



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΣΧΟΛΗ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΣΧΟΛΕΙΟΥ**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

ΑΡΓΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

A.M 7745

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΧΟΙΝΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2025

Περιεχόμενα	
Περίληψη	4
Κεφάλαιο 1 ^ο	6
1.1 Εκπαίδευση στην Αρχαία Αθήνα	6
1.2 Εκπαίδευση στη Σπάρτη	7
1.3 Η Εκπαίδευση στη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία	9
1.4 Η Εκπαίδευση στην Τουρκοκρατία	10
1.5 Η Εκπαίδευση στη Σύγχρονη Ελλάδα	13
Κεφάλαιο 2 ^ο	16
2.1 Ορισμοί	16
2.2 Τρόποι επιλογής καλωδίων	19
Κεφάλαιο 3 ^ο	25
3.1 Ασφάλειες Προστασίας	25
3.1.1 Χαρακτηριστικές καμπύλες Ασφαλειών	28
3.1.2 Διακοπτικά στοιχεία	32
3.1.3 Τριφασικοί διακόπτες ισχύος	33
Κεφάλαιο 4 ^ο	34
Σωλήνες, κουτιά διακλάδωσης, ρευματοδότες, κανάλια, σχάρες, κλπ	34
4.1. Μεγέθη σωλήνων -Τοποθέτηση αγωγών	34
4.2 Κουτιά διακλάδωσης-διέλευσης.....	35
4.3 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΑΡΟΧΗΣ - ΛΗΨΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	36
4.4 Καμπύλες.....	37
4.5 Διαδικασία εγκατάστασης υλικών	39
Κεφάλαιο 5 ^ο	41
5.1 Περιγραφή Ηλεκτροδοτούμενων χώρων.....	41
5.2 Κατανεμημένη ηλεκτρολογική εγκατάσταση	41
5.3 Ορισμοί – Σύνοψη Υποπινάκων	41
5.4 Σήμανση Γενικού Πίνακα	41
5.5 Πρώτη Σχεδιαστική Προσέγγιση της Εγκατάστασης	42
5.6 Περιγραφή σχεδιασμός Υποπινάκων	44
5.6.1 ΥΠΟ πίνακες Αιθουσών:	44
5.6.2 ΥΠΟ πίνακας Γραφείο Καθηγητών ΥΠ10	45
5.6.3 ΥΠΟ πίνακας Γραφείου διευθυντή- υποδιευθυντή ΥΠ11.....	47
5.6.4 ΥΠΟ πίνακας Εργαστηρίων ΥΠ12	49
5.6.5 ΥΠΟ πίνακας κυλικείου ΥΠ13.....	51
5.6.6 ΥΠΟ πίνακας για της τουαλέτες ΥΠ14.....	51
5.7 Προσδιορισμός του γενικού πίνακα ΓΠ	51

Παράρτημα Π1	54
Π.1.1 Φορτία σε ημιτονική διέγερση($V=V_0*\sin(\omega t)$)	54
Π.1.2 Συντελεστής ισχύος μετατόπισης	57
Π.1.3 Συντελεστής ισχύος παραμόρφωσης	57
Π.1.4 Επικρατέστερα φορτία σε ένα σχολείο	59
Βιβλιογραφία	62

Περίληψη

Κεφάλαιο 1°

Στο πρώτο κεφάλαιο θα γίνει μια σύντομη αναφορά στην εκπαίδευση καθώς και στους χώρους εκπαίδευσης (σχολεία) στην Αρχαία Ελλάδα. Αθήνα , Σπάρτη, κλπ.

Θα ακολουθήσουμε την περίοδο της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, τής Τουρκοκρατίας και θα φτάσουμε μέχρι την νεότερη Ελλάδα. Για κάθε χρονική περίοδο θα παρουσιάσουμε τους στόχους της εκπαίδευσης που έθεταν κάθε φορά οι πόλεις- κράτη καθώς και την επιλογή των χώρων (σχολεία), εντός των οποίων θα πραγματοποιούνταν η μάθηση (εκπαίδευση).

Κεφάλαιο 2°

Σε τούτο το κεφάλαιο (όπως και στα υπόλοιπα) θα ασχοληθούμε με το δια ταύτα της εργασίας μας δηλαδή θα παρουσιάσουμε τους απαιτούμενους αγωγούς και καλώδια που είναι απαραίτητα σε μια ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός σχολείου.

Θα τεθούν διάφορα κριτήρια για την επιλογή του κατάλληλου, κάθε φορά, αγωγού για την σωστή λειτουργία των ηλεκτρικών φορτίων.

Η επιλογή θα γίνεται πρωτίστως με κριτήριο την ασφάλεια των μελών της εκπαίδευσης και δευτερευόντως τον οικονομικό παράγοντα.

Κεφάλαιο 3°

Η ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, θα πρέπει να γίνεται με πλήρη ασφάλεια από το αρχικό σημείο λήψης έως και τον τελευταίο καταναλωτή.

Για τον λόγο αυτό θα αφιερώσουμε τούτο το κεφάλαιο.

Τα **μέσα προστασίας** που θα είναι υπεύθυνα τόσο για την προστασία των ατόμων όσο και του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού θα αναλυθούν διεξοδικά.

Σαν μέσων προστασίας ορίζουμε κάθε είδους ασφάλειας. Θερμικής ασφάλειας(τήξεως) ή μικροαυτόματος με θερμική ή και μαγνητικής προστασίας.

Ανάλογα θα παρουσιάσουμε τα **μέσα διακοπής** , όπως διαφόρων ειδών διακόπτες μονοφασικούς ή και τριφασικούς. Θα δώσουμε παραδείγματα επιλογής τέτοιων υλικών μέσω κατάλληλων πινάκων διαφόρων εταιριών. Π.χ. τεχνικά χαρακτηριστικά και καμπύλες λειτουργίας αυτών.

Κεφάλαιο 4°

Μέσα και τρόποι όδευσης καλωδίων (αγωγών) θα παρουσιάσουμε στο 4° κεφάλαιο. Δηλαδή σωληνώσεις πλαστικές ή μεταλλικές και επιλογή της κατάλληλης διαμέτρου αυτών αναλόγως με τον αριθμό των ενεργών αγωγών που αυτές (σωληνώσεις) θα φιλοξενήσουν.

Θα αναλύσουμε ακόμα διαφόρων ειδών κουτιά (διακοπών ή διακλάδωσης) που υπάρχουν στην αγορά και τις διαστάσεις τους.

Τα κουτιά είναι απαραίτητα τόσο για τον έλεγχο της κατεύθυνσης ροής του ρεύματος(κουτιά διακοπών-πριζών), όσο και για την διακλάδωση αυτού (ρεύματος). Δηλαδή την δημιουργία ηλεκτρικών κόμβων (κουτιά διακλάδωσης).

Κεφάλαιο 5°

Σε τούτο το κεφάλαιο θα γίνει η αποτύπωση της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης. Θα επιλεγεί μια εκ των αιθουσών και θα σχεδιαστεί σε κάτοψη το μονογραμμικό διάγραμμα της εγκατάστασης, καθώς και το μονογραμμικό διάγραμμα του αντίστοιχου πίνακα.

Οι γραμμές τροφοδοσίας των υποπινάκων θα καταλήξουν στον γενικό πίνακα του σχολείου. Από την εγκατεστημένη ισχύ κάθε αίθουσας και αθροίστηκα, θα συμπεράνουμε για την συνολική εγκατεστημένη ισχύ του γενικού πίνακα.

Από την συνολική εγκατεστημένη ισχύ θα υπολογίσουμε τον γενικό πίνακα(ασφάλειες, διακόπτες κλπ) καθώς επίσης και τον τύπο- μέγεθος του καλωδίου παροχής μέχρι την μετρητική διάταξη (μετρητής ενέργειας) του ΔΕΔΔΗΕ.

Η συνολική εγκαταστημένη ισχύς θα γίνει με βάση την φαινόμενη ισχύ, πράγμα που σημαίνει ότι θα υπολογιστούν αρχικά οι ενεργός και η άεργος ισχύς.

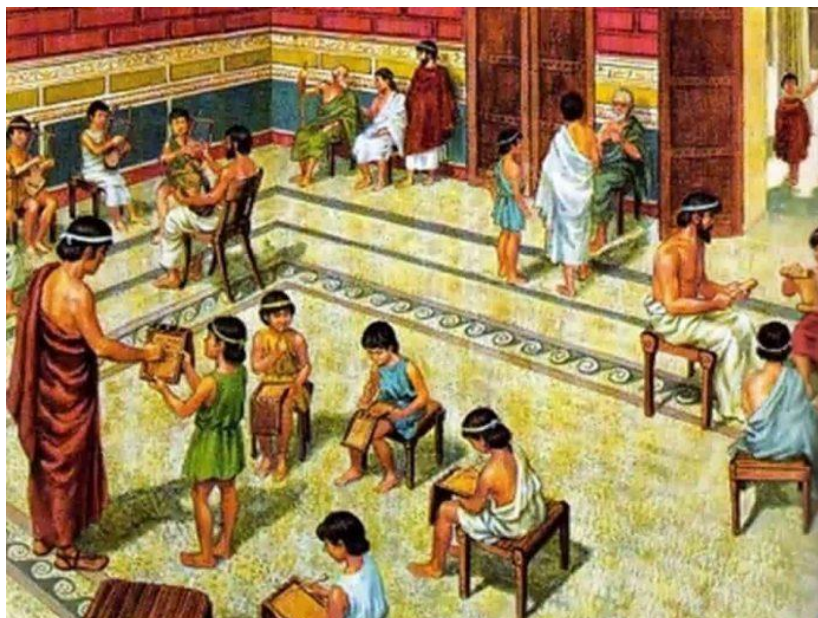
Κεφάλαιο 1^ο

Ιστορική αναδρομή της εκπαίδευσης.

1.1 Εκπαίδευση στην Αρχαία Αθήνα

Στην Αρχαία Αθήνα, η εκπαίδευση αποτελούσε βασικό στοιχείο της κοινωνίας και επικεντρωνόταν στην ολόπλευρη ανάπτυξη του ατόμου, τόσο σωματικά όσο και πνευματικά και ηθικά. Το εκπαιδευτικό σύστημα είχε ως στόχο να διαμορφώσει πολίτες με γνώσεις, καλλιέργεια και ικανότητα συμμετοχής στη δημοκρατική ζωή της πόλης.

Η εκπαίδευση ξεκινούσε νωρίς για τα αγόρια, καθώς από την ηλικία των επτά ετών φοιτούσαν σε ιδιωτικά σχολεία υπό την καθοδήγηση παιδαγωγών. Εκεί, οι δάσκαλοι τα δίδασκαν βασικά μαθήματα όπως γραφή, ανάγνωση και αριθμητική. Παράλληλα, σημαντικό μέρος της μόρφωσης αποτελούσε η ποίηση, με ιδιαίτερη έμφαση στα έπη του Ομήρου, καθώς και η μουσική, η οποία καλλιεργούσε την ψυχή και την αισθητική τους. Η σωματική αγωγή κατείχε επίσης κεντρική θέση στην εκπαίδευση, με τη γυμναστική να θεωρείται απαραίτητη για τη διαμόρφωση ισχυρών και υγιών πολιτών.



Εικόνα 1 Η εκπαίδευση στην αρχαία Ελλάδα

Στην εφηβεία, οι γιοι των εύπορων οικογενειών είχαν τη δυνατότητα να συνεχίσουν την ανώτερη εκπαίδευση, όπου διδάσκονταν ρητορική και φιλοσοφία. Οι σπουδές αυτές ήταν απαραίτητες για όσους ήθελαν να διαδραματίσουν ενεργό ρόλο στην πολιτική και κοινωνική ζωή της Αθήνας.



Εικόνα 2 Η εκπαίδευση στην αρχαία Ελλάδα

Αντίθετα, η εκπαίδευση των γυναικών ήταν περιορισμένη. Οι περισσότερες κοπέλες δεν λάμβαναν επίσημη μόρφωση και η εκπαίδευσή τους περιοριζόταν στις οικιακές δεξιότητες, εκτός εάν προέρχονταν από πλούσιες οικογένειες, όπου μπορούσαν να μάθουν γραφή, ανάγνωση και μουσική σε ιδιωτικό περιβάλλον.



Εικόνα 3 Η εκπαίδευση των παιδιών στην αρχαία Αθήνα

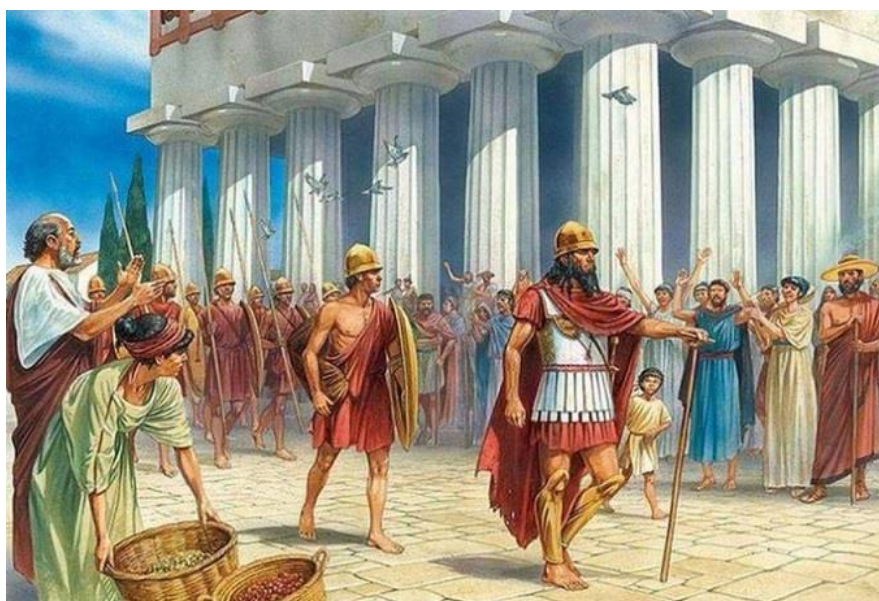
Συνολικά, η αθηναϊκή εκπαίδευση είχε ως σκοπό τη διαμόρφωση πολιτών ικανών να συνεισφέρουν ενεργά στην κοινωνία, με ισορροπημένη ανάπτυξη τόσο του νου όσο και του σώματος.

1.2 Εκπαίδευση στη Σπάρτη

Η εκπαίδευση στη Σπάρτη είχε έναν καθαρά στρατιωτικό χαρακτήρα και ήταν αυστηρά ελεγχόμενη από το κράτος. Ο κύριος στόχος της ήταν η διαμόρφωση ισχυρών,

πειθαρχημένων και ανθεκτικών πολεμιστών, ικανών να υπηρετήσουν τη στρατιωτική μηχανή της πόλης-κράτους.

