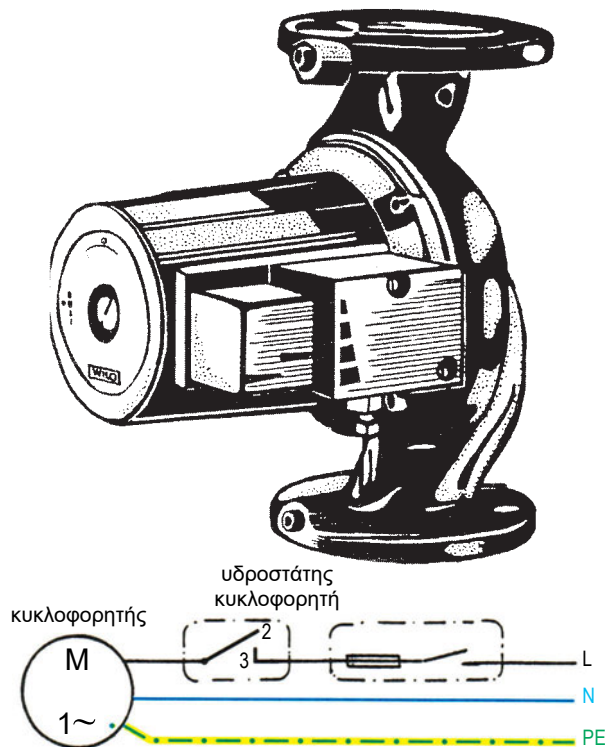
Το ζεστό νερό που θερμαίνεται στο λέβητα δεν θα πρέπει να ξεπεράσει τους 90°C , άλλως θα ατμοποιηθεί, με μεγάλη πιθανότητα να εκραγεί ο λέβητας από υπερπίεσεις, που θα αναπτυχθούν. Το ρόλο αυτό αναλαμβάνει όχι ένας αλλά για λόγους ασφαλείας δύο σε σειρά συνδεδεμένοι θερμοστάτες ή υδροθερμοστάτες του λέβητα. Ο ένας π.χ. ρυθμίζεται στους 85°C και ο άλλος στους 90°C .

Για λόγους πρόσθετης ασφάλειας (αν δεν λειτουργήσουν σωστά οι υδροθερμοστάτες του λέβητα) τοποθετείται στο δίκτυο κοντά στο λέβητα μια βαλβίδα ασφαλείας (υπερπίεσης). Σε περίπτωση βλάβης το υπέρθερμο νερό και κυρίως ο δημιουργούμενος ατμός εκτονώνεται (διαφεύγει) μέσα απ' αυτή.



Σχ. 9.7.5.β Ηλεκτρικό κύκλωμα εγκατάστασης λεβητοστασίου

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Τα πολλά αναβοσβήσματα τα προκαλεί κυρίως η λειτουργία του υδροστάτη και όχι του θερμοστάτη χώρου.



Σχ. 9.7.5.γ Ο κυκλοφορητής και η συνδεσμολογία του

Η λειτουργία του καυστήρα ελέγχεται από μια ηλεκτρονική διάταξη (μικροεπεξεργαστής). Αυτή ρυθμίζει και ελέγχει την έναυση και τη λειτουργία του καυστήρα ανοιγοκλείνοντας διάφορες επαφές, που θέτουν σε λειτουργία ή ελέγχουν τα διάφορα εξαρτήματά του. Από την αντλία προς τα μπεκ, το καύσιμο συναντά μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Όταν η βαλβίδα αυτή είναι ανοικτή, το καύσιμο οδηγείται πίσω στη δεξαμενή. Όταν η βαλβίδα είναι κλειστή, το καύσιμο συμπιέζεται, αυξάνει η πίεσή του, εισέρχεται στο μπεκ και εκτοξεύεται (σχήμα 9.7.5.δ).

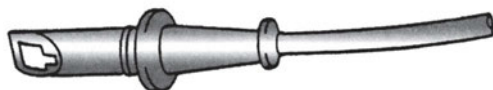
Έτσι, λοιπόν, στο ξεκίνημα της λειτουργίας του καυστήρα η ηλεκτρονική διάταξη, που στη γλώσσα των τεχνικών ονομάζεται “εγκέφαλος” ανοίγει αυτήν την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα και στη συνέχεια δίνει εντολή να ξεκινήσει ο κινητήρας, που στρέφει την αντλία και τον ανεμιστήρα. Το καύσιμο επιστρέφει προς τη δεξαμενή, ενώ λειτουργεί ο ανεμιστήρας και απομακρύνει από το λέβητα τυχόν αεριοποιημένο καύσιμο, το οποίο μπορεί να προκαλέσει έκρηξη. Έτσι γίνεται ο λεγόμενος προαερισμός του χώρου καύσης, ο οποίος διαρκεί περίπου 15 sec.

Επίσης, στο διάστημα αυτό ο σπινθηριστής αρχίζει να λειτουργεί, δηλαδή δίνει σπινθηρισμούς. Μετά από λίγο ο εγκέφαλος κλείνει τη βαλβίδα, αρχίζει ο διασκορπισμός του πετρελαίου και η ανάφλεξη του μίγματος. Αν περάσουν ελάχιστα δευτερόλεπτα και δεν υπάρξει φλόγα, μια ειδική διάταξη με φωτοαντίσταση διακόπτει αμέσως τη λειτουργία του καυστήρα και έτσι δεν κινδυνεύει το λεβητοστάσιο από πυρκαγιά λόγω συσσώρευσης στο λέβητα άκαυστου πετρελαίου.

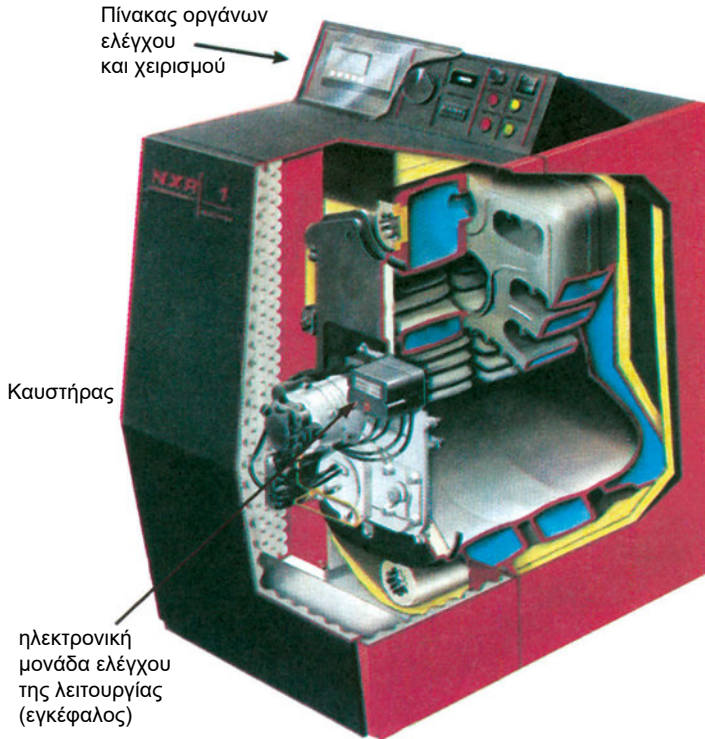


Σχ. 9.7.5.δ Έλεγχος της ροής πετρελαίου με ηλεκτροβαλβίδα

Η φωτοαντίσταση έχει την ιδιότητα, αν εκτεθεί στο φως, να εμφανίζει μικρή αντίσταση, γεγονός που αξιοποιείται για την έναρξη της λειτουργίας του καυστήρα.



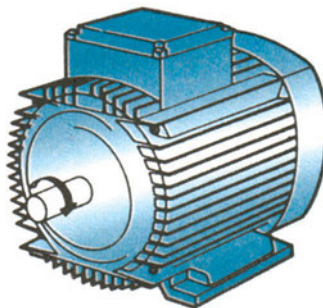
Σχ. 9.7.5.ε Φωτοαντίσταση



Σχ. 9.7.5.στ Συγκρότημα λέβητα – καυστήρα κεντρικής εγκατάστασης θέρμανσης

9.7.6 Έλεγχος ταχύτητας Ασύγχρονων Τριφασικών Κινητήρων Βραχυκυκλωμένου Δρομέα (Α.Τ.Κ.Β.Δ.)

Οι Α.Τ.Κ.Β.Δ. έχουν αναφερθεί στην παράγραφο 8.3.2.

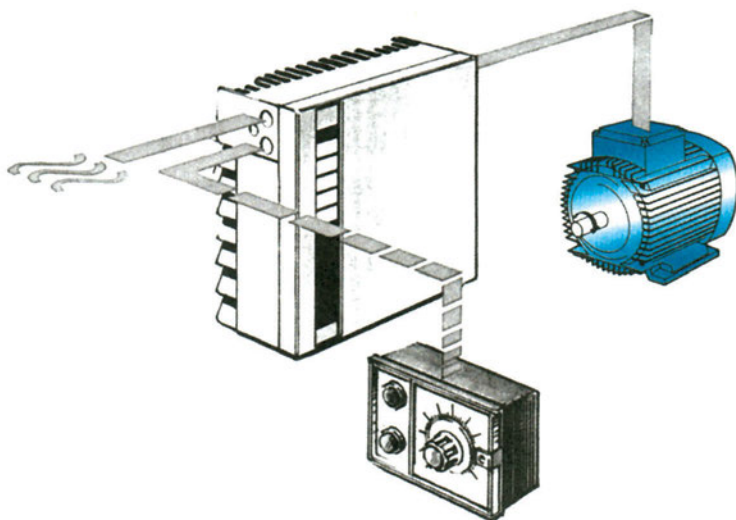


Σχ. 9.7.6.α Εξωτερική μορφή Α.Τ.Κ.Β.Δ

Στους επαγωγικούς κινητήρες υπάρχουν τουλάχιστον 4 διαφορετικοί τρόποι εκκίνησης αλλά στις περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιείται ο αυτοματισμός αστέρα-τριγώνου Υ-Δ.

Σήμερα περίπου το 20% των εφαρμογών χρησιμοποιεί ηλεκτρονικούς ελεγκτές οι οποίοι καλούνται αναστροφείς (σχήμα 9.7.6.α).

Με τη χρήση των ηλεκτρονικών ελεγκτών επιτυγχάνεται η πλήρης ρύθμιση των στροφών ενός Α.Τ.Κ.Β.Δ., η ομαλή του εκκίνηση και πέδηση, η αλλαγή φοράς περιστροφής χωρίς επιπλέον διακόπτες. Τέλος, υπάρχει και η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας. Η χρήση αναστροφέων καθιστά τους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα πλεονεκτικούς έναντι των άλλων τύπων κινητήρων, ακόμα και σε ειδικές εφαρμογές. Οι αναστροφείς ονομάζονται και ρυθμιστές στροφών.

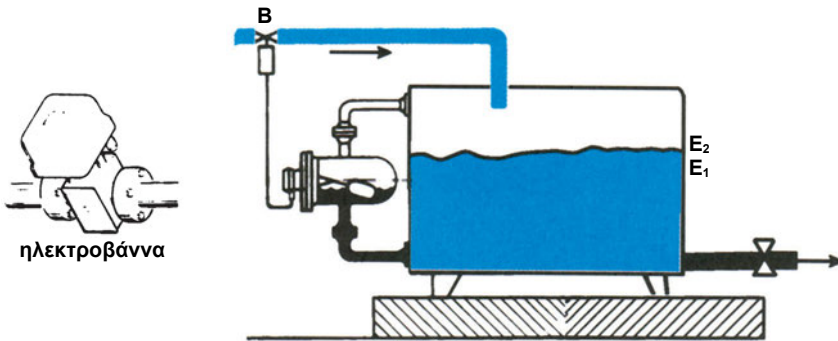


Σχ. 9.7.6.α Ηλεκτρονική ρύθμιση στροφών Α.Τ.Κ.Β.Δ

Το σύστημα επειδή σε όλες τις φάσεις του αυτοελέγχεται, συγκρίνει και αυτόματα διορθώνει τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κινητήρα αποτελεί ένα σύστημα κλειστού βρόχου.

9.7.7 Έλεγχος στάθμης υγρού

Ένα απλό σύστημα αυτοματισμού έχει ως σκοπό να ελέγχει τη στάθμη του υγρού που περιέχεται σε μια δεξαμενή, όπως στο σχήμα 9.7.7.α. Ειδικότερα, το σύστημα αυτοματισμού πρέπει να διατηρεί συνεχώς τη στάθμη στη δεξαμενή μεταξύ μιας κατώτερης τιμής E_1 και μιας ανώτερης E_2 . Για το σκοπό αυτό, το σύστημα ελέγχει τη θέση της βαλβίδας B που βρίσκεται στον αγωγό προσαγωγής της δεξαμενής.



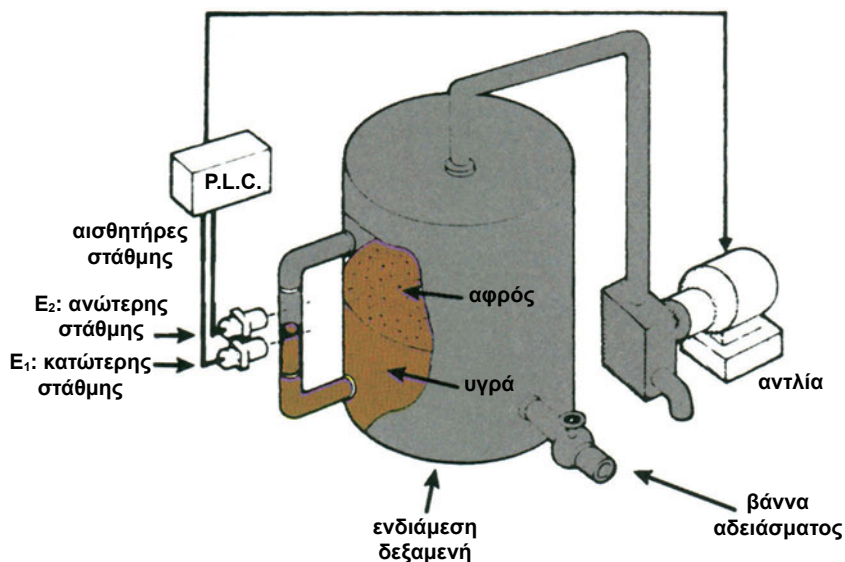
Σχ. 9.7.7.α Διάταξη ελέγχου στάθμης δεξαμενής με ηλεκτροβάννα (B) και πλωτήρα τοποθετημένο σε φλοτεροθάλαμο

Όταν η βαλβίδα είναι κλειστή, η ροή στον αγωγό προσαγωγής διακόπτεται και, στο βαθμό που υπάρχει ζήτηση στον αγωγό κατανάλωσης, η στάθμη στη δεξαμενή πέφτει. Όταν η βαλβίδα ανοίγει, η ροή στον αγωγό προσαγωγής συμπληρώνει με υγρό τη δεξαμενή και, εφόσον η παρεχόμενη ποσότητα είναι επαρκής και ξεπερνά τη ζήτηση, η στάθμη ανεβαίνει.

Αυτή η εφαρμογή είναι αρκετά συνηθισμένη στην περίπτωση μιας ενδιάμεσης δεξαμενής, που αποτελεί τμήμα δικτύου τροφοδοσίας π.χ. με καύσιμα ή με μια χημική ουσία. Αυτή η δεξαμενή παρεμβάλλεται μεταξύ της κεντρικής παροχής (προσαγωγής) ή μιας μεγαλύτερης δεξαμενής, στην οποία φυλάσσεται το υγρό και της εγκατάστασης (π.χ. γραμμής παραγωγής), η οποία το καταναλώνει. Η στάθμη της ενδιάμεσης δεξαμενής καθορίζει την παροχή με την οποία τροφοδοτείται η κατανάλωση. Διατηρώντας τη στάθμη σε ένα περιορισμένο εύρος μεταξύ π.χ. την E_1 και E_2 , το σύστημα αυτοματισμού περιορίζει τις διακυμάνσεις της παροχής και έτσι η κατανάλωση τροφοδοτείται με σχεδόν σταθερή ροή.

Μια συμβατική λύση αυτοματισμού με ηλεκτρονόμους ή με Ελεγκτή Προγραμματιζόμενης Λογικής (PLC) χρησιμοποιεί δύο αισθητήρες στάθμης στις θέσεις E_1 και E_2 και ελέγχει (π.χ. ηλεκτρικά) την αντλία ή την ηλεκτροβάννα βλέπε σχήμα 9.7.7.β σύμφωνα με το νόμο ελέγχου:

- εάν η στάθμη είναι **μικρότερη** από E1, λειτουργεί η αντλία
- εάν η στάθμη είναι **μεγαλύτερη** από E2, παύει να λειτουργεί η αντλία



Σχ. 9.7.7.β Έλεγχος στάθμης υγρού ενδιάμεσης δεξαμενής με χρήση P.L.C. και αισθητήρων στάθμης

9.7.8 Αυτόματη φόρτιση συσσωρευτή (ή μπαταρίας)

Ο συσσωρευτής ηλεκτρικής ενέργειας είναι μια ηλεκτροχημική επινόηση η οποία μετατρέπει την αποθηκευμένη σε αυτόν χημική ενέργεια κατ' ευθείαν σε ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσει μια συσκευή.

Μπορεί επίσης να εργαστεί και αντίστροφα και να αποθηκεύσει ηλεκτρική ενέργεια με τη μορφή χημικής ενέργειας όταν διαβιβάσουμε μέσω αυτού ένα ρεύμα αντίστροφης φοράς. Η λήψη ηλεκτρικής ενέργειας από τον συσσωρευτή ονομάζεται εκφόρτιση ενώ η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε χημική ονομάζεται φόρτιση.

Η μπαταρία αποτελείται από ένα συνδυασμό ηλεκτρικών στοιχείων που συνδέονται μεταξύ τους για να μας παράγουν ηλεκτρική ενέργεια. Η μπαταρία του αυτοκινήτου εξυπηρετεί τον σημαντικό ρόλο να προμηθεύει με ηλεκτρική ενέργεια κάθε ηλεκτρικό κύκλωμα του αυτοκινήτου και να αποθηκεύει την ηλεκτρική ενέργεια που λαμβάνει από τον εναλλακτήρα.

- **Είδη ρυθμιστών ηλεκτρικής ενέργειας στο αυτοκίνητο και λόγοι που επιβάλλουν τη χρησιμοποίησή τους.**

Επειδή το αυτοκίνητο δεν λειτουργεί πάντα με τις ίδιες στροφές, ούτε με το ίδιο φορτίο, χρειάζεται ένας ρυθμιστής, ο οποίος θα ρυθμίζει την τάση και την ένταση της παραγόμενης από τη γεννήτρια ηλεκτρικής ενέργειας, ανεξάρτητα από τις στροφές και το φορτίο.

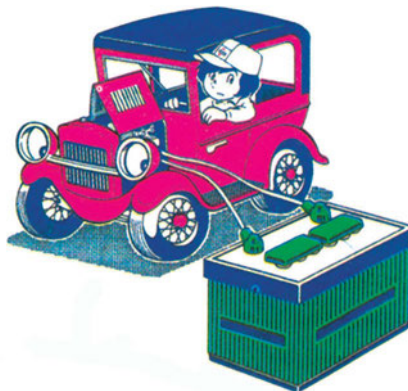
Στην πορεία της εξέλιξης του αυτοκινήτου αναπτύχθηκαν διάφοροι τύποι ρυθμιστών. Ο πιο διαδεδομένος ρυθμιστής περιλαμβάνει βασικά τρεις μονάδες μέσα σε κοινό περίβλημα:

1. τον αυτόματο διακόπτη
2. το ρυθμιστή τάσης
3. το ρυθμιστή έντασης

Ο αυτόματος διακόπτης κλείνει το κύκλωμα μεταξύ της γεννήτριας και της μπαταρίας μόνον, όταν η τάση του δυναμό ξεπεράσει την τάση της μπαταρίας. Έτσι έχουμε ροή της ηλεκτρικής ενέργειας μόνο από το δυναμό προς την μπαταρία, η οποία φορτίζεται. Όταν η τάση εξόδου της γεννήτριας είναι μικρότερη από της μπαταρίας, ή και μηδενική, ο αυτόματος διακόπτης ανοίγει, αποκλείοντας τη ροή ηλεκτρικής ενέργειας από την μπαταρία προς τη γεννήτρια, δηλαδή την εκφόρτιση της μπαταρίας.

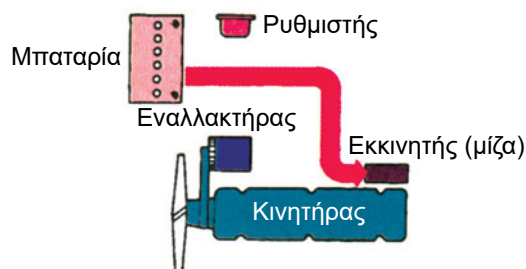
Ο ρυθμιστής τάσης ρυθμίζει την τάση της γεννήτριας, ώστε αυτή να μην ξεπεράσει την μέγιστη επιτρεπτή τιμή. Η τάση της γεννήτριας διατηρείται σταθερή και έτσι η μπαταρία δεν υπερθερμαίνεται, ούτε οι καταναλωτές καταστρέφονται.