Τα αγόρια ξεκινούσαν την εκπαίδευσή τους, γνωστή ως *Αγωγή*, στην ηλικία των επτά ετών. Από τότε ζούσαν σε στρατώνες, μακριά από τις οικογένειές τους, και εκπαιδεύονταν σε σκληρή σωματική άσκηση, πολεμικές τέχνες, πειθαρχία και αντοχή στον πόνο. Ο τρόπος ζωής τους ήταν λιτός, καθώς μάθαιναν να επιβιώνουν με ελάχιστα μέσα, γεγονός που τους προετοίμαζε για τη σπαρτιατική στρατιωτική ζωή. Οι δοκιμασίες αντοχής, η καλλιέργεια της ομαδικότητας και η απόλυτη υποταγή στους νόμους της πόλης ήταν βασικά στοιχεία αυτής της εκπαίδευσης.



Εικόνα 4 Η εκπαίδευση των Σπαρτιατών

Η εκπαίδευση των κοριτσιών, αν και δεν είχε στρατιωτικό χαρακτήρα, ήταν επίσης αυστηρή. Δινόταν μεγάλη έμφαση στη φυσική τους κατάσταση, καθώς οι γυναίκες έπρεπε να είναι υγιείς και δυνατές για να γεννούν και να ανατρέφουν ισχυρούς πολίτες. Εκπαιδεύονταν στη γυμναστική, το τρέξιμο, τη ρίψη δίσκου και ακοντίου, ενώ λάμβαναν και βασικές γνώσεις για τη διαχείριση της οικίας και της κοινότητας.

Στη Σπάρτη, η εκπαίδευση δεν στόχευε στην πνευματική καλλιέργεια, όπως στην Αθήνα, αλλά στην προετοιμασία των νέων για την υπηρεσία στο στρατό και την προστασία της πόλης-κράτους. Ήταν ένα αυστηρό σύστημα που παρήγαγε γενναίους και αφοσιωμένους πολεμιστές, έτοιμους να θυσιαστούν για τη Σπάρτη.



Εικόνα 5 Η εκπαίδευση των Σπαρτιατών

1.3 Η Εκπαίδευση στη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία

Η εκπαίδευση στη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία επηρεάστηκε βαθιά από την ελληνική παιδεία, ιδιαίτερα μετά την κατάκτηση της Ελλάδας. Το ρωμαϊκό εκπαιδευτικό σύστημα ήταν αυστηρά ταξικά διαμορφωμένο και επικεντρωνόταν τόσο στη ρητορική και τη φιλοσοφία όσο και στη στρατιωτική και νομική κατάρτιση, ανάλογα με το κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο των μαθητών.

Η βασική εκπαίδευση ξεκινούσε από την ηλικία των επτά ετών στα δημοτικά σχολεία, γνωστά ως *Ludus*, όπου τα παιδιά μάθαιναν ανάγνωση, γραφή και αριθμητική υπό την καθοδήγηση του *ludi magister*. Τα παιδιά χρησιμοποιούσαν ξύλινες πινακίδες με κερύ για να γράφουν, ενώ πολλές φορές μάθαιναν αποστήθιση κειμένων ως βασική μέθοδο μάθησης.

Όσοι συνέχιζαν τη μόρφωσή τους παρακολουθούσαν τη *δευτεροβάθμια εκπαίδευση* υπό την καθοδήγηση του *Grammaticus*. Σε αυτή τη βαθμίδα, οι μαθητές μελετούσαν ελληνική και λατινική λογοτεχνία, ιστορία και ποίηση, με έμφαση στα έργα του Ομήρου και του Βιργιλίου. Η ελληνική γλώσσα θεωρούνταν ιδιαίτερα σημαντική και συχνά οι πλούσιες οικογένειες προσλάμβαναν Έλληνες δασκάλους για τα παιδιά τους.

Για όσους προορίζονταν για πολιτικές ή νομικές θέσεις, η *ανώτερη εκπαίδευση* περιλάμβανε τη μελέτη της ρητορικής υπό τον *Rhetor*. Οι μαθητές εκπαιδεύονταν στη σύνταξη και εκφώνηση πειστικών λόγων, στη νομική επιχειρηματολογία και στη δημόσια συζήτηση, δεξιότητες απαραίτητες για τη συμμετοχή στη ρωμαϊκή διοίκηση. Οι πιο φιλόδοξοι ταξίδευαν στην Αθήνα ή τη Ρόδο για να σπουδάσουν κοντά σε φημισμένους Έλληνες φιλοσόφους και ρήτορες.

Παράλληλα, υπήρχε *ειδικευμένη εκπαίδευση* για όσους ήθελαν να γίνουν στρατιωτικοί αξιωματούχοι, νομικοί ή κρατικοί λειτουργοί. Η στρατιωτική εκπαίδευση περιλάμβανε τακτική, οπλομαχία και διοίκηση στρατευμάτων, ενώ η νομική εκπαίδευση ήταν εξαιρετικά σημαντική, καθώς το ρωμαϊκό δίκαιο αποτέλεσε τη βάση για τα μετέπειτα ευρωπαϊκά νομικά συστήματα.

Η εκπαίδευση των κοριτσιών ήταν περιορισμένη. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα κορίτσια δεν φοιτούσαν σε σχολεία αλλά λάμβαναν βασική μόρφωση στο σπίτι από τους γονείς ή ιδιωτικούς δασκάλους. Οι κόρες των εύπορων οικογενειών μπορούσαν να μάθουν γραφή, ανάγνωση, μουσική και διαχείριση του σπιτιού, αλλά σπάνια λάμβαναν ανώτερη εκπαίδευση, καθώς ο ρόλος τους περιοριζόταν στις οικιακές και οικογενειακές υποχρεώσεις.

Οι κύριες πηγές που μας πληροφορούν για την εκπαίδευση στη Ρώμη περιλαμβάνουν έργα συγγραφέων όπως ο Κικέρωνας (Cicero), ο οποίος στο *De Oratore* περιγράφει τη σημασία της ρητορικής εκπαίδευσης, και ο Κουιντιλιανός (Quintilian), του οποίου το *Institutio Oratoria* αναλύει το ιδανικό εκπαιδευτικό σύστημα. Ο Σενέκας (Seneca) και ο Πλίνιος ο Νεότερος (Pliny the Younger) προσφέρουν επίσης πληροφορίες για τη φιλοσοφική και νομική εκπαίδευση. Επιπλέον, επιγραφές και αρχαιολογικά ευρήματα, όπως ξύλινες πινακίδες και πάπυροι, δίνουν υλικό για την καθημερινή λειτουργία των ρωμαϊκών σχολείων.

Συνολικά, η ρωμαϊκή εκπαίδευση συνδύαζε την πρακτική γνώση με την κλασική παιδεία και προετοίμαζε τους νέους για τους διάφορους ρόλους που θα αναλάμβαναν στη στρατιωτική, πολιτική ή κοινωνική ζωή της αυτοκρατορίας.

1.4 Η Εκπαίδευση στην Τουρκοκρατία

Κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας (1453-1821), η εκπαίδευση των Ελλήνων πέρασε δύσκολες φάσεις, αλλά δεν έπαψε να υφίσταται. Παρά τους περιορισμούς που επέβαλε η Οθωμανική Αυτοκρατορία, η ελληνική παιδεία διατηρήθηκε μέσα από διάφορες εκπαιδευτικές δομές, όπως τα εκκλησιαστικά σχολεία, τα κοινοτικά σχολεία και τα ιδιωτικά εκπαιδευτήρια.

Ένας από τους πιο διαδεδομένους μύθους της περιόδου είναι το "Κρυφό Σχολείο", σύμφωνα με τον οποίο ιερείς και μοναχοί δίδασκαν κρυφά τα ελληνόπουλα, προστατεύοντας τη γλώσσα και την εθνική ταυτότητα. Αν και δεν υπάρχουν αδιάσειστα ιστορικά τεκμήρια για την ύπαρξή του με την ακριβή μορφή που περιγράφεται στη λαϊκή παράδοση, είναι γεγονός ότι η Εκκλησία διατήρησε την παιδεία, κυρίως μέσω των μοναστηριών.



Εικόνα 6 Κρυφό σχολείο

Τα εκκλησιαστικά και μοναστηριακά σχολεία αποτέλεσαν τα πρώτα οργανωμένα κέντρα μάθησης. Οι μοναχοί και οι ιερείς δίδασκαν στα παιδιά ελληνικά, θρησκευτικά και βασικές γνώσεις αριθμητικής. Αυτά τα σχολεία λειτουργούσαν κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου η οθωμανική παρουσία ήταν λιγότερο έντονη.

Παράλληλα, στις πόλεις και τα εμπορικά κέντρα δημιουργήθηκαν κοινοτικά σχολεία, που οργανώνονταν και χρηματοδοτούνταν από ελληνικές κοινότητες και εύπορους εμπόρους. Τα σχολεία αυτά πρόσφεραν μια πιο δομημένη εκπαίδευση, διδάσκοντας όχι μόνο ελληνικά και αριθμητική, αλλά και φιλοσοφία, ρητορική και ιστορία.

Στα μεγάλα αστικά κέντρα, αναπτύχθηκαν επίσης ιδιωτικά σχολεία, όπου οι γόνιμοι εύπορων οικογενειών λάμβαναν ανώτερη μόρφωση. Τα παρθεναγωγεία ήταν ειδικά σχολεία για τα κορίτσια, όπου διδάσκονταν γραφή, ανάγνωση, μουσική, καθώς και οικιακή οικονομία, προετοιμάζοντάς τα για τον ρόλο της συζύγου και μητέρας.

Για την ανώτερη εκπαίδευση, λειτουργούσαν φημισμένες σχολές, όπως η Μεγάλη του Γένους Σχολή στην Κωνσταντινούπολη, η Αθωνιάδα Σχολή στο Άγιο Όρος και η Πατμιάδα Σχολή στην Πάτμο. Σε αυτές διδάσκονταν όχι μόνο θεολογία, αλλά και φιλοσοφία, μαθηματικά και φυσικές επιστήμες, συμβάλλοντας στη διατήρηση και εξέλιξη της ελληνικής διανόησης.



Εικόνα 7 Η εκκλησία στην εκπαίδευση επι της Τουρκοκρατίας

Η Ορθόδοξη Εκκλησία είχε καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση της ελληνικής παιδείας. Παρόλο που η Οθωμανική Αυτοκρατορία δεν απαγόρευε τη διδασκαλία των ελληνικών, η εκπαίδευση περιοριζόταν λόγω των γενικότερων κοινωνικοοικονομικών συνθηκών. Οι μητροπολίτες και οι μοναχοί στήριζαν τη μόρφωση των Ελλήνων, δημιουργώντας σχολεία και προσφέροντας εκπαιδευτικές ευκαιρίες σε όσους μπορούσαν να τις αξιοποιήσουν.

Η εκπαίδευση στην Τουρκοκρατία, αν και δεν ήταν οργανωμένη με ενιαίο τρόπο, επέτρεψε στους Έλληνες να διατηρήσουν τη γλώσσα και την πολιτιστική τους ταυτότητα. Αυτή η διατήρηση της ελληνικής παιδείας συνέβαλε σημαντικά στην πνευματική και εθνική αφύπνιση, που οδήγησε τελικά στην Ελληνική Επανάσταση του 1821.



Εικόνα 8 Το πρώτο σχολείο στο Τουρκοκρατούμενο Βραχώρι (τωρινό Αγρίνιο)

1.5 Η Εκπαίδευση στη Σύγχρονη Ελλάδα

Η εκπαίδευση στη σύγχρονη Ελλάδα έχει εξελιχθεί σημαντικά, ακολουθώντας τις κοινωνικές, οικονομικές και τεχνολογικές αλλαγές. Το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα είναι οργανωμένο σε τρεις βασικές βαθμίδες: την πρωτοβάθμια, τη δευτεροβάθμια και την τριτοβάθμια εκπαίδευση, με κύριο στόχο την παροχή γενικής και επαγγελματικής μόρφωσης σε όλους τους πολίτες.

Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Η πρωτοβάθμια εκπαίδευση περιλαμβάνει το νηπιαγωγείο (προαιρετικό για παιδιά 4-5 ετών) και το δημοτικό σχολείο, που είναι υποχρεωτικό και διαρκεί έξι χρόνια (τάξεις Α'-ΣΤ'). Οι μαθητές διδάσκονται βασικά μαθήματα, όπως ελληνικά, μαθηματικά, φυσικές επιστήμες, ιστορία, γεωγραφία, ξένες γλώσσες και καλλιτεχνικά.



Εικόνα 9 Τμήμα Δημοτικής εκπαίδευσης

Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Η δευτεροβάθμια εκπαίδευση χωρίζεται σε δύο κύκλους:

1. Γυμνάσιο (3 χρόνια, υποχρεωτικό) – Μαθητές ηλικίας 12-15 ετών λαμβάνουν γενική εκπαίδευση.
2. Λύκειο (3 χρόνια, προαιρετικό) – Οι μαθητές μπορούν να επιλέξουν μεταξύ του Γενικού Λυκείου, που προετοιμάζει για πανεπιστημιακές σπουδές, και του Επαγγελματικού Λυκείου (ΕΠΑΛ), που προσφέρει τεχνική και επαγγελματική εκπαίδευση. Στο τέλος της Γ' Λυκείου, οι μαθητές που επιθυμούν να εισαχθούν στα πανεπιστήμια συμμετέχουν στις Πανελλαδικές Εξετάσεις.



Εικόνα 10 Τυπική σχολική αίθουσα σχολικών εξετάσεων.

Τριτοβάθμια Εκπαίδευση

Η ανώτατη εκπαίδευση παρέχεται από τα Πανεπιστήμια και τα Ανώτατα Τεχνολογικά Ιδρύματα (ΑΤΕΙ). Οι σπουδές διαρκούν συνήθως 4-6 χρόνια, ανάλογα με τη σχολή. Υπάρχουν επίσης Μεταπτυχιακά Προγράμματα (Μάστερ) και Διδακτορικές Σπουδές (PhD).

Η ανώτατη εκπαίδευση στην Ελλάδα είναι δημόσια και δωρεάν, αλλά υπάρχουν και ιδιωτικά κολέγια που συνεργάζονται με ξένα πανεπιστήμια.



Εικόνα 11 Αμφιθέατρο σε Τριτοβάθμια εκπαίδευση

Διά Βίου Μάθηση και Επαγγελματική Εκπαίδευση

Το σύγχρονο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα περιλαμβάνει και προγράμματα δια βίου μάθησης μέσω Ινστιτούτων Επαγγελματικής Κατάρτισης (IEK), Σχολών Δεύτερης Ευκαιρίας και άλλων φορέων που προσφέρουν εξειδίκευση και επανακατάρτιση ενηλίκων.

Τεχνολογία και Εκπαίδευση

Η ψηφιοποίηση έχει ενσωματωθεί στην εκπαίδευση μέσω της τηλεεκπαίδευσης, των διαδραστικών πινάκων και των ψηφιακών βιβλίων. Η πανδημία του COVID-19 επιτάχυνε την υιοθέτηση της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, καθιστώντας την τεχνολογία αναπόσπαστο μέρος της μαθησιακής διαδικασίας.



Εικόνα 12 Εργαστήριο Τεχνολογικής εκπαίδευσης

Η εκπαίδευση στη σύγχρονη Ελλάδα είναι ένα δυναμικό σύστημα που εξελίσσεται συνεχώς. Αν και υπάρχουν προκλήσεις, όπως η ανεργία των πτυχιούχων και η μετανάστευση επιστημόνων στο εξωτερικό (brain drain), η ελληνική παιδεία διατηρεί τη σημασία της, προσαρμοζόμενη στις ανάγκες της εποχής.

Κεφάλαιο 2^ο

Αγωγοί και Καλώδια

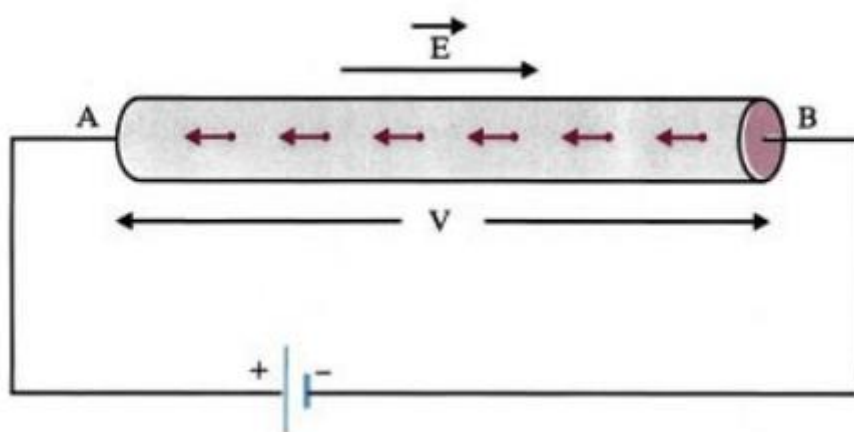
2.1 Ορισμοί

Ηλεκτρικού Αγωγού

Ορίζουμε σαν αγωγό ηλεκτρικού ρεύματος ένα μεταλλικό σύρμα ορισμένης διατομής και ορισμένου υλικού συνήθως χαλκός ή αλουμίνιο. Από την φύση του περιέχει ως φορείς ελεύθερα ηλεκτρόνια που μπορούν να κινηθούν υπό την επίδραση κατάλληλου ηλεκτρικού πεδίου στα άκρα του. Υπάρχουν αγωγοί απλοί και με μόνωση. Παράδειγμα τα δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στο σύνολο τους αποτελούνται από αγωγούς χωρίς μόνωση.



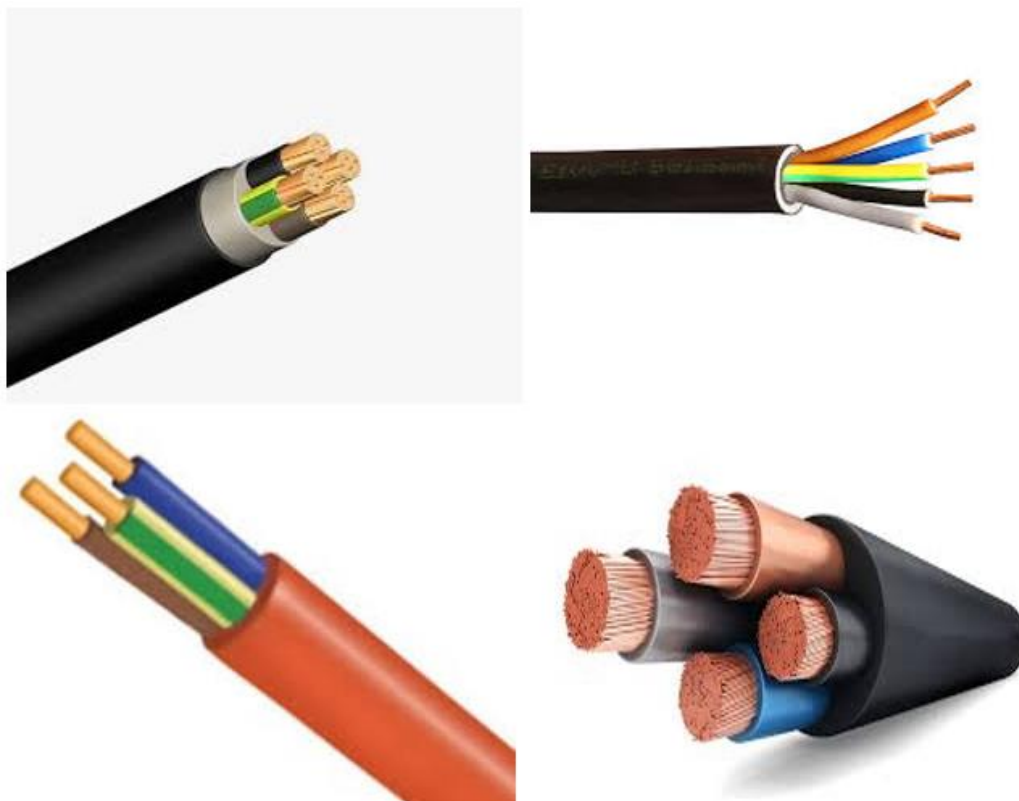
Εικόνα 13 Πυλώνες μεταφοράς υψηλής- υπερύψηλης τάσης



Εικόνα 14 Ηλεκτρικό ρεύμα σε μεταλλικό αγωγό

Καλώδια

Ορίζουμε σαν καλώδιο ένα σύνολο μονωμένων αγωγών που συνυπάρχουν στο ίδιο περίβλημα (μανδύας). Τέτοια καλώδια αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος των εσωτερικών ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων τόσο στην οικιακή εγκατάσταση όσο και στην βιομηχανική.



Εικόνα 15 Τυπικές μορφές καλωδίων μέσα σε κοινό περίβλημα

Ωμική Αντίσταση

Ονομάζουμε Ωμική αντίσταση ενός αγωγού R την γραμμική σχέση μεταξύ του ρεύματος και της τάσης. $I=(1/R)*V$

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

Όπου προφανώς η σταθερά αναλογίας $1/R$ εκφράζει και την κλίση της ευθείας $I=F(V)$. Εδώ προφανώς η αντίσταση R εκφράζει το μέτρο δυσκολίας μετακίνησης των ηλεκτρικών φορτίων. Η ανωτέρω λειτουργία εμφανίζει προφανώς και θερμικά

φαινόμενα εκτός της αναπόφευκτης πτώση τάσης πάνω στον αγωγό. Προφανώς και τα δυο θα πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερη πρόνοια για την μείωση τους.

Προφανώς η αντίσταση ενός αγωγού είναι ανεξάρτητη και από την Τάση και από το ρεύμα στα άκρα του, αφού το πηλίκο V/I παραμένει πάντοτε σταθερό. Εξαρτάται μόνο από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και την θερμοκρασία.

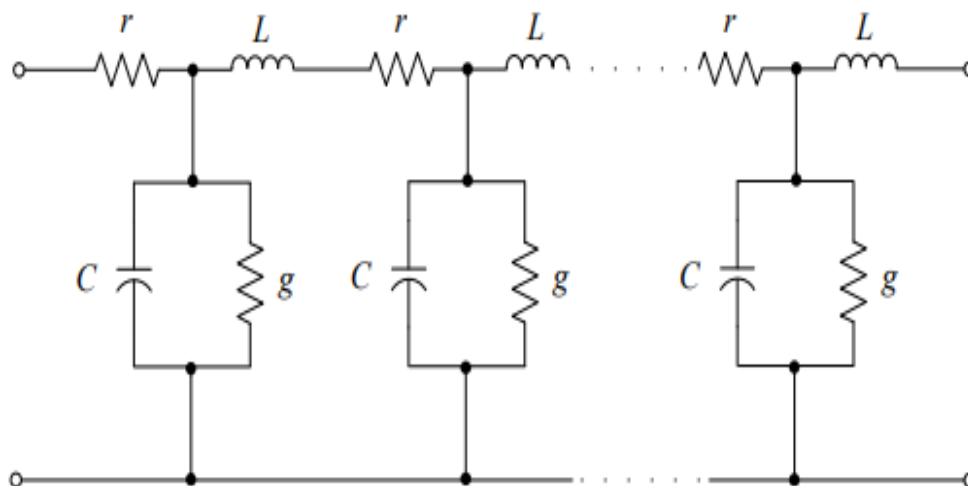
$$R_{\theta_1} = \rho_{\theta_1} \cdot \frac{l}{S}$$

όπου l , S και ρ είναι το μήκος, η διατομή και η ειδική αγωγιμότητα του υλικού του αγωγού

$$R_{\theta_2} = R_{\theta_1} \cdot [1 + a_{\theta_1} \cdot (\theta_2 - \theta_1)]$$

όπου a ο θερμοκρασιακός συντελεστής του υλικού και θ_1, θ_2 οι αντίστοιχες θερμοκρασίες για τις αντιστάσεις R_1, R_2 αντίστοιχα.

Εκτός από την παραπάνω ωμική αντίσταση οι αγωγοί παρουσιάζουν τόσο επαγωγική αντίσταση ($\omega \cdot L$) όσο και χωρητική αντίσταση ($1/\omega C$). Όπου ω είναι η γωνιακή συχνότητα και L, C εκφράζουν τα ιδιαίτερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επαγωγής και της χωρητικότητας αντίστοιχα.



Εικόνα 16 Μονοφασικό ισοδύναμο κύκλωμά γραμμής μεταφοράς με κατανομημένες παραμέτρους

Για την συγκεκριμένη εργασία που αφορά την ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός σχολείου θα αγνοήσουμε την επίδραση της χωρητικότητας ως προς την γη καθώς και τις αυτεπαγωγής. Δηλαδή θα θεωρήσουμε ότι οι αγωγοί (καλώδια) παρουσιάζουν μόνο ωμική αντίσταση.

2.2 Τρόποι επιλογής καλωδίων

Προκειμένου να επιλέξουμε το κατάλληλο καλώδιο για συγκεκριμένη εφαρμογή (φορτίο) θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας δυο κυρίως χαρακτηριστικά.

Το Πρώτο χαρακτηριστικό αφορά την δυνατότητα- ικανότητα ενός καλωδίου να μεταφέρει ένα συγκεκριμένο ρεύμα λίγο πριν αυτό φτάσει στα όρια της υπερθέρμανσης.

Το Δεύτερο χαρακτηριστικό είναι η αναπόφευκτα προκαλούμενη πτώση τάσης να μην ξεπερνάει κάποιο όριο όπως ορίζεται από τις σχετικές οδηγίες των ΚΕΗΕ (Κανονισμοί Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων). Το όριο αυτό τίθεται να είναι μικροτερο ή ίσο του 3%.

Για τον σκοπό αυτό οι εταιρίες κατασκευής ηλεκτρικών καλωδίων διαθέτουν αναλυτικά τέτοια στοιχεία και πληροφορίες που μας καθοδηγούν στην επιλογή του σωστού καλωδίου (διατομή).

Πίνακας 1 Βασικοί τύποι καλωδίων Hellenic Cable

Καλώδια εσωτερικών εγκαταστάσεων

H03VH-H	H05VV-R	H07V-U	FG7QR	NYIFY-0	N07V-K	H05RN-F
H03VV-F	H05V-U	H07V-R	FROR	NYIFY-J	TWIN FLAT	H05RR-F
H05VV-U	H05V-K	H07V-K	H05VV-5F	NYM	TRIPLE FLAT	EPR/CSP

Καλώδια ισχύος

H07RN-F	H07RNB-F	NSSHou	NYCWY	PVC/PVC/SWA/PVC	XLPE/LSF/SWA/LSF
H01N2-D	NAYY	NTSWou	N1VV-K	XLPE/PVC	U-1000 R2V
H01N2-E	NSGAFou	NYCY	NY	XLPE/PVC/SWA/PVC	2VSLCY

Καλώδια ισχύος με τάση λειτουργίας (10-30kV)

N2XSY	NA2XSY	XLPE/CWS/PVC	XLPE/CTS/PVC/AWA/PVC
N2XS2Y	NA2XS2Y	XLPE/CWS/PE	XLPE/CTS/PVC/SWA/PVC
N2XS(FL)2Y	N2XSH	XLPE/CWS/LSF	XLPE/CTS/LSF/AWA/LSF
		NTSCGEWou	XLPE/CTS/LSF/AWA/LSF

Στο πάνω μέρος του πίνακα 1 εμφανίζονται καλώδια χαμηλής τάσης έως 500-700 Volt με μόνωση από PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο) καθώς και από άλλα εύκαμπτα ελαστικά π.χ. σιλικόνη ή καουτσούκ κ.λπ.. Στο κάτω μέρος του πίνακα ακολουθούν καλώδια ισχύος που φτάνουν μέχρι και τα 30 kVolt.

Πίνακας 2 Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (I_r) σε Α εντοιχισμένους (χωνευτών) και επιτοιχίους (ορατών) ηλεκτρικών γραμμών

Μόνωση	Πλήθος φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα		Πολυπολικό καλώδιο						
		ΝΥΑ, Η07V-U, Η07V-R		ΝΥΜ, ΝΥΒΥΥ, ΝΥΙΦ						
				Γυμνό		Σε σωλήνα				
		Εντοιχισμένο	Επιτοιχίο	Εντοιχισμένο	Επιτοιχίο	Εντοιχισμένο	Επιτοιχίο	Εντοιχισμένο	Επιτοιχίο	
PVC	2	3	5	3	6	2	4			
	3	2	4	2	5	1	3			
EPR ή XLPE	2	5	9	6	9	5	8			
	3	5	7	5	8	4	6			
Στήλες										
Χαλκός	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	19	20	22	23
	2,5	17,5	18	19,5	21	23	26	28	30	31
	4	23	24	26	28	31	35	37	40	42
	6	29	31	34	36	40	44	48	51	54
	10	39	42	46	50	54	60	66	69	75
	16	52	56	61	68	73	80	88	91	100
	25	68	73	80	89	95	105	117	119	133
	35	83	89	99	109	117	128	144	146	164
	50	99	108	118	130	141	154	175	175	198
	70	125	136	149	164	179	194	222	221	253
	95	150	164	179	197	216	233	269	265	306
	120	172	188	206	227	249	268	312	305	354
	150	196	216	240	259	285	318	-	371	441
	185	223	245	273	295	324	362	-	424	506
240	261	286	321	346	380	424	-	500	599	
300	298	328	367	396	435	486	-	576	693	

Ο πίνακας 2 μας δίνει τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια ρεύματος για μονωμένους αγωγούς για χωνευτές ή ορατές ηλεκτρικές γραμμές. Επίσης μας δίνει πληροφορίες για χάλκινους αγωγούς καθώς και για το είδος της μόνωσης. Αναφέρεται ακόμα τόσο σε πολύκλινα όσο και σε μονόκλινα καλώδια.