Ο ρυθμιστής έντασης ρυθμίζει την ένταση του ρεύματος της γεννήτριας, για να μην ξεπεραστούν οι δυνατότητές της και καταστραφεί.

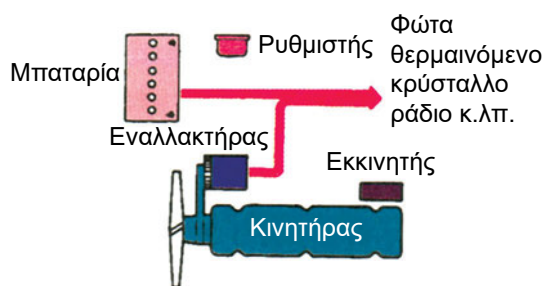


Ο ρόλος της μπαταρίας στο αυτοκίνητο

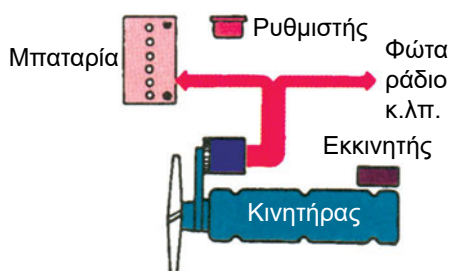
- Στο ξεκίνημα του κινητήρα έχουμε έντονη εκφόρτιση της μπαταρίας



- Στις χαμηλές στροφές του κινητήρα έχουμε εκφόρτιση της μπαταρίας



- Στις υψηλές στροφές του κινητήρα έχουμε φόρτιση της μπαταρίας



Σχ. 9.7.8 Ο ρόλος της μπαταρίας στο αυτοκίνητο



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Ο αυτοματισμός έχει πολυάριθμες εφαρμογές στην καθημερινή ζωή, στη βιομηχανία, την οικονομία και το φυσικό περιβάλλον. Εξελιγμένες μορφές “αυτόματης” λειτουργίας βρίσκονται επίσης στη φυσιολογία και τις λειτουργίες των έμβιων όντων.
- Στην εποχή μας, σχεδόν όλες οι παραγωγικές διαδικασίες αυτοματοποιούνται όλο και περισσότερο. Αυτό πετυχαίνεται με τη συνεχή βελτίωση των λειτουργιών των μηχανών. Ο συνδυασμός μηχανής, εξαρτημάτων και λογικής διαδικασίας που τα διέπει, ορίζει ένα σύστημα αυτοματισμού. Τα συστήματα αυτοματισμού διακρίνονται σε ανοικτά και κλειστά.

Στα **ανοικτά συστήματα** η έξοδος είναι το αποτέλεσμα μιας προκαθορισμένης διαδικασίας.

Στα **κλειστά συστήματα** εκτελείται η προκαθορισμένη διαδικασία, αλλά η έξοδος τους είναι αποτέλεσμα **συνεχούς αυτόματης διόρθωσης**.

Το κλειστό σύστημα αυτοματισμού υπερτερεί του ανοικτού, γιατί έχει τη δυνατότητα συνεχώς να αυτοελέγχεται, με αποτέλεσμα η πραγματική του τιμή να πλησιάζει περισσότερο την επιθυμητή.
- Ηλεκτρικοί αυτοματισμοί είναι κυκλώματα που ενεργοποιούνται με ηλεκτρικές εντολές κατάλληλων εξαρτημάτων για την πραγματοποίηση προκαθορισμένων εργασιών βάσει επιθυμητής λογικής ακολουθίας.

Τα εξαρτήματα και τα υλικά των ηλεκτρικών αυτοματισμών μπορούν να πραγματοποιήσουν τις ακόλουθες λειτουργίες

α) έλεγχο και προστασία ηλεκτρικών κυκλωμάτων, β) έλεγχο ηλεκτρικών μηχανών, γ) ανίχνευση με τη χρήση αισθητηρίων, δ) επεξεργασία δεδομένων, ε) διάλογο μεταξύ ανθρώπου και μηχανών.

Τα κύρια εξαρτήματα των ηλεκτρικών αυτοματισμών είναι οι ηλεκτρονόμοι. Ο ηλεκτρονόμος είναι ένας τηλεχειριζόμενος μηχανικός διακόπτης, του οποίου οι επαφές, κύριες και βοηθητικές, ελέγχονται από έναν ηλεκτρομαγνήτη. Η ενεργοποίησή του μπορεί να οφείλεται σε εντολές άλλων εξαρτημάτων, όπως είναι οι θερμοστάτες, οι χρονοδιακόπτες, οι φωτοδιακόπτες, οι οριοδιακόπτες ή στην άσκηση πίεσης σε ένα μπουτόν. Οι κύριες επαφές του χρησιμοποιούνται, για να μεταγάγουν ισχυρά ρεύματα, ενώ οι βοηθητικές χρησιμεύουν για εργασίες ελέγχου και εντολοδότησης.

Άλλα εξαρτήματα που συναντώνται σε εφαρμογές ηλεκτρικών αυτοματισμών είναι: οι πιεσοστάτες, οι θερμοστάτες, οι οριοδιακόπτες, οι διακόπτες στάθμης, οι λυχνίες, οι σειρήνες και τα αισθητήρια.

- Οι ηλεκτρικοί αυτοματισμοί είναι ένα από τα πλέον αναπτυσσόμενα πεδία «υψηλής τεχνολογίας». Οι τεράστιες δυνατότητες των ημιαγωγών με τη χρησιμοποίησή τους στα ηλεκτρονικά κυκλώματα βρίσκουν ευρύ πεδίο εφαρμογών και στον τομέα του αυτοματισμού.

Εξαρτήματα όπως η κρυσταλλοδίοδος, το transistor και το θυρίστορ χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν και να επεξεργάζονται κάθε μορφής ηλεκτρικά σήματα. Χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές αλλά και σε οικιακές εφαρμογές.

- Η αναγκαιότητα για τη λειτουργία εφαρμογών αυτοματισμού με χαμηλό κόστος και η αξιοποίηση της δυναμικής ενέργειας που δημιουργείται από τη συμπίεση του πεπιεσμένου αέρα με κατάλληλη διάταξη, ώθησαν την εξέλιξη των πνευματικών συστημάτων αυτοματισμού. Η αρχή λειτουργίας των πνευματικών συστημάτων αυτοματισμού βασίζεται στην ενέργεια που αποκτά ο ατμοσφαιρικός αέρας, όταν συμπιέζεται και αποθηκεύεται σ' έναν αεροθάλαμο.

Δομικά υλικά όπως βαλβίδες, κύλινδροι, χειριστήρια, αισθητήρια, πλήκτρα και πνευματικοί κινητήρες, συνθέτουν τα πνευματικά συστήματα αυτοματισμού.

Βαλβίδες είναι εκείνα τα εξαρτήματα, με τα οποία ελέγχουμε τη ροή, τη διεύθυνση, την πίεση και την ποσότητα του πεπιεσμένου αέρα. Διακρίνονται σε βαλβίδες ελέγχου ροής, πίεσης, κατεύθυνσης αντεπιστροφής.

Οι κύλινδροι είναι μηχανισμοί που μετατρέπουν την ενέργεια του πεπιεσμένου αέρα σε ευθύγραμμη κίνηση. Διακρίνονται σε κυλίνδρους απλής και διπλής ενέργειας.

Οι πνευματικοί κινητήρες μετατρέπουν την ενέργεια του πεπιεσμένου αέρα σε περιστροφική κίνηση.

- Τα υδραυλικά συστήματα χρησιμοποιούν για τη μετάδοση και τον έλεγχο κινήσεων και δυνάμεων υγρό που βρίσκεται σε υψηλή πίεση. Πλεονεκτούν σε εφαρμογές, όπου απαιτούνται μεγάλες δυνάμεις με στοιχεία μικρού όγκου. Τα υδραυλικά συστήματα επηρεάζονται λιγότερο από εξωτερικούς παράγοντες και δε χρειάζονται πρόσθετη λίπανση.

Για καλύτερα αποτελέσματα στις περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιούνται σύνθετα συστήματα αυτοματισμού.

Με τα υδροπνευματικά συστήματα επιτυγχάνονται μεγάλες δυνάμεις και σταθερή ταχύτητα. Συνήθως, τα συστήματα αυτά συνδυάζονται με ηλεκτρικούς και ηλεκτρονικούς αυτοματισμούς.

- Ένα ηλεκτροπνευματικό σύστημα περιλαμβάνει κοινά ηλεκτρικά στοιχεία (ηλεκτρονόμους, διακόπτες, λυχνίες κ.λπ.), συνήθη πνευματικά στοιχεία (βαλβίδες, έμβολα, γραμμές αέρα κ.λπ.) και επιπρόσθετα και στοιχεία μικτής τεχνολογίας που ενσωματώνουν στο ίδιο όργανο ένα ηλεκτρικό και ένα πνευματικό τμήμα.

Το σύνθετο σύστημα που δημιουργείται έτσι συνδυάζει τα πλεονεκτήματα και των δύο ειδών συστημάτων. Τα ηλεκτρικά συστήματα συνεισφέρουν μεγάλη ποικιλία σε αισθητήρια, εύκολη και οικονομική μεταφορά των σημάτων και χαμηλότερες ανάγκες συντήρησης. Τα πνευματικά συστήματα αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες με στοιχεία μικρού όγκου και αντέχουν σε δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος.

- Ένα ηλεκτροϋδραυλικό σύστημα περιλαμβάνει κοινά ηλεκτρικά στοιχεία (ηλεκτρονόμους, διακόπτες, λυχνίες κ.λπ.), συνήθη υδραυλικά στοιχεία (βαλβίδες, έμβολα, σωληνογραμμές υδραυλικού υγρού κ.λπ.) και επιπρόσθετα στοιχεία μικτής τεχνολογίας που ενσωματώνουν στο ίδιο όργανο ηλεκτρικό και υδραυλικό τμήμα.

Τα υδραυλικά συστήματα αναπτύσσουν ισχυρές δυνάμεις με στοιχεία μικρού όγκου, αντέχουν σε δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος και δεν απαιτούν λίπανση.

- Σε σύνθετες εφαρμογές τον πλήρη έλεγχο αναλαμβάνει κατάλληλη ηλεκτρονική διάταξη που καλείται μικροεπεξεργαστής.