Πίνακας 3 Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (I_r) σε Α ηλεκτρικών γραμμών με καλώδια στον αέρα (σε απόσταση από τους τοίχους ή άλλα δομικά υλικά)

Μόνωση	Πλήθος φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Πολυπολικά καλώδια	Μονοπολικά καλώδια							
			Σε επαφή μεταξύ τους			Σε απόσταση μεταξύ τους				
			Διάταξη επίπεδη οριζόντια ή κατακόρυφη	Διάταξη τριγωνική	Διάταξη επίπεδη οριζόντια	Διάταξη επίπεδη κατακόρυφη				
PVC	2	2	5	-	-	-	-	-	-	
	3	1	4	4	7	5				
EPR ή XLPE	2	3	8	-	-	-	-	-		
	3	2	7	6	9	8				
Στήλες										
Χαλκός	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	18,5	22	26	-	-	-	-	-	-
	2,5	25	30	36	-	-	-	-	-	-
	4	34	40	49	-	-	-	-	-	-
	6	43	51	63	-	-	-	-	-	-
	10	60	70	86	-	-	-	-	-	-
	16	80	94	115	-	-	-	-	-	-
	25	101	119	149	110	130	135	141	161	182
	35	126	148	185	137	162	169	176	200	226
	50	153	180	225	167	196	207	216	242	275
	70	196	232	289	216	251	268	279	310	353
	95	238	282	352	264	304	328	341	377	430
	120	276	328	410	308	352	383	396	437	500
	150	319	379	473	356	406	444	456	504	577
	185	364	434	542	409	463	510	521	575	661
	240	430	514	641	485	546	607	615	679	781
300	497	593	741	561	629	703	709	783	902	
400	-	-	-	656	754	823	852	940	1085	
500	-	-	-	749	868	946	982	1083	1253	
630	-	-	-	855	1005	1088	1138	1254	1454	

Ο Πίνακας 3 αναφέρεται στο μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα που μπορεί να διέλθει από ένα καλώδιο που βρίσκεται στον αέρα. Και εδώ διακρίνουμε το είδος της μόνωσης καθώς και την περίπτωση μονοπολικών και πολύπλοκων καλωδίων τα οποία μπορεί να βρίσκονται σε επαφή μεταξύ του ή και να απέχουν κάποια απόσταση.

Πίνακας 4 Συντελεστές διόρθωσης ($f\theta$) για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C"

Θερμοκρασία περιβάλλοντος °C	Μόνωση	
	PVC	EPR ή XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
30	1,00	1,00
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41

Η εξωτερική θερμοκρασία που επηρεάζει την αντίσταση του αγωγού όπως αναφέραμε παραπάνω τροποποιεί τα αποτελέσματα των πινάκων 2 και 3 με κατάλληλους συντελεστές προσαρμογής όπως φαίνεται στον πίνακα 4. Οι κατασκευαστές θέτουν σαν θερμοκρασία αναφοράς τους 30 °C βαθμούς Κελσίου για την ισχύ των πινάκων 2 και 3.

Για παράδειγμα αν ένα καλώδιο επιλεγεί από τον πίνακα 2 ή 3 και πρόκειται να τοποθετηθεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 45°C βαθμούς Κελσίου τότε πρέπει το ονομαστικό ρεύμα να προς αυξηθεί κατά 1/0,79 για καλώδιο με PVC μόνωση ή 1/0,87 για καλώδιο XLPE.

Πίνακας 5 Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (I_r) σε Α καλωδίων τοποθετημένων στο έδαφος

Αγωγός	mm ²	Μόνωση			
		PVC		EPR ή XLPE	
		Πλήθος φορτιζόμενων αγωγών			
		2	3	2	3
Χαλκός	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	63	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	148	122	173	144
	70	183	151	213	178
	95	216	179	252	211
	120	246	203	287	240
	150	278	230	324	271
	185	312	258	363	304
	240	361	297	419	351
300	408	336	474	396	

Στον πίνακα 5 δίνεται το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα όταν τα καλώδια είναι τοποθετημένα εντός του εδάφους. Και εδώ φαίνεται για κάθε διατομή το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα με κριτήριο την μόνωση καθώς και τον αριθμό των φορτιζόμενων αγωγών. Για παράδειγμα για μία διατομή 10 τ.χ.(mm²) με μόνωση από PVC και πλήθος αγωγών 3 το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα είναι 52Α.

Πίνακας 6 Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α) εντοιχισμένων (χωνευτών) και επιτοιχείων (ορατών) ηλεκτρικών γραμμών Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Πλήθος Φορτιζομένων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν							
		Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα		Πολυπολικό καλώδιο					
		Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Γυμνό		Σε σωλήνα		Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο
				Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο		
PVC	2	3	5	3	6	2	4		
	3	2	4	2	3	1	3		
EPR ή XLPE	2	5	9	6	9	5	8		
	3	5	7	5	8	4	6		
Στήλες									
mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	19	20	22	23
2,5	17,5	18	19,5	21	23	26	28	30	31
4	23	24	26	28	31	35	37	40	42
6	29	31	34	36	40	44	48	51	54
10	39	42	46	50	54	60	66	69	75
16	52	56	61	68	73	80	88	91	100
25	68	73	80	89	95	105	117	119	133
35	83	89	99	109	117	128	144	146	164
50	99	108	118	130	141	154	175	175	198
70	125	136	149	164	179	194	222	221	253
95	150	164	179	197	216	233	269	265	306
120	172	188	206	227	249	268	312	305	354
150	196	216	240	259	285	318	-	371	441
185	223	245	273	295	324	362	-	424	506
240	261	286	321	346	380	424	-	500	599
300	298	328	367	396	435	486	-	576	693

Στον πίνακα 6 φαίνονται διατομές καλωδίων μονόκλωνι ή πολύκλωνι εντοιχισμένοι ή επιτοιχίοι σε σωλήνα ή όχι, με τις αντίστοιχες φορτίσεις ρεύματος. Για παράδειγμα 2 φορτισμένοι αγωγοί 1,5 mm², πολύκλωνι και γυμνό επιτοίχιο μπορεί να περάσει ρεύμα 19Α.

Κεφάλαιο 3^ο

Μέσα προστασίας ελέγχου και διακοπής

3.1 Ασφάλειες Προστασίας

Όταν το ρεύμα ενός φορτίου- συσκευής ξεπεράσει την ονομαστική του τιμή προκειμένου να προστατέψουμε την ίδια την συσκευή καθώς και το καλώδιο θα πρέπει να τοποθετήσουμε στην αναχώρηση τις γραμμής κατάλληλη ασφάλεια προκειμένου να διακόψει το ηλεκτρικό ρεύμα που καταλήγει στην συσκευή.

Γενικώς έχουμε δύο ειδών ασφάλειες ,τις θερμικές (τήξεως) και τις αυτόματες.

Οι θερμικές ασφάλειες διακόπτουν το κύκλωμα στο οποίο εμφανίζεται το σφάλμα και αυτό επανέρχεται με πλήρη αντικατάσταση της ασφάλειας. Δηλαδή στο εσωτερικό της ασφάλειας υπάρχει λεπτός αγωγός ο οποίος κατά το σφάλμα τήκεται (λιώνει). Η τήξη του νήματος οφείλεται στην υπερβολική θερμότητα λόγω του φαινομένου Joule.

A. Κοχλιωτές (βιδωτές):

Αποτελούνται από:

- α) την ασφαλειοθήκη,
- β) τη μήτρα προσαρμογής,
- γ) το φυσίγγιο,
- δ) το πάμα.

B. Diazed ή τύπου D. Έχουν ονομαστική ένταση έως και 200 A και ικανότητα ρεύματος διακοπής έως και 50 kA.



Εικόνα 17 Ασφάλεια Legrand Τήξεως Κυλινδρική 014302





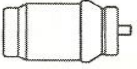


Εικόνα 18 Freder Ασφάλεια Τήξεως Μαχαιρωτή 86-023159



Εικόνα 19 Ασφάλεια Γυαλάκι 5A Ταχείας Τήξεω

Πίνακας 7 Μεγέθη τηκτών ασφαλειών DIAZED

Μέγεθος		Ονομαστικό ρεύμα [A]
D1		2
		4
		6
		10
		16
		20
		25
DII		2
		4
		6
		10
		16
		20
		25
DIII		35
		50
		63
DIV		80
		100

Οι αυτόματες ασφάλειες διαθέτουν δυο επιμέρους προστασίες. Η μια λέγεται μαγνητική προστασία και επιδρά- διακόπτει σε ρεύματα αρκετά πολλαπλάσια της ονομαστικής τιμής. Η άλλη λέγεται θερμική προστασία και επιδρά- διακόπτει σε ρεύματα ένα έως δυο φορές το ονομαστικό.



Εικόνα 20 Siemens Αυτόματη Ασφάλεια 10Α Μονοπολική



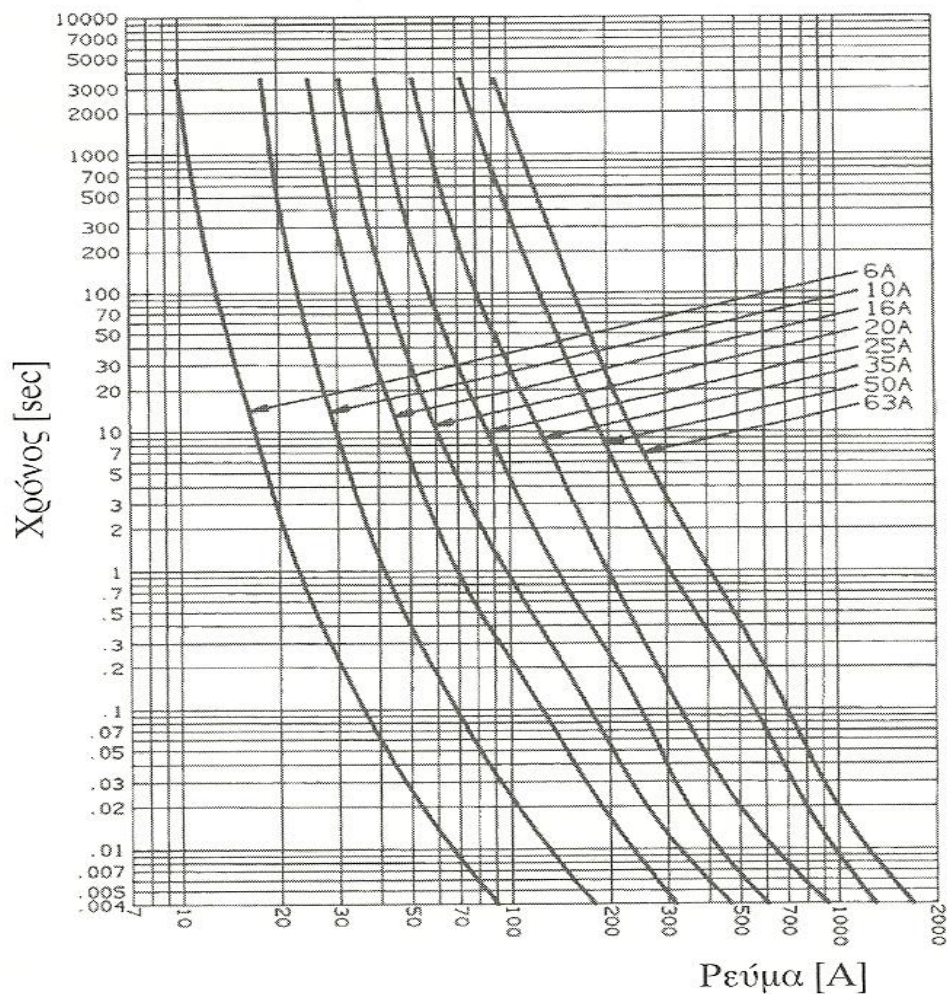
Εικόνα 21 Αυτόματη Ασφάλεια Σειράς DX3 2P 16A 6/10KA Καμπύλης C



Εικόνα 22 ABB 3P 32A Αυτόματη ασφάλεια τριφασική 400V

3.1.1 Χαρακτηριστικές καμπύλες Ασφαλειών

Ο Τρόπος λειτουργίας των ασφαλειών είτε τήξεως είτε αυτόματες καθορίζεται από τις χαρακτηριστικές καμπύλες που λέγονται καμπύλες αντιστρόφου χρόνου. Σε αυτές τις καμπύλες μπορούμε να προσδιορίσουμε τον χρόνο διακοπής ανάλογα με την ποσότητα του ρεύματος που θα περάσει. Θα παραθέσουμε παρακάτω χαρακτηριστικές καμπύλες διαφόρων ασφαλειών και θα δώσουμε παραδείγματα επεξήγησης.



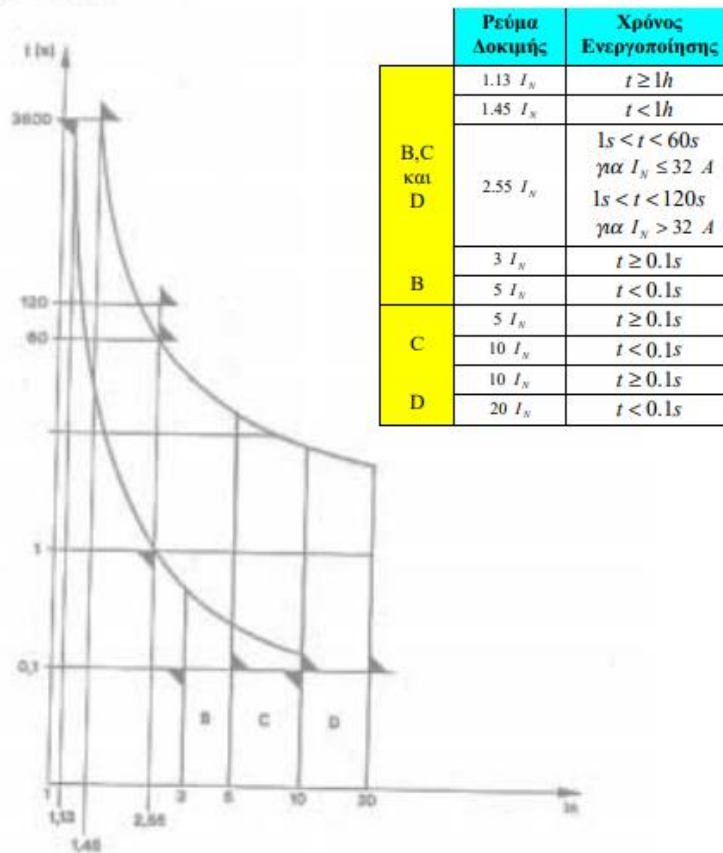
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 Χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας ασφαλειών NEOZED 6 έως 63^A

Στο παραπάνω διάγραμμα έχουμε τις χαρακτηριστικές καμπύλες για ασφάλειες από 6 έως 63 A. Στον οριζόντιο άξονα φαίνονται οι τιμές του ρεύματος και τον κατακόρυφο ο αντίστοιχος χρόνος διακοπής.

Παράδειγμα: Ας υποθέσουμε ότι έχουμε μια ασφάλεια ονομαστικής τιμής 10 A και θέλουμε να ξέρουμε σε πόσο χρόνο θα διακόψει ανάλογα με το πολλαπλάσιο ρεύμα. Αν περάσει ρεύμα 20 A θα διακόψει σε χρόνο λιγότερο από 500sec (8,3 λεπτά). Αν όμως περάσουν 50 A θα διακόψει σε χρόνο μικρότερο από 0,5 sec. Δηλαδή παρατηρούμε όσο αυξάνει το ρεύμα βραχυκύκλωσης τόσο μειώνεται ο χρόνος διακοπής.

Η συμπεριφορά ενός μικροαυτόματου διακόπτη ισχύος περιγράφεται από τις χαρακτηριστικές λειτουργίας ρεύματος χρόνου:

IEC 898



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2 Χαρακτηριστικές 'B', 'C', 'D' και χρονικά όρια ενεργοποιήσεις αυτόματων ασφαλειών σύμφωνα με τους IEC 898 κανονισμούς.

Η συμπεριφορά ενός μικροαυτόματου διακόπτη ισχύος περιγράφεται από τις χαρακτηριστικές λειτουργίας ρεύματος χρόνου:

Χαρακτηριστική B: καλύπτουν ανάγκες προστασίας γραμμών διανομής κτιριακών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων και ειδικότερα ωμικών φορτίων και γραμμών φωτισμού.

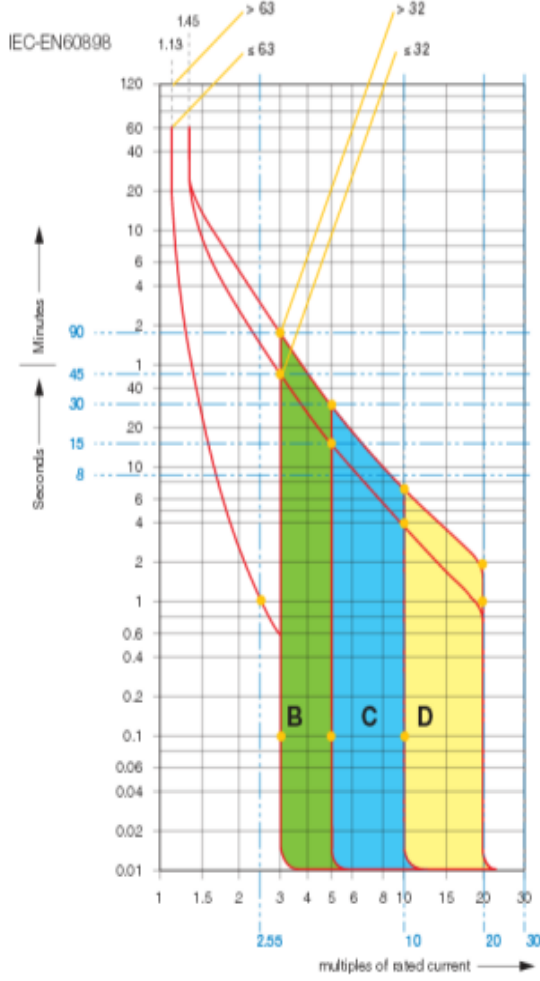
Χαρακτηριστική C: καλύπτουν ανάγκες προστασίας γραμμών διανομής κτιριακών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων και ειδικότερα κυκλώματα με ωμικά και ελαφρώς επαγωγικά φορτία.

Χαρακτηριστική D: καλύπτουν ανάγκες προστασίας γραμμών διανομής κτιριακών και βιομηχανικών εγκαταστάσεων και ειδικότερα φορτία ισχυρά επαγωγικά και φορτία με υψηλά ρεύματα εκκίνησης.

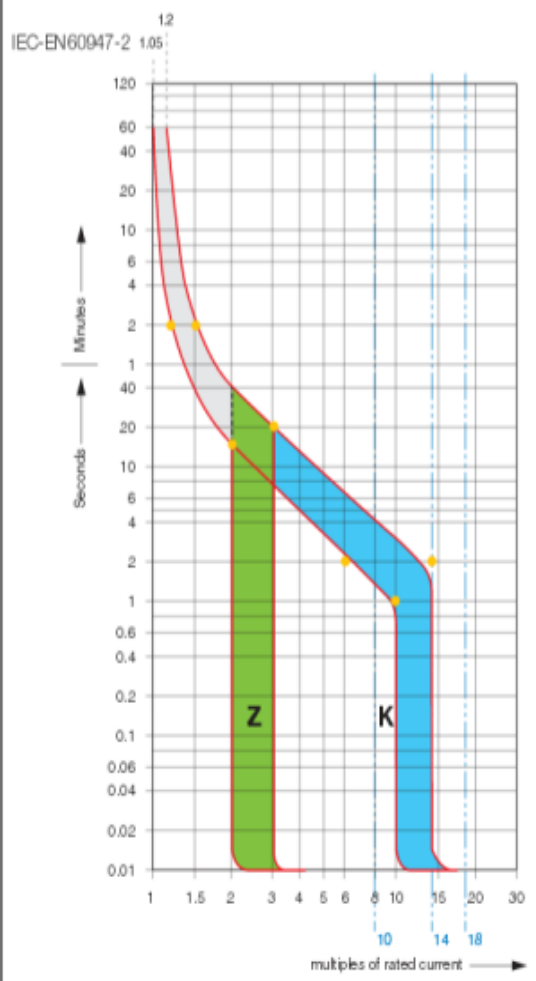
Χαρακτηριστική K: είναι κατάλληλοι για την προστασία καλωδίων και εξοπλισμού. Εξαιτίας της αργής αντίδρασης του μαγνητικού στοιχείου, επιτυγχάνεται προστασία κυκλωμάτων τροφοδοσίας κινητήρων, λαμπτήρων χαμηλής τάσης, ηλεκτρονικών μπάλαστ, κλιματιστικών, μμετασχηματιστών κ.λπ..

Χαρακτηριστική Z: είναι κατάλληλοι για την προστασία διατάξεων ημιαγωγών και κυκλωμάτων μετασχηματισμού τάσης.

Characteristics B, C, D



Characteristics K, Z



Χαρακτηριστικές λειτουργίας	Θερμικό στοιχείο		Χρόνος απόζευξης	Ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο		
	Ρεύματα δοκιμών			Ρεύματα δοκιμών		Χρόνος απόζευξης
	Ρεύμα μη ενεργοποίησης	Ρεύμα ενεργοποίησης		αντοχή μαγνητικού στοιχείου σε υπερένταση	ελάχιστο σημείο απόζευξης	
B	1.13 In		>1h	3In		> 0.1s
		1.45 In	<1h		5In	< 0.1s
C	1.13 In		>1h	5In		> 0.1s
		1.45 In	<1h		10In	< 0.1s
D	1.13 In		>1h	10In		> 0.1s
		1.45 In	<1h		14In	< 0.1s
K	1.05In		> 2h	8In		> 0.2s
		1.2In	<2h		12In	< 0.2s
Z	1.05In		> 1h			
		1.2In	<1h			
	1.05In		> 2h	2In		> 0.2s
		1.2In	<2h		3In	< 0.2s

Σχετικά με τις χαρακτηριστικές των αυτομάτων ασφαλειών έχουν υιοθετηθεί 5 βασικές κατηγορίες. Και χαρακτηρίζονται με τα γράμματα **B**, **C**, **D**, **K**, **Z**. Λογική που διέπει αυτές τις χαρακτηριστικές είναι: όσο κατευθυνόμαστε από το B προς το Z και για το ίδιο ρεύμα εκκίνησής τόσο πιο αργά διακόπτει η αντίστοιχη ασφάλεια.

Παράδειγμα: Αν για ονομαστικό ρεύμα 10 A έχουμε ρεύμα εκκίνησης 50 A δηλαδή πενταπλάσιο τότε η ασφάλεια τύπου B θα διακόψει σε χρόνους χιλιοστών του δευτερολέπτου ενώ οι ασφάλειες τύπου K ή Z θα διακόψουν σε χρόνους των μερικών λεπτών.

3.1.2 Διακοπτικά στοιχεία

- Οι διακόπτες είναι όργανα τα οποία μπορούν να ανοίγουν ή να κλείνουν ένα ή περισσότερα κυκλώματα αφού τους δοθεί μια εντολή λειτουργίας.
- Υπάρχει μεγάλη σύγχυση στη διάκριση των διακοπών αφού υπάρχουν πολλά είδη διακοπών τα οποία μπορούν και να συνδυάζονται μεταξύ τους προκειμένου να επιτευχθεί μία συγκεκριμένη εφαρμογή ή λειτουργία.
- Γενικά μπορούμε να τους διακρίνουμε σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

A) Διακόπτες ελέγχου ή εντολών: είναι κατάλληλοι για έλεγχο σε άλλα όργανα.

- Με μοχλίσκο
- Περιστροφικοί
- Με κουμπί
- Με πλωτήρα (φλοτεροδιακόπτες)

B) Διακόπτες κυκλωμάτων ισχύος: είναι κατάλληλοι για ζεύξη ή απόζευξη φορτίων.

- a) *Αποζεύκτες*: λειτουργούν υπό αμελητέα τάση ή ρεύμα
- b) *Διακόπτες φορτίου*: συνδέουν ή αποσυνδέουν φορτία σε ομαλή λειτουργία (όχι βραχυκυκλώματα) μηχανικά ή ηλεκτρομαγνητικά.
- c) *Διακόπτες ισχύος ή αυτόματοι διακόπτες*: χρησιμοποιούνται για προστασία αφού ανοίγουν ή κλείνουν κυκλώματα σε συνθήκες σφαλμάτων.
- d) *Διακόπτες εκκίνησης κινητήρων*: ειδική κατηγορία διακοπών φορτίου για εκκίνηση, σταμάτημα ή αλλαγής φοράς κινητήρων, όπου μπορεί να είναι πολλαπλάσια του ονομαστικού ρεύματος.

3.1.3 Τριφασικοί διακόπτες ισχύος

Οι τριφασικοί διακόπτες ράγας είναι απαραίτητα εξαρτήματα στους ηλεκτρικούς πίνακες για τον έλεγχο τριφασικών κυκλωμάτων. Να σημειωθεί ότι οι διακόπτες είτε μονοφασικοί είτε τριφασικοί δεν παρέχουν κανενός είδους προστασία ούτε στα φορτία – εξοπλισμό ούτε και στο προσωπικό(άνθρωπο) που τα χειρίζεται. Απλά λειτουργούν σαν μέσα διακοπής και απομόνωσης του ηλεκτρικού ρεύματος προκειμένου να επέμβουμε σε ρυθμίσεις ,επισκευές κ.λπ... Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα που δίνεται εξάλλου και από τον κατασκευαστή τους είναι ο αριθμός των διακοπών και αποκαταστάσεων που είναι τις τάξεως των χιλιάδων. Δηλαδή 10.000 διακοπές και επανασυνδέσεις.



Εικόνα 23 Διακόπτης ράγας 3P 63A 440



*Εικόνα 24 ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΡΑΓΑΣ 3*40Α ΑΕΓ*

Κεφάλαιο 4^ο

Σωλήνες, κουτιά διακλάδωσης, ρευματοδότες, κανάλια, σχάρες, κλπ

4.1. Μεγέθη σωλήνων - Τοποθέτηση αγωγών

Πίνακας 8 Πλήθος επιτρεπόμενων αγωγών μέσα σε σωλήνες προστασίας

	Πλήθος επιτρεπόμενων αγωγών (με ελαστική μόνωση) μέσα σε σωλήνες προστασίας									
	2	3	4	5:7	8:12	2	3	4	5:7	8:12
Διατομή αγωγών σε mm ²	Εσωτερική διάμετρος ορατών σωλήνων σε mm					Εσωτερική διάμετρος χωνευτών σωλήνων σε mm				
1,5	11	13,5	13,5	16	23	13,5	16	16	16	23
2,5	13,5	13,5	16			16	16	16		
4	13,5	16	16			16	23	23		
6	16	16	23			16	23	23		
10	23	23	29			23	23	29		
25	23	23	29			29	29	36		
35	29	29	36			29	36	42		

Ελάχιστες επιτρεπόμενες εσωτερικές διατομές ορατών και χωνευτών σωλήνων προστασίας σε συνδυασμό με το πλήθος και την διατομή των αγωγών που θα περάσουν μέσα από αυτούς, σύμφωνα με τους κανονισμούς του ΕΗΕ.

Από τον Πίνακα 2 βλέπουμε ότι για το ίδιο πλήθος και διατομή αγωγών έχουμε, συνήθως, μεγαλύτερη διάμετρο σε χωνευτούς σωλήνες από ό,τι έχουμε σε ορατούς. Αυτό συμβαίνει γιατί η απαγωγή θερμότητας σε χωνευτούς σωλήνες γίνεται πιο δύσκολα από ό,τι σε ορατούς.

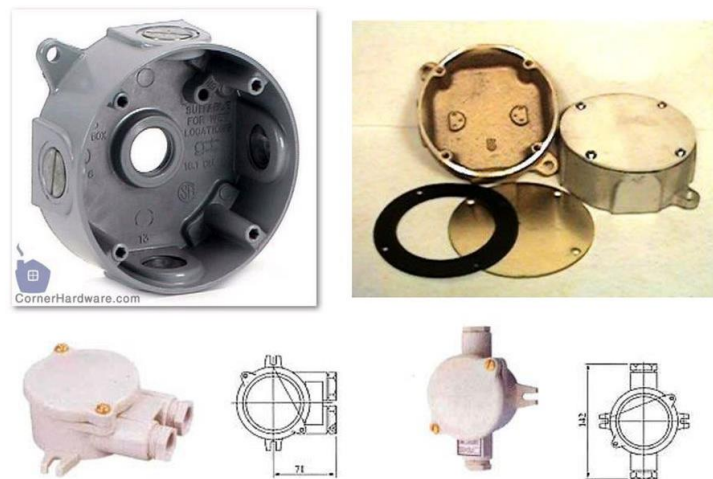
Παρατηρήσεις:

1. Η ελάχιστη επιτρεπόμενη εσωτερική διάμετρος σωλήνων προστασίας για ορατή εγκατάσταση είναι 11 mm και για χωνευτή 13,5 mm.
2. Όταν πρόκειται να εγκατασταθούν μέσα σε σωλήνες αγωγοί με διατομή μεγαλύτερη από αυτή που αναφέρεται στον Πίνακα 2 ή να εγκατασταθούν περισσότεροι αγωγοί από όσους ορίζει ο ίδιος πίνακας, τότε οι σωλήνες πρέπει να έχουν αρκετά μεγαλύτερη διάμετρο, ώστε η έλξη των αγωγών μέσα στους σωλήνες να γίνεται χωρίς να φθείρονται οι μονώσεις.
3. Για αγωγούς με θερμοπλαστική μόνωση και διατομή έως και 4 mm², μπορούν να χρησιμοποιηθούν σωλήνες με αμέσως μικρότερη διάμετρο από αυτή που ορίζει ο Πίνακας 2. Για διατομές άνω των 4 mm², πρέπει να χρησιμοποιούνται διάμετροι σωλήνων σύμφωνα με τον Πίνακα 2.