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

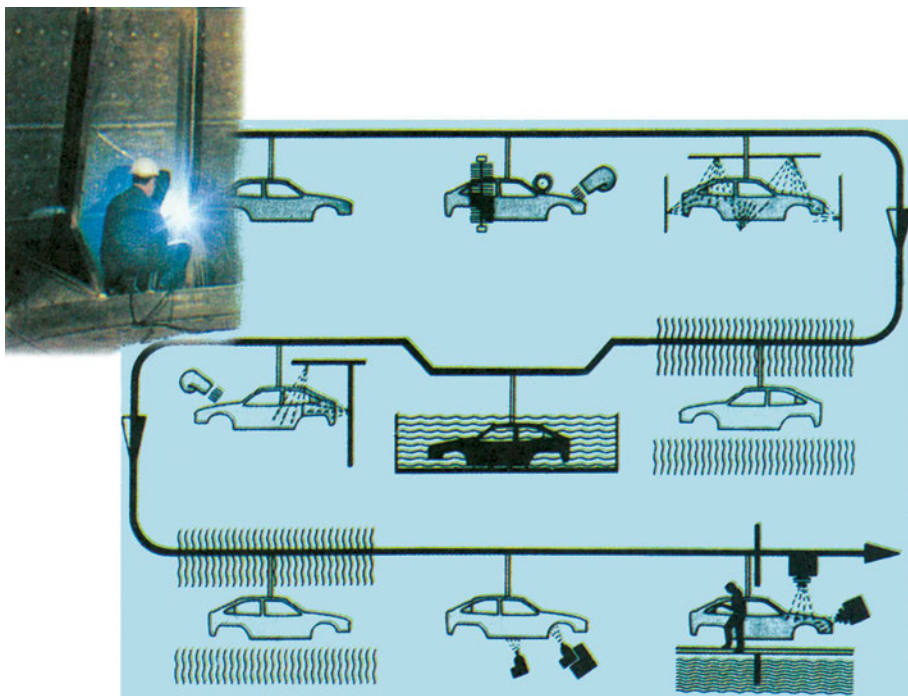
1. Τι καλείται σύστημα αυτοματισμού;
2. Να αναφέρετε τη χαρακτηριστική διαφορά μεταξύ ενός ανοικτού και ενός κλειστού συστήματος αυτοματισμού.
3. Να αναφέρετε εφαρμογές ανοικτών και κλειστών συστημάτων αυτοματισμού.
4. Να εξηγήσετε τους όρους “είσοδος” και “έξοδος” συστήματος αυτοματισμού.
5. Να περιγράψετε το χονδρικό (block) διάγραμμα κλειστού συστήματος αυτοματισμού.
6. Να αναφέρετε τις χαρακτηριστικές ενέργειες που συνεχώς πραγματοποιεί ένα κλειστό σύστημα αυτοματισμού κατά τη λειτουργία του.
7. Ποια η χρήση των κύριων και των βοηθητικών επαφών ενός ηλεκτρονόμου;
8. Τι είναι ο πιεσοστάτης και ποια τα κύρια μέρη του;
9. Να εξηγήσετε τον όρο ηλεκτρονικός αυτοματισμός.
10. Σε τι χρησιμεύουν τα αισθητήρια σε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα;
11. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα των αισθητήρων προσέγγισης;
12. Ποιες είναι οι κατηγορίες των αισθητήρων προσέγγισης και ποια η αρχή λειτουργίας τους;
13. Να αναφέρετε την αρχή λειτουργίας των πνευματικών συστημάτων.
14. Να αναφέρετε τις κυριότερες εφαρμογές των πνευματικών αυτοματισμών.
15. Να περιγράψετε μία μονάδα παραγωγής πεπιεσμένου αέρα και να αναφέρετε τα κυριότερα μέρη της.
16. Να αναφέρετε τα κυριότερα δομικά υλικά των πνευματικών αυτοματισμών.
17. Να προσδιορίσετε το ρόλο των κυλίνδρων και των πνευματικών κινητήρων.

18. Να αναφέρετε τα κύρια πλεονεκτήματα των υδραυλικών συστημάτων και να παραθέσετε ενδεικτικές εφαρμογές τους.
19. Να αναφέρετε τους λόγους για τους οποίους χρησιμοποιούνται σύνθετα συστήματα αυτοματισμού.
20. Να εξηγήσετε τα πλεονεκτήματα των προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών.
21. Να αναφέρετε συσκευές που χρησιμοποιούν επεξεργαστή.



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

1. Να περιγράψετε αυτοματοποιημένες λειτουργίες ηλεκτροαυτοματισμού που συναντάτε στο χώρο του σχολείου ή του σπιτιού σας.
2. Να περιγράψετε τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής οικιακής συσκευής με θερμοστάτη.
3. Να περιγράψετε εφαρμογές αυτοματισμού στην καθημερινή σας ζωή και να αναγνωρίσετε σε κάθε εφαρμογή τη διάταξη αυτοματισμού και το συγκεκριμένο σκοπό που εξυπηρετεί.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ

10

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

10.1 Ηλεκτρόλυση

10.2 Επιμετάλλωση

10.3 Επαγωγικοί φούρνοι

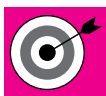
10.4 Ηλεκτροσυγκολλήσεις

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με εφαρμογές, τις οποίες ο μηχανολόγος συναντά συχνά κυρίως στη βιομηχανία. Οι ηλεκτροχημικές και ηλεκτρομεταλλουργικές βιομηχανίες καταναλώνουν τεράστια ποσά ηλεκτρικής ενέργειας για την πραγματοποίηση της ηλεκτρόλυσης. Επίσης η γαλβανοτεχνική ως τομέας που ασχολείται κυρίως με τις επιμεταλλώσεις, έχει συμβάλει σημαντικά στην προστασία και εμφάνιση των κατασκευών (αλουμινοκατασκευές κ.α.)

Οι ηλεκτρικοί φούρνοι με αντιστάσεις με επαγωγή ή με τόξο έχουν λύσει κατά τον καλύτερο τρόπο το πρόβλημα της παραγωγής θερμότητας για διάφορους σκοπούς, όπως είναι η τήξη (λίωσιμο) ή αλλαγή σχήματος και η μεταβολή των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων σωμάτων.

Οι απαιτήσεις για συγκόλληση αντικειμένων κατασκευασμένων από μεγάλη ποικιλία μετάλλων οδήγησαν στην επινόηση και εφαρμογή σύγχρονων διατάξεων και τεχνικών ηλεκτροσυγκόλλησης.



Επιδιωκόμενοι στόχοι:

Με τη συμπλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου, θα μπορείτε:

- ☒ Να γνωρίζετε ό,τι σχετικό με τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης και τις εφαρμογές της (επιμεταλλώσεις κ.λπ.).
- ☒ Να περιγράψετε τις αρχές των βασικών μεθόδων θερμικής κατεργασίας με επαγωγή.
- ☒ Να αναφέρετε τις μεθόδους και διατάξεις, που εφαρμόζονται στη συγκόλληση μετάλλων με χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Αγώγιμα δεν είναι μόνο ορισμένα στερεά π.χ. χάλκινοι μεταλλικοί αγωγοί αλλά και αρκετά από τα υγρά, μέσα από τα οποία κυκλοφορεί το ρεύμα. Η διέλευση του ρεύματος μέσα από έναν υγρό αγωγό συνοδεύεται από χημικά φαινόμενα, των οποίων τα αποτελέσματα αξιοποιούνται με διάφορους τρόπους, που θα εξετάσουμε στη συνέχεια.

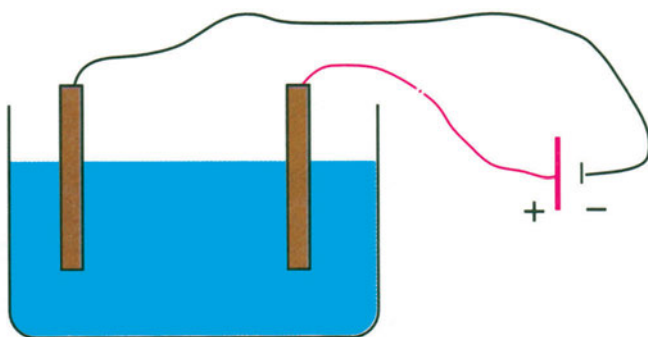
10.1 ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ

Αν μέσα σε ένα δοχείο έχουμε μια ποσότητα υγρού:

π.χ. α) αποσταγμένο νερό, πετρέλαιο, βενζίνη και άλλα καθαρά (χημικά ουδέτερα) υγρά.

β) υδράργυρο, αραιό οξύ, λειωμένο μέταλλο, διάλυμα μεταλλικού άλατος κ.λπ. και εμβαπτίζουμε δύο ηλεκτρόδια, στα άκρα των οποίων έχουμε συνδέσει Σ.Ρ., θα παρατηρήσουμε αντίστοιχα ότι:

- δεν περνά ρεύμα, άρα τα υγρά της περίπτωσης α) συμπεριφέρονται ως μονωτικά
- περνά ρεύμα, άρα τα υγρά της περίπτωσης β) συμπεριφέρονται ως αγωγοί



Σχ. 10.1.α Διοχέτευση ρεύματος σε υγρό

Όταν έχουμε αγώγιμα υγρά η διέλευση του ρεύματος μπορεί:

- Να μην επηρεάσει καθόλου τη σύνθεσή τους (αγωγοί πρώτου είδους).
- Να τους προκαλέσει χημική αποσύνθεση (αγωγοί δεύτερου είδους).

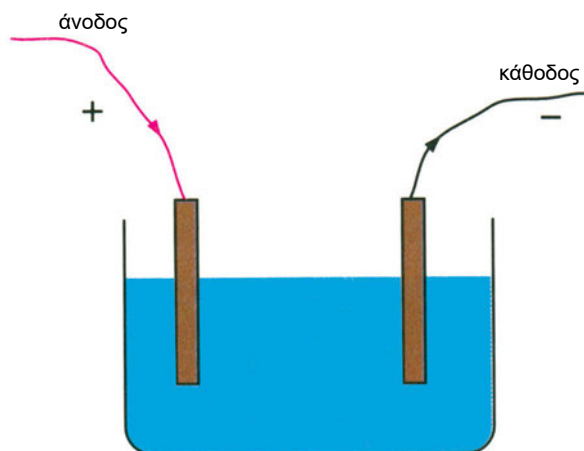
το φαινόμενο αυτής της αποσύνθεσης καλούμε ηλεκτρόλυση. Το ηλεκτρόδιο που συνδέεται με το θετικό πόλο της πηγής Σ.Ρ., καλείται **άνοδος** και το συνδεόμενο με τον αρνητικό πόλο **κάθοδος**.