4.2 Κουτιά διακλάδωσης-διέλευσης

Οπουδήποτε απαιτείται να έχουμε διακλαδώσεις ή απλά ενώσεις αγωγών σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση, αυτές πρέπει υποχρεωτικά να γίνονται μέσα σε κατάλληλα κουτιά, που αντίστοιχα ονομάζονται κουτιά διακλάδωσης ή διέλευσης.

Κατασκευάζονται με τα ίδια πρότυπα όπως και οι σωλήνες προστασίας και η μορφή τους είναι στρογγυλή ή τετράγωνη.



Εικόνα 25 Στρογγυλά κουτιά διακλάδωσης



Εικόνα 26 Τα κουτιά διακλάδωσης – διέλευσης, οι καμπύλες, τα εξαρτήματα σύνδεσης και στήριξης σωλήνων και τα κουτιά διακοπών και ρευματοδοτών

4.3 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΠΑΡΟΧΗΣ - ΛΗΨΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Μηχανισμοί παροχής είναι:

- οι ρευματοδότες (ή κοινώς λεγόμενες πρίζες)
- οι ρευματολήπτες (ή κοινώς λεγόμενα φισ)
- οι λυχνιολαβές (ή κοινώς λεγόμενα ντουί)

Οι ρευματοδότες (ή κοινώς πρίζες) είναι μηχανισμοί που είτε τοποθετούνται σε σταθερές θέσεις μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης (μέσα στα κουτιά των ρευματοδοτών της εγκατάστασης) είτε είναι κινητοί απλοί ή πολλαπλοί, και παίρνουν παροχή από σταθερό σημείο της εγκατάστασης. Και οι δυο μορφές τους αποτελούν σημεία για την τροφοδοσία φορητών ηλεκτρικών καταναλώσεων.

Κατηγορίες και Τύποι Ρευματοδοτών

Οι ρευματοδότες (πρίζες), ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης και τις συνθήκες του χώρου, διακρίνονται σε:

- I. Χωνευτοί: Τοποθετούνται μέσα σε κουτιά, χωνευτά στον τοίχο, κυρίως σε εσωτερικές εγκαταστάσεις.
- II. Εξωτερικοί: Τοποθετούνται σε ορατές εγκαταστάσεις, όπως τοίχοι ή κανάλια επιφανείας.
- III. Στεγανοί: Κατάλληλοι για χώρους με υψηλή υγρασία ή εκτεθειμένες περιοχές (π.χ. μπάνια, εξωτερικοί χώροι).

Επιπλέον, ανάλογα με το είδος ηλεκτρικού φορτίου που πρόκειται να τροφοδοτήσουν, οι ρευματοδότες διακρίνονται σε:

- I. Μονοφασικούς ρευματοδότες – για απλές οικιακές ή μικρές επαγγελματικές χρήσεις.
- II. Τριφασικούς ρευματοδότες – για βιομηχανικές, επαγγελματικές εγκαταστάσεις.



Εικόνα 27 Είδη πριζών

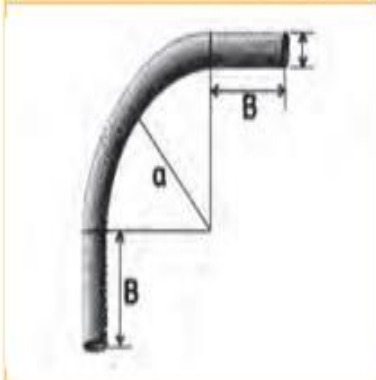
4.4 Καμπύλες

Εξαρτήματα σύνδεσης - στήριξης σωλήνων προστασίας

Τέτοια εξαρτήματα είναι:

- οι μούφες, που συνδέουν σωλήνες μεταξύ τους,
- τα ρακόρ, που συνδέουν σωλήνες με τα κουτιά διακλάδωσης,
- τα κολάρα, που στηρίζουν τους σωλήνες σε ορατές εγκαταστάσεις.



	<p>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Καμπύλες</p> <p>ΤΥΠΟΣ: Ελαφρού τύπου κατά IEC</p> <p>ΠΡ. ΕΦΑΡΜ.: IEC 1035</p> <p>ΧΡΩΜΑ: Σιέλ</p> <p>ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ: Σε χαρτοκιβώτια χρώματος σιέλ</p> <p>ΣΗΜ. ΠΟΙΟΤ.: CE</p> <p>ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ: Συναρμολογούνται με τους αντίστοιχους σωλήνες SILCOR, με τη χρήση κατάλληλων εξαρτημάτων (μούφες). Θερμοκρασίες χρήσης -15°C έως +60°C.</p>



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Καμπύλες
ΤΥΠΟΣ: Βαρέως τύπου κατά IEC
ΠΡ. ΕΦΑΡΜ.: IEC 1035
ΧΡΩΜΑ: Γκρι
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ: Σε χαρτοκιβώτια χρώματος γκρι
ΣΗΜ. ΠΟΙΟΤ.: CE
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ: Συναρμολογούνται με τους αντίστοιχους σωλήνες βαρέως τύπου CONDUR, με τη χρήση κατάλληλων εξαρτημάτων (μούφες).
 Θερμοκρασίες χρήσης από -5°C έως $+60^{\circ}\text{C}$.
 ($\varnothing 16$, $\varnothing 20$ και $\varnothing 25$) και από -15°C έως $+60^{\circ}\text{C}$ (οι λοιπές διατομές).



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Μούφες
ΤΥΠΟΣ: Ελαφρού τύπου κατά IEC
ΠΡ. ΕΦΑΡΜ.: IEC 1035
ΧΡΩΜΑ: Σιέλ
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ: Σε χαρτοκιβώτια χρώματος σιέλ
ΣΗΜ. ΠΟΙΟΤ.: CE
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ: Για συναρμολόγηση των ευθύγραμμων σωλήνων SILCOR και σωλήνων σπирάλ SIFLEX.
 Θερμοκρασίες χρήσης -15°C έως $+60^{\circ}\text{C}$ ($\varnothing 32$) και από -5°C έως $+60^{\circ}\text{C}$ (οι λοιπές διατομές).

	<p>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Ρακόρ ΤΥΠΟΣ: Βαρέως τύπου κατά IEC ΠΡ. ΕΦΑΡΜ.: IEC 1035 ΧΡΩΜΑ: Γκρι (ανοιχτό) ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ: Σε χαρτοκιβώτια χρώματος γκρι</p>
	<p>ΣΗΜ. ΠΟΙΟΤ.: CE ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ: Για τη συναρμολόγηση των σωλήνων CONDUR και CONFLEX με τα αντίστοιχα κουτιά διακλάδωσης βαρέως τύπου. Θερμοκρασίες χρήσης -15°C έως +60°C.</p>

	<p>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Κολάρα ΤΥΠΟΣ: Βαρέως τύπου κατά IEC ΠΡ. ΕΦΑΡΜ.: IEC 1035 ΧΡΩΜΑ: Γκρι (ανοιχτό) ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ: Σε χαρτοκιβώτια χρώματος γκρι</p>
	<p>ΣΗΜ. ΠΟΙΟΤ.: CE ΕΙΔ. ΧΑΡΑΚΤ.: Παράγονται σε σειρές των 2 τεμαχίων (Ø32, Ø40, Ø50), των 3 τεμαχίων (Ø25) και των 5 τεμαχίων (Ø16, Ø20). ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ: Για τη στήριξη των βαρέως τύπου ευθύγραμμων σωλήνων CONDUR και σπирάλ CONFLEX. Θερμοκρασίες χρήσης -15°C έως +60°C.</p>

4.5 Διαδικασία εγκατάστασης υλικών

Ενδεικτικά αναφέρουμε μια κοινός αποδεκτή διαδικασία Εσωτερικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης η οποία είναι η ακόλουθη:

Κατά την πρώτη φάση της κατασκευής μιας Ε.Η.Ε.,

1. γίνεται η τοποθέτηση των σωλήνων προστασίας των αγωγών, των
2. κουτιών διακλάδωσης - διέλευσης και των κουτιών των διακοπών
3. ρευματοδοτών.

Αυτή η φάση αναφέρεται ως σωλήνωση της εγκατάστασης.

Στη δεύτερη φάση, γίνεται:

1. η τοποθέτηση των αγωγών μέσα στους σωλήνες και

2. όλες οι απαραίτητες συνδέσεις στα κουτιά διακλάδωσης - διέλευσης και στους διακόπτες και ρευματοδότες.

Αυτή η φάση αναφέρεται ως συρμάτωση της εγκατάστασης

Σχόλιο: Κατά τη συρμάτωση μιας Ε.Η.Ε., πρέπει να ακολουθούνται πιστά οι χρωματισμοί του μονωτικού περιβλήματος των αγωγών, ανάλογα με τη χρήση τους ως αγωγοί φάσης, ουδέτερου και γείωσης.

Κεφάλαιο 5^ο

Ανάπτυξη συνολικής ηλεκτρολογικής εγκατάσταση

5.1 Περιγραφή Ηλεκτροδοτούμενων χώρων

Οι χώροι προς ηλεκτροδότηση αναλυτικά είναι οι εξής:

- Εννιά αίθουσες διδασκαλίας, από τις οποίες 5 βρίσκονται στο ισόγειο τμήμα της οικοδομής και οι υπόλοιπες 4 επί του πρώτου ορόφου. Οι διαστάσεις τους είναι ίδιες με οκτώ μέτρα μήκος επί πέντε μέτρα πλάτος. Αυτές αριθμούνται από 1 έως 9.
- Μία αίθουσα για τις ανάγκες των καθηγητών στην οποία διεξάγονται και οι συνελεύσεις του συλλόγου των διδασκόντων. Οι διαστάσεις είναι δέκα επί οκτώ (mm²)
- Μία αίθουσα για το γραφείο του διευθυντή- υποδιευθυντή με διαστάσεις οκτώ επί πέντε mm², με εσωτερικό διαχωριστικό για το γραφείο του διευθυντή.
- Αίθουσα εργαστηρίων με διαστάσεις είκοσι επί έξι mm²
- Αίθουσα κυλικείου με διαστάσεις έξι επί πέντε mm²
- Χώρος για τουαλέτες περί των είκοσι mm²

5.2 Κατανεμημένη ηλεκτρολογική εγκατάσταση

Με βασική αρχή την πρόληψη, προστασία και αποφυγή των ατυχημάτων του προσωπικού της εκπαίδευσης, επιλέχθηκε η εγκατάσταση να ελέγχεται τοπικά από τον κάθε ένα χώρο. Δηλαδή τοποθετούνται ΥΠΟ πίνακες σε όλους τους χώρους (αίθουσες, ... κ.λπ), ώστε να είναι δυνατόν γρήγορα και έμμεσα να διακόπτουμε με διακόπτη την τροφοδοσία στον χώρο που θα υπάρξει το σφάλμα (διαρροή- βραχυκύκλωμα-πυρκαγιά)

5.3 Ορισμοί – Σύνθεση Υποπινάκων

Κάθε ΥΠΟ πίνακας θα έχει την σήμανση ΥΠΧ του Χ Θα είναι ο χώρος που αυτός είναι τοποθετημένος. Για Χ = 1 έως 9 δηλαδή ΥΠ1, ΥΠ2, ΥΠ9 Θα είναι ΥΠΟ πίνακες των αιθουσών διδασκαλίας από 1 έως 9.

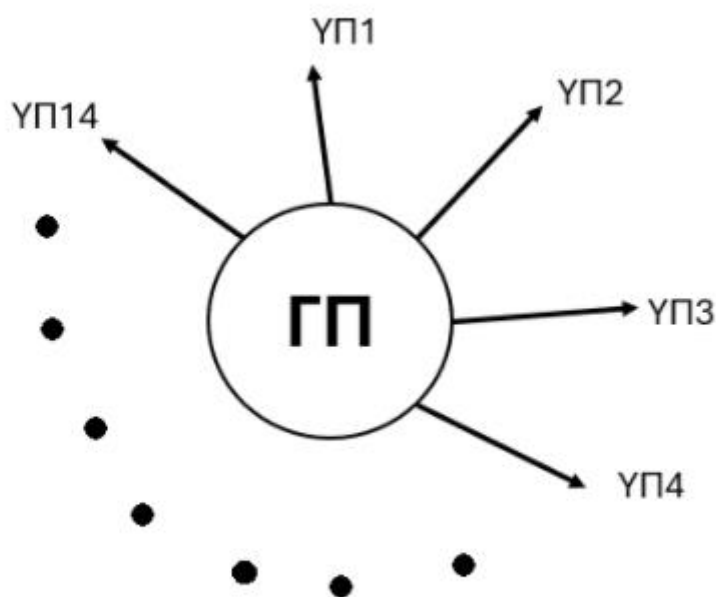
Αίθουσα (γραφεία) Καθηγητών.....	ΥΠ 10
Γραφείο Διευθυντή / Υποδιευθυντή.....	ΥΠ11
Εργαστήρια.....	ΥΠ12
Κυλικείο.....	ΥΠ13
Τουαλέτες.....	ΥΠ14

5.4 Σήμανση Γενικού Πίνακα

Ο γενικός πίνακας που αναλαμβάνει την τροφοδοσία όλων των υποπινάκων έχει την σήμανση ΓΠ (γενικός πίνακας). Αυτός τοποθετείται στο ισόγειο και όσο είναι δυνατόν στο γεωμετρικό κέντρο. Εντός κατάλληλο χώρο χωρίς περιττά αποθηκευτικά υλικά και με πρόσβαση μόνο από εξουσιοδοτημένα άτομα (διευθυντή-τεχνικό προσωπικό)

5.5 Πρώτη Σχεδιαστική Προσέγγιση της Εγκατάστασης

Θα ακολουθηθεί το σχεδιαστικό «ακτινικό» μοντέλο που στο κέντρο θα είναι ο γενικός διακόπτης (ΓΠ) και ακτινικά προς τα έξω το σύνολο των υποπινάκων ΥΠ1 έως ΥΠ14.