Με τη διέλευση του ρεύματος τα μόρια του ηλεκτρολύτη διαχωρίζονται σε κινούμενα ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια, που καλούμε **ιόντα**.

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Αν σε διάλυμα χλωριούχου χαλκού CuCl_2 βυθίσουμε δύο ηλεκτρόδια από άνθρακα, τα οποία έχουμε συνδέσει με τους πόλους της πηγής Σ.Ρ., θα παρατηρήσουμε ότι:

- Στην άνοδο εκλύεται αέριο χλώριο (Cl_2)
- Στην κάθοδο αποτίθεται επιφανειακά χαλκός (Cu)



Σχ. 10.1.β Ηλεκτρόλυση

Τα προϊόντα της αποσύνθεσης αναφέρονται μόνο πάνω στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων και ποτέ στη μάζα του ηλεκτρολύτη. Το μέταλλο του ηλεκτρολύτη αποτελείται από θετικά φορτισμένα ιόντα, τα οποία έλκονται από το ηλεκτρόδιο (-) της καόδου και ονομάζονται **κατιόντα**.

Το αέριο χλώριο αποτελείται από αρνητικά φορτισμένα ιόντα, τα οποία έλκονται από το ηλεκτρόδιο (+) της ανόδου και ονομάζονται **ανιόντα**.

Άρα, η ηλεκτρόλυση είναι ένα φαινόμενο, στο οποίο τα ιόντα, που υπάρχουν μέσα σε κάποιο διάλυμα ή τήγμα προσανατολίζονται και έλκονται από τα αντίστοιχα ηλεκτρόδια, όταν μέσα από το διάλυμα ή τήγμα περάσει συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα (Σ.Ρ.).

Τα απαιτούμενα για την ηλεκτρόλυση υλικά είναι:

- **Ο ηλεκτρολύτης**, δηλαδή μια χημική ένωση, όπως π.χ. οξύ, βάση, άλας, που κύρια χαρακτηριστική ιδιότητά της είναι τα διαλύματα ή τα τήγματά της να μας δίνουν κατιόντα και ανιόντα
- **Τα ηλεκτρόδια** εμβαπτισμένα στον ηλεκτρολύτη
- **Η πηγή**, απαραίτητα συνεχούς ρεύματος (Σ.Ρ).

Εφαρμογές της ηλεκτρόλυσης

Η ηλεκτρόλυση έχει πολυάριθμες εφαρμογές στη μεταλλουργία και τη Χημεία. Πολλές ηλεκτρομεταλλουργικές βιομηχανίες καταναλώνουν τεράστια ποσά ηλεκτρικής ενέργειας, για να πραγματοποιήσουν την ηλεκτρόλυση και τη θέρμανση διαφόρων χημικών ενώσεων (π.χ. τήξη αλάτων για ηλεκτρόλυση), προκειμένου να επιτύχουν:

1. παραγωγή αερίων και χημικών ενώσεων
2. ηλεκτροχημικές οξειδώσεις
3. ηλεκτρολυτική εξαγωγή καθαρού μετάλλου από κράμα
4. ηλεκτρολυτική κάθαρση των μετάλλων (π.χ. καθαρισμός του χαλκού)
5. ηλεκτρόλυση λειωμένων αλάτων (π.χ. ηλεκτρόλυση της αλουμίνης Al_2O_3 για παραγωγή αλουμινίου Al).
6. Ανοδίωση (ελοξάλ) ή επιφανειακή οξείδωση προϊόντων αλουμινίου.
7. Προϊόντα της γαλβανοτεχνικής (όπως η ηλεκτρομετάλλωση και η γαλβανοπλαστική, δηλαδή η αναπαραγωγή διαφόρων αντικειμένων (αγαλματίδια, νομίσματα κ.λπ.)

Η ηλεκτρομετάλλωση ή επιμετάλλωση είναι η κάλυψη της επιφάνειας υλικών (μεταλλικών ή μη) με λεπτό στρώμα μετάλλου, με σκοπό συνήθως την προστασία τους από διάβρωση. Τα μέταλλα που συνήθως χρησιμοποιούμε στις επιμεταλλώσεις είναι το νικέλιο (Ni), το χρώμιο (Cr), ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu) και έχουν καθαρότητα της τάξης του 99,99%.

Οι μέθοδοι επιμετάλλωσης που χρησιμοποιούνται είναι:

- **Η ηλεκτρολυτική.** Το προς επιμετάλλωση αντικείμενο αποτελεί την κάθοδο ενός βολταμέτρου (συγκρότημα αποτελούμενο από δοχείο με ηλεκτρολύτη μέσα στο οποίο έχουν εμβαπτιστεί ηλεκτρόδια). Ο ηλεκτρολύτης

είναι διάλυμα άλατος του μετάλλου, με το οποίο πρόκειται να γίνει επικάλυψη και άνοδος είναι πλάκα από το ίδιο μέταλλο. Κατά την ηλεκτρόλυση μεταφέρεται συνεχώς μέταλλο από την άνοδο στην κάθοδο, όπου και επικάθεται.

- **Η εμφάπτιση.** Το αντικείμενο βυθίζεται σε λουτρό λειωμένου μετάλλου, μέχρις ότου στην επιφάνειά του στερεοποιηθεί ένα στρώμα μετάλλου.

- **Η καθοδική.** Το αντικείμενο βρίσκεται μέσα σε θάλαμο με αέριο σε χαμηλή πίεση και καλύπτεται από άτομα μετάλλου που εκτοξεύονται από το ηλεκτρόδιο της καθόδου. Το ηλεκτρόδιο της καθόδου φυσικά είναι κομμάτι μετάλλου, με το οποίο θέλουμε να επικαλυφτεί το αντικείμενο.

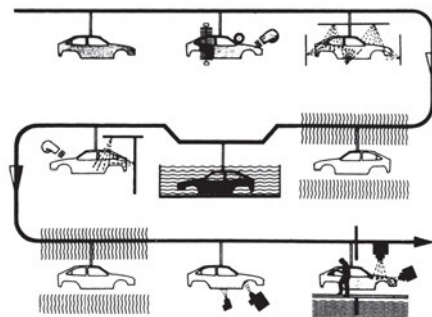
Άλλη μέθοδος επιμετάλλωσης είναι η εξάτμιση του μετάλλου σε κενό. Έτσι γίνεται η επικάλυψη του γυαλιού με χαλκό, άργυρο ή χρυσό.

Η αντιδιαβρωτική προστασία στα μέταλλα χωρίζεται σε ενεργητική και παθητική.

Η ενεργητική αντιδιαβρωτική προστασία εξαρτάται από:

- την ποιότητα του μετάλλου (εκλογή ανθεκτικού κράματος στη σκουριά)
- τη σύσταση και τις συνθήκες του περιβάλλοντος, από το οποίο θέλουμε να τα προστατέψουμε (υγρασία, θερμοκρασία, σκόνη κ.λπ.).

Η παθητική αντιδιαβρωτική προστασία (σχήμα 10.1.γ.) επιτυγχάνεται με επιστρώσεις (μεταλλικές και μη) με τις οποίες απομονώνουμε το μέταλλο από τις διαβρωτικές επιδράσεις του περιβάλλοντος. Πριν την επίστρωση πρέπει να γίνεται καθαρισμός της επιφάνειας από σκουριά, επικαθίσεις υλικών κ.λπ., με αμμοβολή, απολίπανση, κατεργασία με οξέα κ.λπ.



Σχ. 10.1.γ Αντιδιαβρωτική προστασία μεταλλικών επιφανειών

10.2 ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΣΗ

Παραδείγματα αντιδιαβρωτικής προστασίας μεταλλικών επιφανειών.

ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ

Επιμετάλλωση εν θερμώ

Το μεταλλικό αντικείμενο που θέλουμε να προστατεύσουμε, αφού καθαριστεί επιμελώς και προετοιμαστεί κατάλληλα, εμβαπτίζεται μέσα σε τηγμένο (λειωμένο) μεταλλικό επίστρωμα, π.χ. επίστρωση του δαπνέδου αυτοκινήτων με ψευδάργυρο.

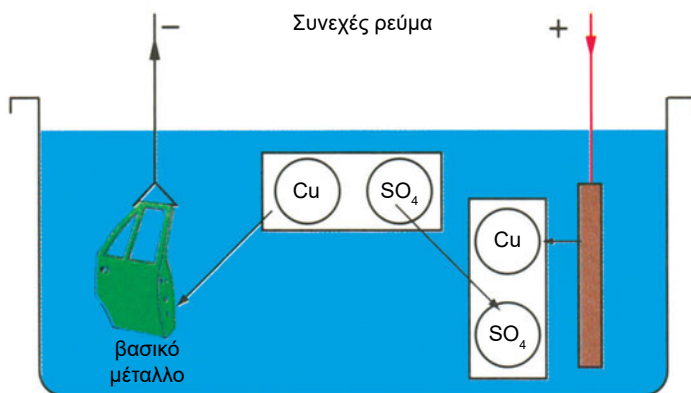
Γαλβανισμός

Το μέταλλο που θέλουμε να προστατέψουμε μαζί με το μεταλλικό επίστρωμα εμβαπτίζονται σε ένα υδατικό διάλυμα μεταλλικού άλατος. Στον αρνητικό πόλο (-) μιας πηγής Σ.Ρ. συνδέουμε το προς προστασία μέταλλο και στο θετικό (+) πόλο το μεταλλικό επίστρωμα (σχήμα 10.2.α).

Ηλεκτρολύτης: μεταλλικό άλας διαλυμένο σε νερό, π.χ. CuSO_4

Πλάκα χαλκού (συνδέεται στον θετικό πόλο): Η ρίζα SO_4 ενώνεται με το χαλκό (Cu) και σχηματίζει εκ νέου CuSO_4

Ο Cu που ελευθερώνεται επικάθεται στην επιφάνεια του αντικειμένου, που θέλουμε να προστατέψουμε.



Σχ. 10.2.α Επιχάλκωση με γαλβανισμό

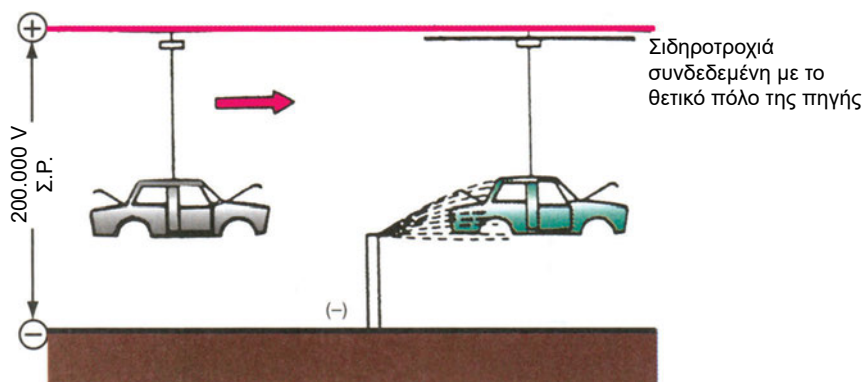
ΜΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΡΩΣΕΙΣ

Φωσφορίωση

Το υπό κατεργασία αντικείμενο βυθίζεται σε ένα λουτρό από φωσφοριούχο διάλυμα, με αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός πορώδους προστατευτικού στρώματος από φωσφοριούχο σίδηρο στην επιφάνειά του. Έτσι δημιουργείται κατάλληλο υπόστρωμα, για να έχει καλή πρόσφυση η βαφή.

Ηλεκτροστατικός ψεκασμός (ηλεκτροστατική βαφή)

Χρησιμοποιείται για βαφή αντικειμένων σε σειρά παραγωγής. Το προς βαφή αντικείμενο συνδέεται με το θετικό πόλο της πηγής Σ.Ρ. υψηλής τάσης π.χ. 200.000V, ενώ τα ακροφύσια ψεκασμού συνδέονται με τον αρνητικό πόλο της ίδιας πηγής (σχήμα 10.2.β.).



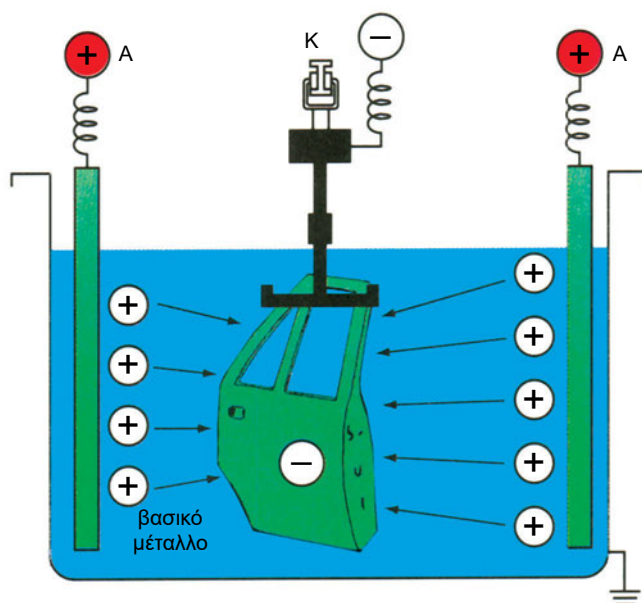
Σχ. 10.2.β Ηλεκτροστατικός ψεκασμός

Το θετικά φορτισμένο αμάξωμα έλκει τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια χρώματος, τα οποία καλύπτουν ομοιόμορφα μέσα - έξω όλες τις επιφάνειες εισχωρώντας και στα πιο δύσκολα σημεία. Με αυτόν τον τρόπο βαφής ελαχιστοποιείται επίσης η απώλεια χρώματος.

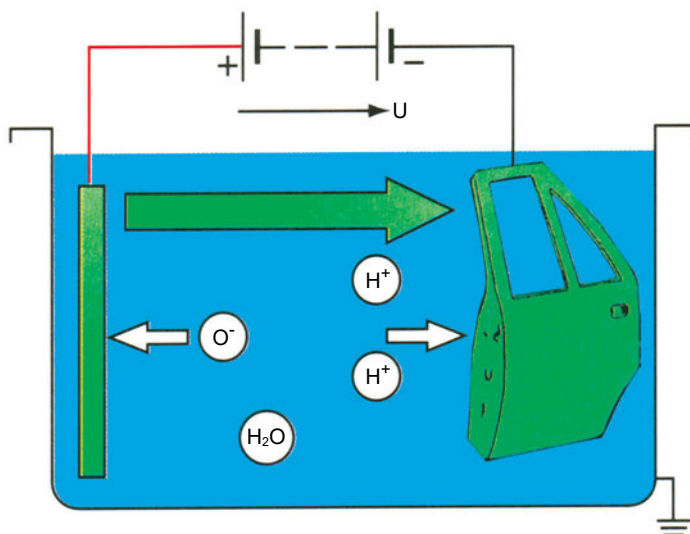
Ηλεκτροφόρτιση

Κατ' αυτήν, το προς βαφή αντικείμενο βυθίζεται σε μια δεξαμενή, που περιέχει κάποιο ηλεκτρολυτικό διάλυμα και φορτίζεται αρνητικά, ενώ οι πλάκες χρώματος θετικά (καταφόρτιση).

Με την εφαρμογή συνεχούς τάσης μεταξύ αντικειμένου και πλακών χρώματος, (σχήμα 10.2.γ.) τα θετικά φορτισμένα σωματίδια του χρώματος κινούνται προς το αρνητικά φορτισμένο αμάξωμα και το επικαλύπτουν (λουτρό χρώματος).



Σχ. 10.2.γ Αρχή της ηλεκτροφόρτισης (καταφόρτιση) σε δεξαμενή βαφής.



Σχ. 10.2.δ. Με την καταφόρτιση έχουμε κατά τη διαδικασία της βαφής προστασία από την οξείδωση.

Ταυτόχρονα, τα παραγόμενα από τον ηλεκτρολύτη θετικά ιόντα (H^+) κινούνται προς το αρνητικά φορτισμένο αμάξωμα και εμποδίζουν την οξείδωσή του κατά την επίστρωση με χρώμα. Αν ακολουθιόταν η αντί-

θετη διαδικασία (αναφόρτιση), δηλαδή το αμάξωμα να φορτίζεται θετικά και οι πλάκες χρώματος αρνητικά, τα παραγόμενα αρνητικά ιόντα (O^-) θα κινούνται προς το αμάξωμα και θα οξειδωναν τόσο το μέταλλο, όσο και τη χρωματική επίστρωση.

10.3 ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΙ ΦΟΥΡΝΟΙ

Οι ηλεκτρικοί φούρνοι χρησιμοποιούνται πάρα πολύ στη βιομηχανία σε ηλεκτρομεταλλουργικές εργασίες, στην παραγωγή θερμότητας για τήξη, στην αλλαγή μορφής και μεταβολή των ιδιοτήτων (φυσικών και χημικών) στερεών, υγρών και αερίων σωμάτων.

Η απαιτούμενη για τη θέρμανση ενός αντικειμένου θερμότητα επιτυγχάνεται:

- **Έμμεσα** - με θερμαντικά στοιχεία (ηλεκτρικές αντιστάσεις). Η μέθοδος αυτή βρίσκει εφαρμογή κυρίως στις θερμικές κατεργασίες.
- **Άμεσα** - με τη διοχέτευση ρεύματος μέσα στο υπό θέρμανση αντικείμενο, στη μάζα του οποίου αναπτύσσεται θερμότητα λόγω φαινομένου Joule.

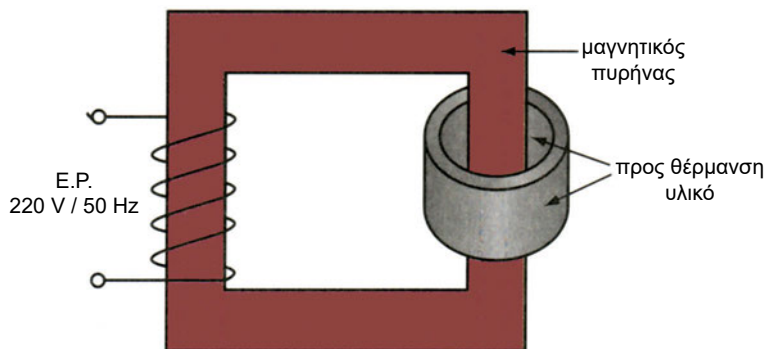
Η χρήση ηλεκτρικού φούρνου είναι μέθοδος δαπανηρή, γιατί απαιτεί ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις παροχής ρεύματος μεγάλων εντάσεων με χαμηλή τάση.

Οι επαγωγικοί φούρνοι, για τη δημιουργία θερμότητας αξιοποιούν τόσο το φαινόμενο *Τζάουλ*, όσο και το φαινόμενο της ηλεκτρικής επαγωγής. Μέσα στο κλειστό δευτερεύον κύκλωμα ενός μετασχηματιστή επάγεται τάση, η οποία προκαλεί την κυκλοφορία ισχυρού ρεύματος. Λόγω της αντίστασης του δευτερεύοντος τυλίγματος αναπτύσσεται θερμότητα, δηλαδή η θέρμανση με επαγωγή ανάγεται σε θέρμανση με αντίσταση και είναι αρκετά οικονομική.

Οι επαγωγικοί φούρνοι διακρίνονται σε:

– φούρνους χαμηλής συχνότητας:

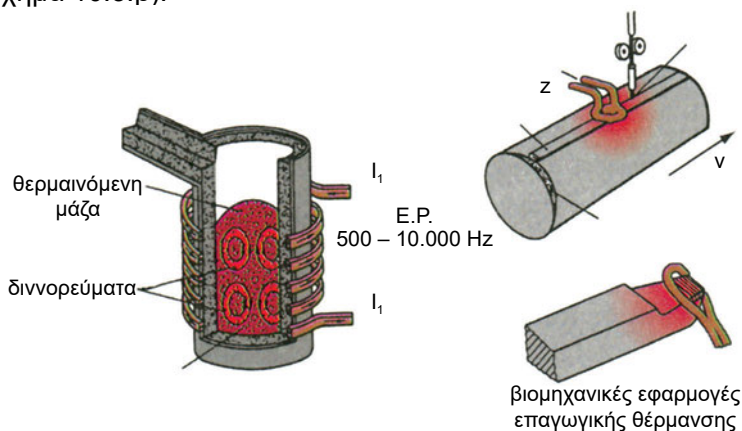
έχουν κλειστό κύκλωμα (πυρήνα) όπως οι Μ/Σ. Το πρωτεύον τροφοδοτείται με ρεύμα χαμηλής συχνότητας (50 Hz). Το προς θέρμανση υλικό αποτελεί το δευτερεύον τύλιγμα με μορφή βραχυκυκλωμένης σπείρας (σχήμα 10.3.α).



Σχ. 10.3.α Αρχή λειτουργίας επαγωγικού φούρνου χαμηλής συχνότητας

– φούρνους υψηλής συχνότητας

συνήθως δε φέρουν μαγνητικό πυρήνα. Το προς θέρμανση αντικείμενο αποτελεί το δευτερεύον τύλιγμα και τοποθετείται στο εσωτερικό του πρωτεύοντος, το οποίο τροφοδοτείται με Ε.Ρ. υψηλής συχνότητας $500 \div 10.000$ Hz. (σχήμα 10.3.β).