ΣΧΗΜΑ 1 Ακτινικό μοντέλο για την δική μας εγκατάσταση

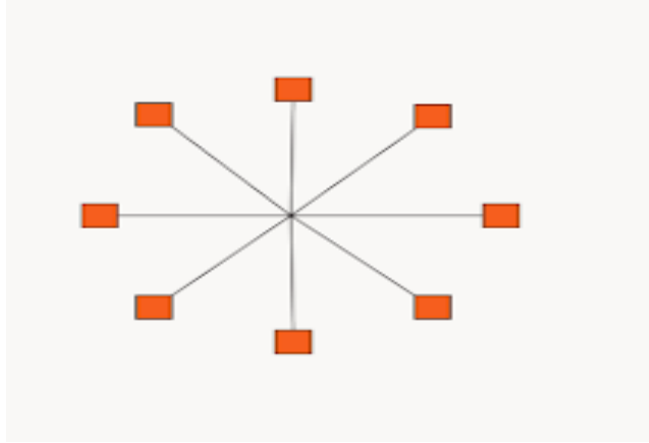
Να τονίσουμε εδώ ότι στην πραγματικότητα το μοντέλο δεν είναι ακριβώς ακτινικό οι γραμμές τροφοδοσίας των υποπινάκων κατευθύνονται αριστερά, δεξιά επί του ισογείου και προς τα πάνω για τον πρώτο όροφο.

Ακτινικό Μοντέλο Ηλεκτρολογικής Εγκατάστασης

Ορισμός ακτινικού μοντέλου εγκατάστασης

Στο ακτινικό μοντέλο, κάθε ομάδα καταναλωτών (π.χ. φωτισμός, ρευματοδότες, A/C, κουζίνα κ.λπ.) τροφοδοτείται απευθείας από τον πίνακα διανομής μέσω ξεχωριστής γραμμής (ακτίνας).

Δηλαδή, όλες οι παροχές «ξεκινούν» από τον πίνακα και απλώνονται προς τα σημεία κατανάλωσης όπως οι ακτίνες ενός κύκλου.



Εικόνα 28 Ακτινικό σύστημα διανομής. Το κεντρικό σημείο αντιπροσωπεύει την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Κάθε τετράγωνο αντιπροσωπεύει έναν μεμονωμένο μετασχηματιστή που τροφοδοτείται από το ίδιο ενιαίο τροφοδοτικό

Χαρακτηριστικά

- Ανεξαρτησία κυκλωμάτων: κάθε γραμμή είναι απομονωμένη από τις υπόλοιπες.
- Ασφάλεια: σε περίπτωση βλάβης, μόνο το αντίστοιχο κύκλωμα διακόπτεται.
- Ευκολία συντήρησης: εντοπίζονται άμεσα προβλήματα.
- Πιο οργανωμένος πίνακας: ξεκάθαρη κατανομή φορτίων.

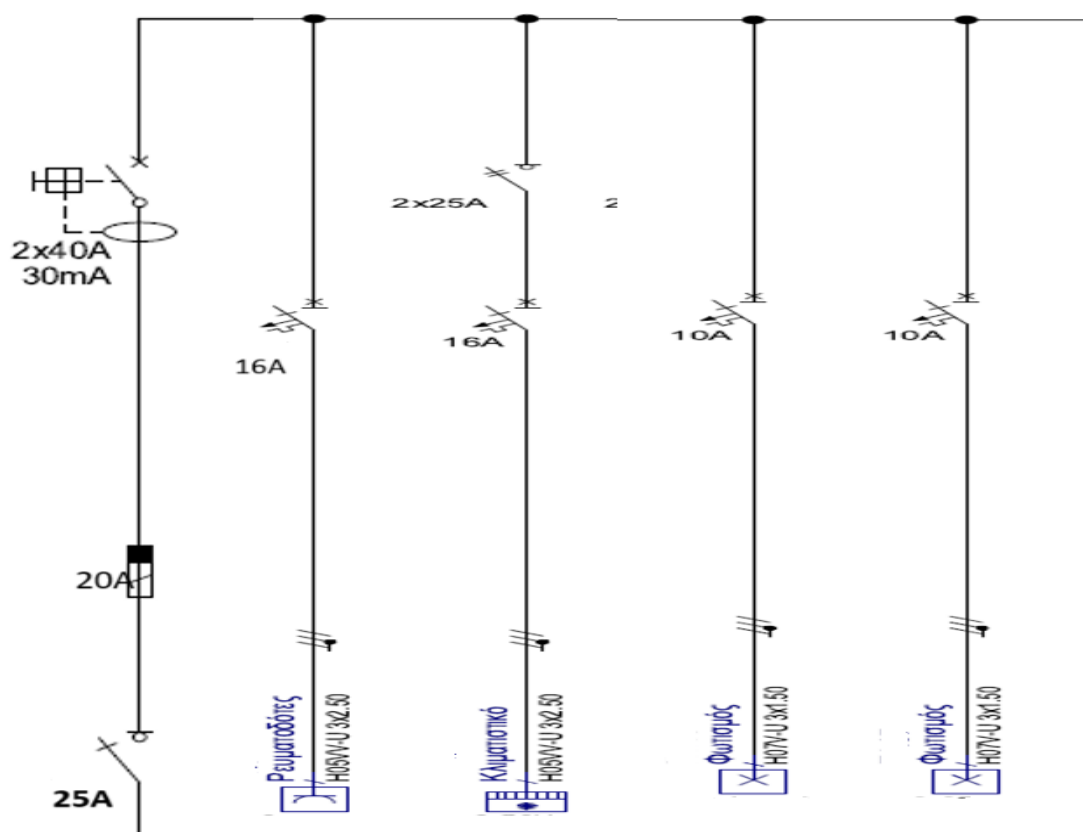
Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει διάφορες εφαρμογές όπως σε κατοικίες, γραφεία, σχολεία, μικρά καταστήματα ,κτήρια με συγκεντρωμένο ηλεκτρικό πίνακα

5.6 Περιγραφή σχεδιασμός Υποπινάκων

5.6.1 ΥΠΟ πίνακες Αιθουσών:

Κάθε ΥΠΟ πίνακας αιθουσών περιλαμβάνει

- 2 γραμμές φωτισμού διατομής $3 \times 1.5 \text{ mm}^2$ – ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 10A χαρακτηριστική B
- 1 γραμμή πριζών Σούκο διατομής $3 \times 2.5 \text{ mm}^2$ – ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 16A χαρακτηριστική B
- 1 γραμμή κλιματισμού A/C διατομής $3 \times 2.5 \text{ mm}^2$ – ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 16A χαρακτηριστική C καθώς και με διπολικό διακόπτη διατομής $2 \times 25A$
- Στην είσοδο των υποπινάκων υπάρχουν μονοπολικό διακόπτες 25A , θερμική ασφάλεια (τήξεως) 20A και διάταξη διαφορικού ρεύματος 30mA/40A.
- η εγκατεστημένη ισχύς για κάθε ΥΠΟ πίνακα εκτιμάται 1KW για φωτισμό και πρίζες και 1KW για το κλιματιστικό.



ΣΧΗΜΑ 2 Μονογραμμικό διάγραμμα του ενός εκ των 9 υποπινάκων

Άρα η συνολική ισχύς των υποπινάκων και για τις 9 αίθουσες είναι $9 * 2 \text{ KW} = 18 \text{ KW}$

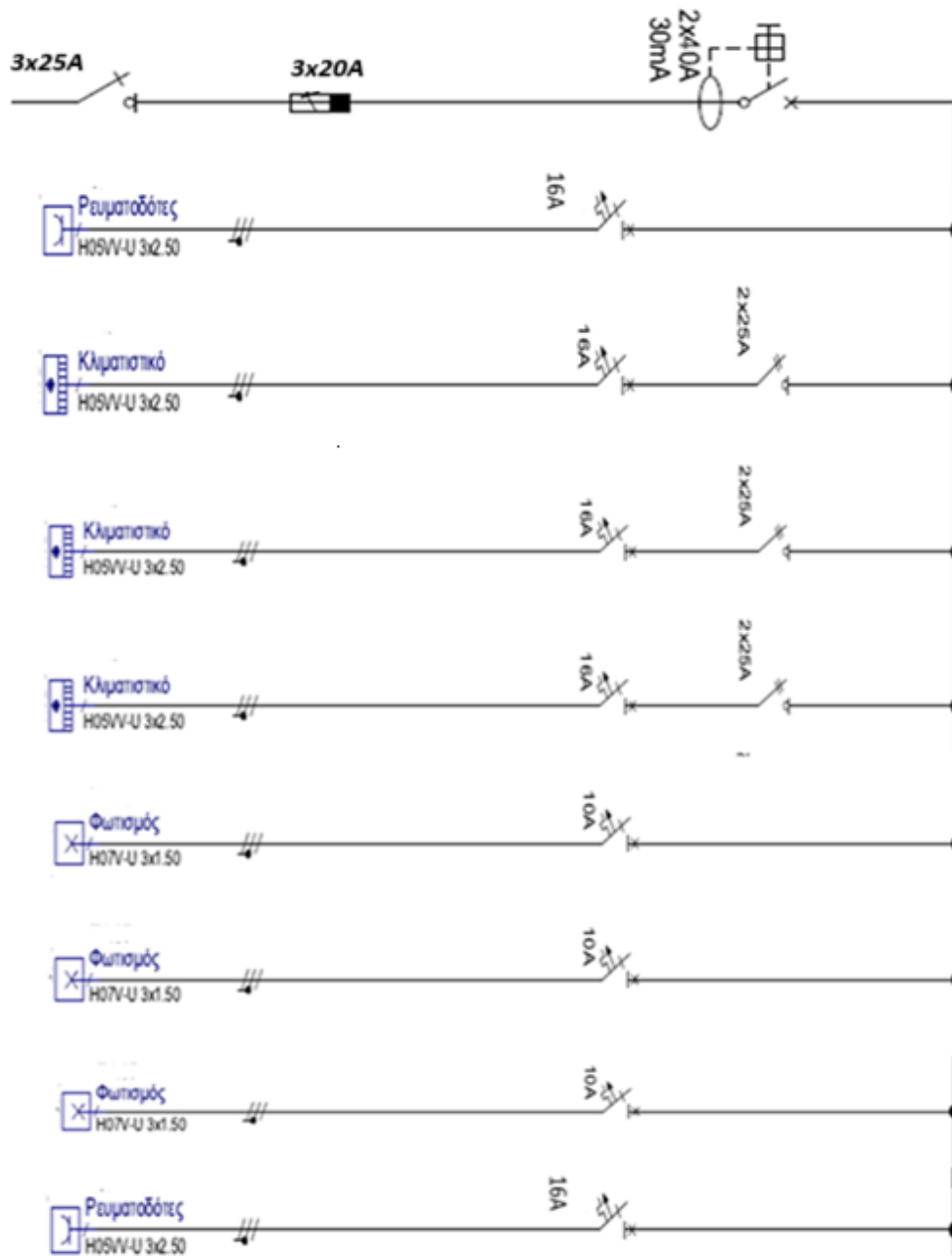
5.6.2 ΥΠΟ πίνακας Γραφείο Καθηγητών ΥΠ10

Ο ΥΠ10 θα είναι τριφασικός και περιλαμβάνει:

- 3 γραμμές φωτισμού, διατομής : $3 \times 1.5 \text{ mm}^2$,ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 10A χαρακτηριστικής B
- 2 γραμμές πριζών Σούκο , διατομής $3 \times 2.5 \text{ mm}^2$,ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 16A χαρακτηριστικής B
- 3 γραμμές κλιματισμού A/C διατομής $3 \times 2.5 \text{ mm}^2$,ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 16A χαρακτηριστικής C

Στην είσοδο του ΥΠΟ πίνακα υπάρχει τριποδικός διακόπτης 25A, θερμική ασφάλεια $3 \times 20\text{A}$ (τήξεως) καθώς και διάταξη διαφορικού ρεύματος 30mA/40A.

Η εγκατεστημένη ισχύς του ΥΠΟ πίνακα ΥΠ10 είναι 2 KW για φωτισμό και πρίζες και 3 KW για τα κλιματίστηκα. Σύνολο 5 KW.



ΣΧΗΜΑ 3 Μονογραμμικό διάγραμμα του ΥΠ10 -γραφείο καθηγητών

5.6.3 ΥΠΟ πίνακας Γραφείου διευθυντή- υποδιευθυντή ΥΠ11

Ο ΥΠ11 είναι τριφασικός και περιλαμβάνει:

- 2 γραμμές φωτισμού, διατομής : $3 \times 1.5 \text{ mm}^2$,ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 10Α χαρακτηριστικής Β
- 2 γραμμές πριζών Σούκο , διατομής $3 \times 2.5 \text{ mm}^2$,ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 16Α χαρακτηριστικής Β
- 2 γραμμές κλιματισμού A/C διατομής $3 \times 2.5 \text{ mm}^2$,ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 16Α χαρακτηριστικής C και διπολικό διακόπτη 2×25^A

Στην είσοδο του ΥΠ11 υπάρχει τριπολικός διακόπτης των 25Α, θερμικές ασφάλειες (τήξεως) $3 \times 20\text{A}$ καθώς και διάταξη διαφορικού ρεύματος 30mA και 40Α.

Η εγκατεστημένη ισχύς του ΥΠΟ πίνακα ΥΠ11 είναι 2 KW για φωτισμό και πρίζες και 2 KW που αντιστοιχεί για τα κλιματίστηκα. Σύνολο 4 KW.



ΣΧΗΜΑ 4 Μονογραμμικό διάγραμμα του ΥΠ11-Γραφείο Διευθυντή-Υποδιευθυντή

5.6.4 ΥΠΟ πίνακας Εργαστηρίων ΥΠ12

Ο ΥΠ12 είναι τριφασικός και περιλαμβάνει:

- 3 γραμμές φωτισμού, διατομής : $3 \times 1.5 \text{ mm}^2$,ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 10A χαρακτηριστικής B
- 3 γραμμές πριζών Σούκο , διατομής $3 \times 2.5 \text{ mm}^2$,ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 16A χαρακτηριστικής B
- 4 γραμμές κλιματισμού A/C διατομής $3 \times 2.5 \text{ mm}^2$,ασφαλισμένες με μικροαυτόματο 16A χαρακτηριστικής C και διπολικό διακόπτη 2x25A.

Στην είσοδο του ΥΠ12 υπάρχει τριπολικός διακόπτης των 40A, θερμικές ασφάλειες (τήξεως) 3x 25A καθώς και διάταξη διαφορικού ρεύματος 30mA και 40A.