Σχ. 10.3.β Αρχή λειτουργίας επαγωγικού φούρνου υψηλής συχνότητας και βιομηχανικές εφαρμογές της επαγωγικής θέρμανσης.

Στους επαγωγικούς φούρνους η απαιτούμενη θερμότητα αναπτύσσεται απευθείας μέσα στη μάζα του προς θέρμανση αντικειμένου και η θερμοκρασία λαμβάνει υψηλές τιμές, ενώ στους φούρνους με αντιστάσεις η θερμότητα μεταδίδεται με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία, γεγονός που συνεπάγεται μεγάλες απώλειες ισχύος και περιορισμούς στη χρήση τους. Οι επαγωγικοί φούρνοι έχουν μικρότερες διαστάσεις σε σύγκριση με

τους φούρνους με αντίσταση. Οι πυρίμαχες επενδύσεις τους υφίστανται μικρότερες θερμοκρασιακές επιβαρύνσεις και παρουσιάζουν μικρή θερμική αδράνεια.

10.4 ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

Για τη συγκόλληση δύο σωμάτων γίνεται τοπική θέρμανση στα σημεία συνένωσης μέχρι τα σώματα να πλαστικοποιηθούν ή και να λειώσουν με ταυτόχρονη συνήθως άσκηση πίεσης. Η απαιτούμενη θερμότητα παράγεται με ηλεκτρικό ρεύμα. Διακρίνουμε δύο είδη ηλεκτροσυγκολλήσεων:

1. **Την ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση** - τα σημεία θερμαίνονται με το πέρασμα ηλεκτρικού ρεύματος, μέχρι να αποκτήσουν πλαστικότητα, και συμπιέζονται, για να κολλήσουν.
2. **Την ηλεκτροσυγκόλληση με τόξο** - τα σημεία συγκόλλησης θερμαίνονται μέχρι του σημείου τήξης με τη βοήθεια ηλεκτρικού τόξου.

α) Ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση

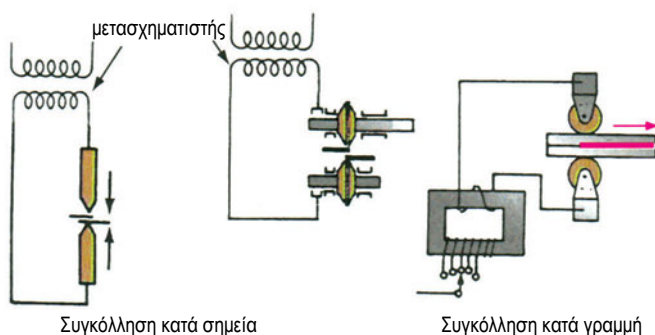
Στο σημείο που εφάπτονται τα προς συγκόλληση αντικείμενα, διαβιβάζεται ρεύμα έντασης μέχρι 100.000 A, για βραχύτατο διάστημα, υπό τάση μέχρι 15V. Λόγω της ασυνέχειας της μάζας, το ρεύμα συναντά μεγάλη αντίσταση και αναπτύσσεται η αναγκαία για τη συγκόλληση των μετάλλων θερμότητα, (σχήμα 10.4.α). Διακρίνουμε τις ηλεκτροσυγκολλήσεις με αντίσταση σε:

– Ηλεκτροσυγκόλληση κατά σημεία

Μεταξύ δύο ηλεκτροδίων από χαλκό ή κράματά του που ψύχονται με νερό, συμπιέζονται τα προς συγκόλληση ελάσματα, τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο. Με τη διέλευση του ρεύματος γίνεται κόλληση στο σημείο συμπίεσής τους.

– Ηλεκτροσυγκόλληση κατά γραμμή (ραφιδευτή ή συγκόλληση ραφής)

Όταν θέλουμε η συγκόλληση να έχει τη μορφή ραφής, τα ηλεκτρόδια έχουν τη μορφή τροχών, μεταξύ των οποίων διέρχονται τα προς συγκόλληση ελάσματα. Η συγκόλληση επιτυγχάνεται με τη διαβίβαση ηλεκτρικού ρεύματος και την άσκηση πίεσης από τους τροχούς. Με ενδιάμεσες διακοπές του ηλεκτρικού ρεύματος επιτυγχάνουμε διακεκομμένες συγκολλήσεις.



Σχ. 10.4.α Ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση.

ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΞΟ

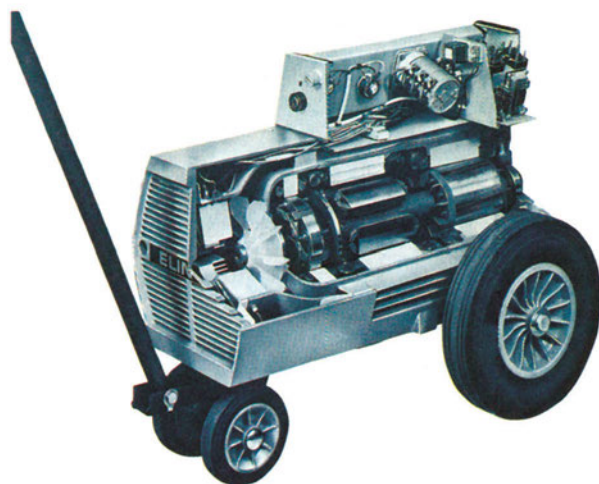
Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις με τόξο διακρίνονται σε:

♦ **Αυτογενείς.** Τα προς συγκόλληση αντικείμενα λειώνουν στα σημεία συγκόλλησης με τη βοήθεια ηλεκτρικού τόξου. Μαζί με αυτά λειώνει και μια βοηθητική ράβδος από το ίδιο μέταλλο, που ακουμπά στο σημείο συγκόλλησης. Με τον τρόπο αυτό γεμίζει η κοιλότητα που δημιουργείται μεταξύ των επιφανειών, οι οποίες για τη συγκόλληση πρέπει να έχουν κοπεί λοξά. Το ηλεκτρόδιο μπορεί να έχει επένδυση από σκληρωτικές ή συλλιπαντικές ουσίες, για να αποφεύγεται η οξείδωση και να απομακρύνονται τα οξείδια, που μπορεί να σχηματιστούν στο σημείο συνένωσης των μετάλλων. Όταν το ηλεκτρόδιο είναι γυμνό, η συλλιπαντική ουσία προστίθεται στο σημείο που σχηματίζεται το τόξο, με τη μορφή σκόνης, που ρίχνουμε κατά τη συγκόλληση.

♦ **Ετερογενείς.** Με αυτές γίνεται συγκόλληση ομογενών ή μη μεταλλικών κομματιών. Στη μεταξύ των τεμαχίων κοινή προς συγκόλληση επιφάνεια χύνεται ένα ευτηκτότερο κράμα, το οποίο προσκολλιέται στις επιφάνειες και συνενώνει τα μεταλλικά κομμάτια εισχωρώντας στο διάκενο, που υπάρχει μεταξύ τους.



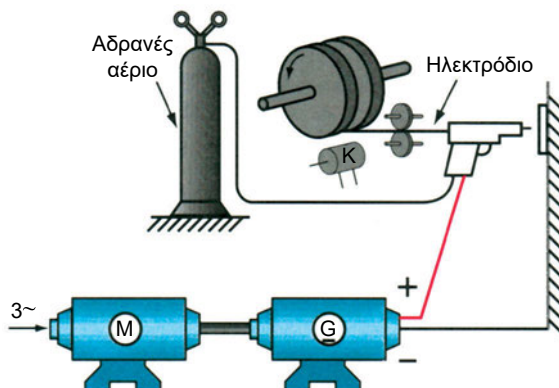
Το συγκρότημα συγκόλλησης Σ.Ρ. (σχήμα 10.4.β), αποτελείται: από τριφασικό επαγωγικό κινητήρα κλωβού, ο οποίος περιστρέφει τριφασική σύγχρονη γεννήτρια με διέγερση και γέφυρα ανόρθωσης με διόδους πυριτίου. Φέρει διατάξεις προστασίας του κινητήρα από υπερφόρτιση, από πτώση ή έλλειψη τάσης. Έχει στεγανότητα IP 44, ισχύ κινητήρα 9,5 KW, περιοχή ρεύματος συγκόλλησης 25-380 A / 30V, τάση χωρίς φορτίο 10 ÷ 100V.



Σχ. 10.4.β Συγκρότημα συγκόλλησης συνεχούς ρεύματος (Σ.Ρ.).

Συγκόλληση MIG (Metal-Inert Gas, Μέταλλο-Αδρανές αέριο).

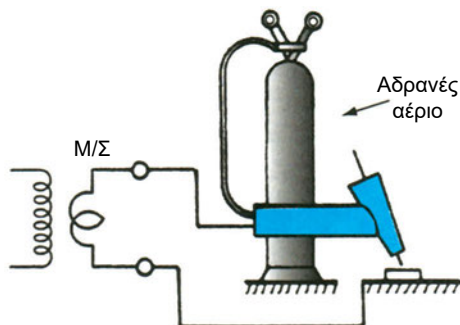
Είναι μια σύγχρονη μέθοδος ηλεκτροσυγκόλλησης, η οποία για την προστασία του μετάλλου από την οξείδωση χρησιμοποιεί αδρανή αέρια (ήλιο ή αργό). Χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρόδιο από το ίδιο το μέταλλο με τα προς συγκόλληση τεμάχια. Το ηλεκτρόδιο λειώνει και παρέχει το απαιτούμενο πρόσθετο μέταλλο (σχήμα 10.4.γ).



Σχ. 10.4.γ Συγκόλληση MIG

Συγκόλληση TIG (Tungsten-Inert Gas, Βολφράμιο-Αδρανές αέριο)

Είναι παρόμοια με την προηγούμενη (MIG), με τη διαφορά ότι σε αυτή χρησιμοποιείται ηλεκτρόδιο από βολφράμιο μόνο για το σχηματισμό του τόξου και το αναγκαίο για τη συγκόλληση υλικό παρέχεται από βοηθητική ράβδο, (σχήμα 10.4.δ).

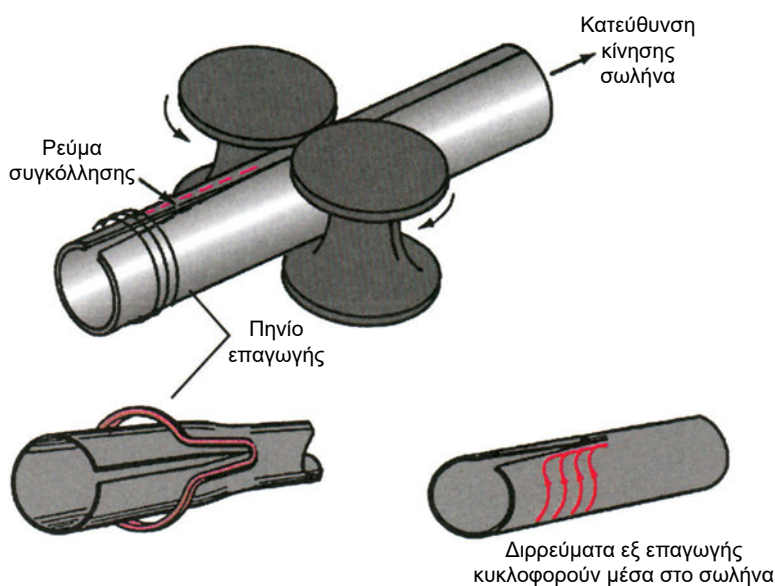


Σχ. 10.4.δ Συγκόλληση TIG

Οι τρόποι συγκόλλησης MIG και TIG χρησιμοποιούνται επιτυχώς στις συγκολλήσεις μη σιδηρούχων μετάλλων (αλουμίνιο, χαλκός, μαγγάνιο και κράματά τους).

ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

1. **Ηλεκτροσυγκόλληση υψηλής συχνότητας:** χρησιμεύει στη συγκόλληση σωλήνων κατά γενέτειρα (κατά μήκος ραφής). Ο υπό διαμόρφωση σωλήνας περνά μέσα από ράουλα, όπου συμπιέζονται και έρχονται σε επαφή οι προς συγκόλληση ακμές. Το ρεύμα υψηλής συχνότητας κυκλοφορεί στο σωλήνα, για να θερμανθούν επαρκώς οι προς συγκόλληση ακμές και παρέχεται σε αυτόν, είτε μέσω ολισθαινουσών αγώγιμων επαφών, είτε με επαγωγή.



Σχ. 10.4.ε Συγκόλληση σωλήνων με υψηλή συχνότητα. (μέθοδος επαγωγής)

2. **Ηλεκτροσυγκολλήσεις με υπέρηχους:** η μέθοδος αυτή προσφέρεται για τη συγκόλληση λεπτών μεταλλικών φύλλων, ελασμάτων ή συρμάτων ως και θερμοπλαστικών υλικών. Η παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε κινητική των μορίων της ύλης και στη συνέχεια σε θερμική.
3. **Συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων:** στηρίζεται στην αρχή της μετατροπής της κινητικής ενέργειας των ηλεκτρονίων σε θερμότητα μέσα σε κενό.
4. **Συγκόλληση με ακτίνες λέιζερ:** Δέσμη μονοχρωματικού φωτός μεγάλης ισχύος χρησιμοποιείται για την έκλυση της αναγκαίας θερμότητας για συγκόλληση.

Κατασκευαστικά στοιχεία ηλεκτροσυγκολλήσεων

Οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης με αντίσταση παρέχουν δυνατότητα ρύθμισης:

- του ρεύματος συγκόλλησης,
- της διάρκειας συγκόλλησης και
- της πίεσης, που εξασκείται από τα ηλεκτρόδια.

Στις ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου για την παροχή του ρεύματος, χρησιμοποιούνται:

- ✓ ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας ή
- ✓ μετασχηματιστές σε συνδυασμό με ανορθωτική διάταξη για παροχή Σ.Ρ.
- ✓ μονοφασικοί Μ.Σ. για τον υποβιβασμό της τάσης του δικτύου από 230 V σε τάσεις κάτω των 50V (όριο ασφαλείας).

Το ρεύμα συγκόλλησης ποικίλλει, ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο από 15 A μέχρι 1500 A και μπορεί να ρυθμίζεται κατά βήματα ή συνεχώς με αλλαγή λήψεων στην έξοδο μετασχηματιστή.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Η ηλεκτρόλυση είναι ένα φαινόμενο, στο οποίο τα ιόντα, που υπάρχουν μέσα σε κάποιο διάλυμα ή τήγμα, προσανατολίζονται και πηγαίνουν στα αντίστοιχα ηλεκτρόδια, όταν μέσα από το διάλυμα ή τήγμα περάσει συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα.
- Μια από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές της ηλεκτρόλυσης είναι η επιμετάλλωση, η με ηλεκτροχημικό τρόπο δηλαδή επιφανειακή επικάλυψη ενός μετάλλου με άλλο, με κύριο σκοπό την προστασία του από την οξείδωση.
- Η αντιδιαβρωτική προστασία γίνεται:
 - α) με μεταλλικές επιστρώσεις (γαλβανισμός)
 - β) με μη μεταλλικές επιστρώσεις (φωσφορίωση, ηλεκτροφόρτιση, ηλεκτροστατικό ψεκασμό ή βαφή).
- Στις ηλεκτρομεταλλουργικές εργασίες (παραγωγή θερμότητας για τήξη, αλλαγή μορφής και μεταβολή ιδιοτήτων στερεών, υγρών και αερίων σωμάτων) μεγάλη εφαρμογή έχουν οι επαγωγικοί φούρνοι. Για τη λειτουργία τους χρησιμοποιούν τόσο το φαινόμενο *Τζάουλ*, όσο και το φαινόμενο της επαγωγής. Ανάλογα με τη συχνότητα του ρεύματος, με το οποίο λειτουργούν, διακρίνονται σε:
 - επαγωγικούς φούρνους χαμηλής συχνότητας (50 Hz)
 - επαγωγικούς φούρνους υψηλής συχνότητας (500-10.000 Hz)
- Για τη συγκόλληση δύο σωμάτων γίνεται τοπική θέρμανση στα σημεία συνένωσης, μέχρι τα σώματα να πλαστικοποιηθούν ή και να λιώσουν, ενώ συνήθως ασκείται ταυτόχρονα πίεση. Η απαιτούμενη για το σκοπό αυτό θερμότητα παράγεται με ηλεκτρικό ρεύμα (ηλεκτροσυγκόλληση).
- Ανάλογα με τον τρόπο που γίνεται η ηλεκτροσυγκόλληση, διακρίνουμε:
 - ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση
 - ηλεκτροσυγκόλληση με τόξο
 - άλλες μεθόδους ηλεκτροσυγκόλλησης (π.χ. υψηλής συχνότητας,
 - με υπέρηχους, με δέσμη ηλεκτρονίων, με ακτίνες λέιζερ).

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Τι είναι ηλεκτροσυγκόλληση;
2. Ποια τα απαιτούμενα υλικά για την πραγματοποίηση ηλεκτρόλυσης;
3. Αναφέρατε μεθόδους επιμετάλλωσης.
4. Τι είναι γαλβανισμός;
5. Πώς γίνεται η ηλεκτροστατική βαφή; Ποια τα πλεονεκτήματά της;
6. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας του επαγωγικού φούρνου;
7. Αναφέρατε κατηγορίες επαγωγικών φούρνων.
8. Ποια τα πλεονεκτήματα των φούρνων με επαγωγή;
9. Ποια είδη ηλεκτροσυγκόλλησης με αντίσταση διακρίνουμε;
10. Με ποιους τρόπους είναι δυνατό να συγκολλήσουμε με τόξο μεταλλικά τεμάχια;



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ - ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΙ, Στ. Παλαιοκρασ-
σά, Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥΣ, Κότσαλου-Κουτουλάκου-Χα-
μηλοθώρη, Εκδόσεις Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, ΟΕΔΒ 1999
3. ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΑ ΔΕΛΤΙΑ Πανελληνίου Συλλόγου Διπλωματούχων
Ηλεκτρολόγων - Μηχανολόγων Μηχανικών.
4. ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ, Φίλιππα Δημόπου-
λου, τόμος Β΄

5. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑ - ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ, Σπυρ. Βασιλακόπουλου, Έκδοση Ευγενιδίου Ιδρύματος
6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ τόμος Α΄ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ Ιδρύματος Ευγενίδου
7. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ τόμος Β΄ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ Ιδρύματος Ευγενίδου
8. ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ Μωυσέως Μόσχοβιτς Ιδρύματος Ευγενίδου
9. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑ Γ΄ ΤΑΞΗ ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ ΟΕΔΒ ΚΑΙ Π.Ι.
10. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑ (Δ΄ ΤΑΞΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ), Έκδοση Υπουργείου Παιδείας Κύπρου, Δ/ση Τεχνικής Εκπαίδευσης
11. ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ ΕΚΔΟΣΗ Ε.Τ.Ε. (1994)
12. ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ Ι και ΙΙ, Γ. Κοκκινάκη - Γ. Καρύδη, Έκδοση Ιδρύματος Ευγενίδου BASIC ELECTRICITY SIEMENS
13. ΣΕΙΡΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΩΝ ΤΗΣ SIEMENS, Εκδόσεις Παπαζήση
14. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ, Γ. Κοτζάμπαση, Έκδοση Ευγενιδίου ιδρύματος
15. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ, Στ. Πάγκαλου - Στ. Τουλόγλου, Εκδόσεις ΙΩΝ 1992
16. ΤΕΧΝΙΚΑ ΦΥΛΛΑΔΙΑ “ΕΛΙΝ”
17. ΦΥΣΙΚΗ (Β΄ ΛΥΚΕΙΟΥ), Αλκ. Μάζη, Έκδοση ΟΕΔΒ
18. ΦΥΣΙΚΗ, Β΄ ΤΑΞΗ ΕΝΙΑΙΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ Ν. Δαπόντε, Ανδρ. Κασσέτα, Έκδοση Ο.Ε.Σ.Β

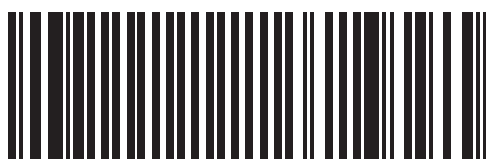
19. BASIC ELECTRICAL ENGINEERING A KASATKIN, M PERECALIN
FACH KENNTISSE ELECTROTECHNIK Handwerk und Technik
Fachstufe 2 energietechnik
20. ELECTRICAL TRANSMISSION AND DISTRIBUTION Referece Book,
Westinghouse Electric Corporation PENNSYLVANIA.
21. ELEKTROTECHNIK
Fachstufe 1 und 2 Energietechnik Fachzeichnen
Hornemann, Hubscher, Klane, Schievack,
WESTERMAN

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Κωδικός βιβλίου: 0-24-0029

ISBN 978-960-06-2817-3



(01) 000000 0 24 0029 7