Η εγκατεστημένη ισχύς του ΥΠΟ πίνακα ΥΠ12 είναι 3 KW για φωτισμό και πρίζες και 4 KW που αντιστοιχεί για τα κλιματίστηκα. Σύνολο 7 KW



ΣΧΗΜΑ 5 Μονογραμμικό διάγραμμα του ΥΠ12 - Εργαστηρίων

5.6.5 ΥΠΟ πίνακας κυλικείου ΥΠ13

Ο ΥΠ13 είναι μονοφασικός εγκατεστημένης ισχύος περί τα 2 KW είναι αρκετός για την κάλυψη του ελάχιστου φωτισμού καθώς και των πριζών Σούκο , για τις ανάγκες δυο μικρών ψυγείων και ωμικές συσκευές(τοστιέρες ,καφετιέρες).

Η Δομή του ΥΠΟ πίνακα ΥΠ13 είναι σαν και αυτή των αιθουσών 1 έως 9.

Εγκατεστημένη ισχύς 2 KW.

5.6.6 ΥΠΟ πίνακας για της τουαλέτες ΥΠ14

Ο ΥΠΟ πίνακας ΥΠ14 περιέχει ένα κύκλωμα φωτισμού και ένα κύκλωμα πριζών.

Εγκατεστημένη ισχύς 1 KW.

5.7 Προσδιορισμός του γενικού πίνακα ΓΠ

Από την παραπάνω ανάλυση των υποπινάκων συμπεραίνουμε ότι η συνολική ενεργός ισχύς είναι:

$$P_{ολ}=18+5+4+7+2+1=37 \text{ KW}$$

Συνολική άεργος ισχύς παραμόρφωσης.

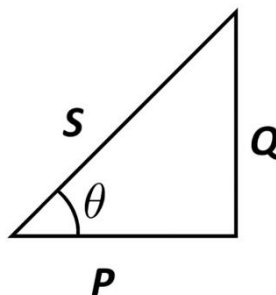
Από την ανάλυση του παραρτήματος καταλήξαμε σε $PF=0.9$ και άρα η γωνία παραμόρφωσης είναι $\theta=\cos^{-1}(0,9)=25,84^\circ$ και άρα:

$$Q=P*\tan(\theta)=37*\tan(25,84^\circ) \sim 18\text{kVAR (παραμόρφωσης)}.$$

Η φαινόμενη Ισχύς αποτελεί το τετραγωνικό άθροισμα των P και Q :

$$S=\sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S=\sqrt{37^2 + 18^2}=41,14 \text{ KVA}$$



Από τον υπολογισμό της συνολικής φαινόμενης ισχύος μπορούμε να επιλέξουμε (καταλήξουμε) για το μέγεθος της παροχής που προτείνει ο ΔΕΔΗΕ, με αξιοποίηση σχετικών πινάκων βάση των κανονισμών.

Πίνακας 9 Στοιχεία παροχών ΔΕΔΗΕ



ΠΙΝΑΚΑΣ IV

Στοιχεία μονοφασικών και τριφασικών παροχών Χ.Τ.

ΠΑΡΟΧΗ		ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ				ΜΕΤΡΗΤΗΣ	ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ		ΕΛΑΧ. ΔΙΑΤΟΜΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΙΝΑΚΑ-ΜΕΤΡΗΤΗ ΠΟΥ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΕΤΑΙ ΑΠΟ ΥΠΕΡΦΟΡΤΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ Μ/Σ
		Γενική κοιτ. εγκατάσταση	Μετρητής		Ελάχ. Ανυψ. δικτύου ΧΤ		Συγκριτικά θ.Ν. (Cu)	X - LPE		
			Ασφ.	Μικρ.						
No	kVA	A	A	A	A	A	mm ²	mm ²	mm ²	kVA
ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ										
03	8	35	35	40	63	10/40 15/60	2 x 6	-	3 x 10	50
05	12	50	63	63	80	15/60	2 x 16	-	3 x 16	50
ΤΡΙΦΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ										
1	15	25	25	25	63	3 x 10/40 3 x 10/60	4 x 6	-	5 x 6	50
2	25	35	35	40	63	3 x 10/40 3 x 10/60	4 x 6	-	5 x 10	50
3	35	50	63	63	100	3 x 20/60 3 x 10/60	4 x 16	-	5 x 16	100 (75)
4	55	80	100	-	160	3 x 50/100 3 x 20/100	4 x 25	-	3x25+16+16 ⁽⁵⁾	100
5	85	125	160	-	250	3 x 1.5/6 3x 1/6	4 x 50	3x95 Al + 35 Cu	3x50+25+25 ⁽⁵⁾	160
6	135	200	250	-	400	3 x 1.5/6 3x 1/6	Μονοπολ. 95 Cu	3x150 Al + 50 Cu	3x120+70+70 ⁽⁵⁾	250

Παρατηρήσεις

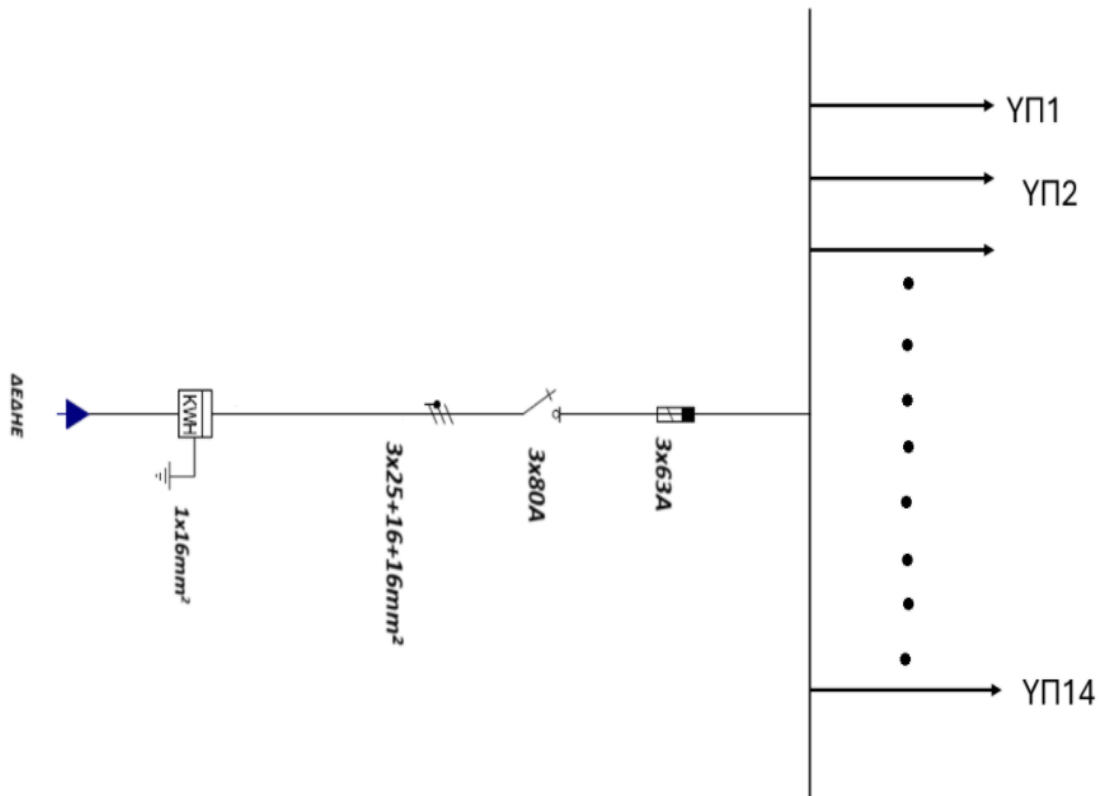
1. Για παροχές no.7 βλέπε πίνακα IV
2. Για στήλη "ελάχιστη ισχύς μ/ς", οι τιμές σε παρένθεση αφορούν μ/ς παλαιάς τυποποίησης, οι οποίοι πρέπει να χρησιμοποιούνται μέχρι την εξάντληση των αποθεμάτων τους.
3. Στη στήλη "μετρητής", η άνω τιμή αφορά μετρητές παλαιού τύπου, ενώ η κάτω τιμή μετρητές νέου τύπου. στις παροχές no.5 και 6 οι μετρητές τροφοδοτούνται μέσω μ/ς έντασης 200/5.

4. Για καταναλωτές με ένα μόνο κινητήρα ή που ο μεγαλύτερος κινητήρας τους έχει ισχύ $\geq 80\%$ της συνολικής, βλέπε παράγραφο 9.2 της παρούσας οδηγίας.
5. Οι μειωμένες διατομές ουδετέρου και γείωσης ισχύουν για αγωγούς μέσα σε σωλήνα ή καλώδια (άρθρο 19 ΚΕΗΕ).

Μελετώντας προσεκτικά τον Πίνακα 9 παρατηρούμε ότι αυτός περιλαμβάνει δύο νούμερα μονοφασικών παροχών για περιπτώσεις χαμηλής ισχύος και ακολουθούν έξι νούμερα τριφασικών παροχών τερματίζοντας στα 135kVA μέγιστης ισχύος, για την χαμηλή τάση.

Για την δική μας φαινόμενη ισχύ 41,14 KVA θα επιλέξουμε τριφασική παροχή Νο4 η οποία περιλαμβάνει:

- Μέγιστη φαινόμενη ισχύ 35 kVA
- ασφάλεια μετρητή 100A
- διατομή καλωδίου παροχής 4x25mm² ΔΕΔΗΕ
- ασφάλεια εσωτερικής εγκατάστασης 80A
- και αντίστοιχης διατομής 3x25+16+16 mm²



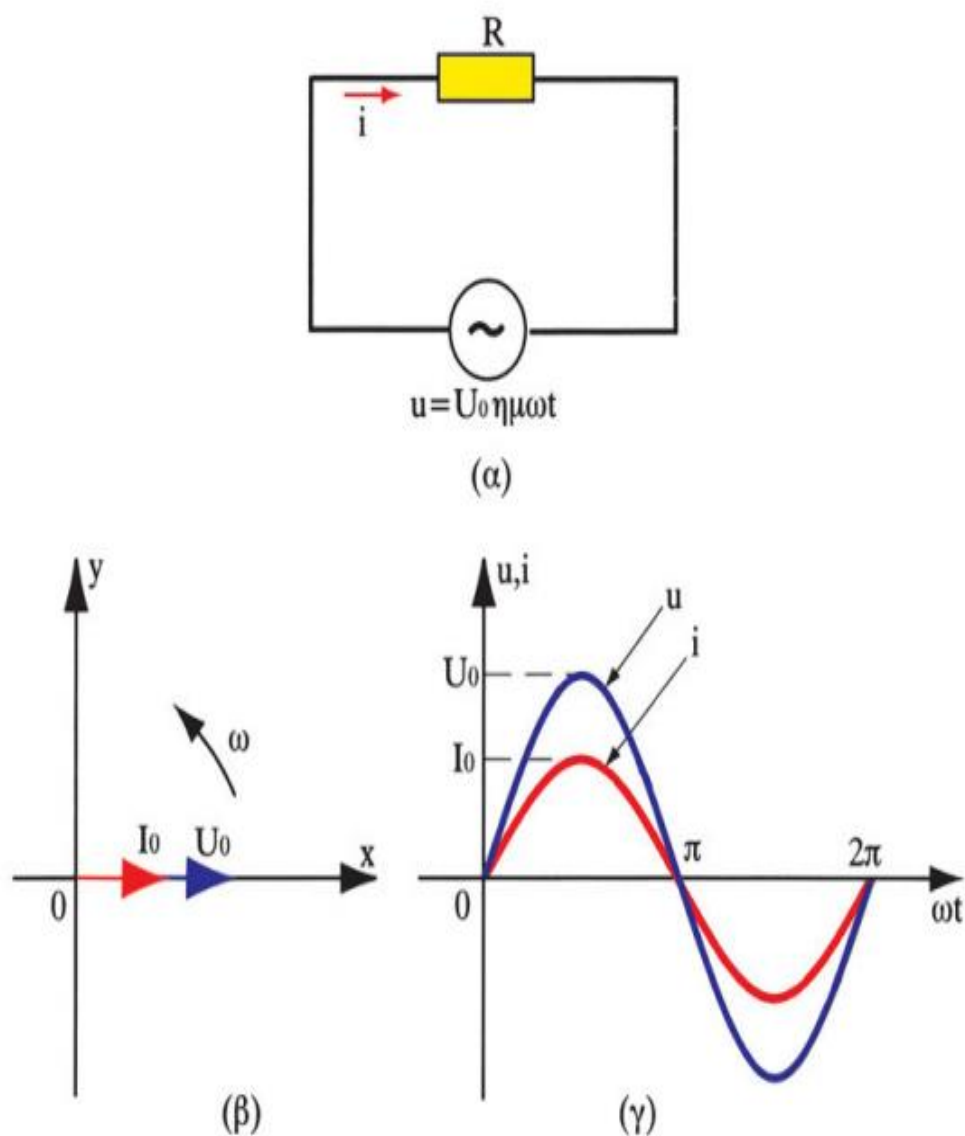
ΣΧΗΜΑ 6 Μονογραμμικό Διάγραμμα του γενικού πίνακα(ΓΠ) του σχολείου

Παράρτημα Π1

Αρμονικές συνιστώσες ρεύματος

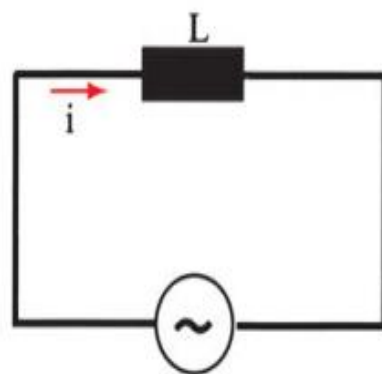
Π.1.1 Φορτία σε ημιτονική διέγερση($V=V_0*\sin(\omega t)$)

- Ωμικά φορτία(R): Τάση και ρεύμα παρουσιάζουν μηδενική διαφορά φάσης, δηλαδή εξελίσσονται ταυτόχρονα ($\varphi=0^\circ$).

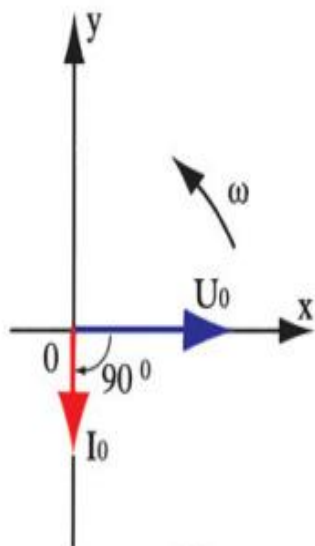


ΣΧΗΜΑ 7 Όπου (α) ηλεκτρικό κύκλωμα, (β) Διανυσματικό διάγραμμα τάσεων και ρευμάτων και (γ) κυματομορφές τάσης και ρεύματος σε φάση (φορτίο R)

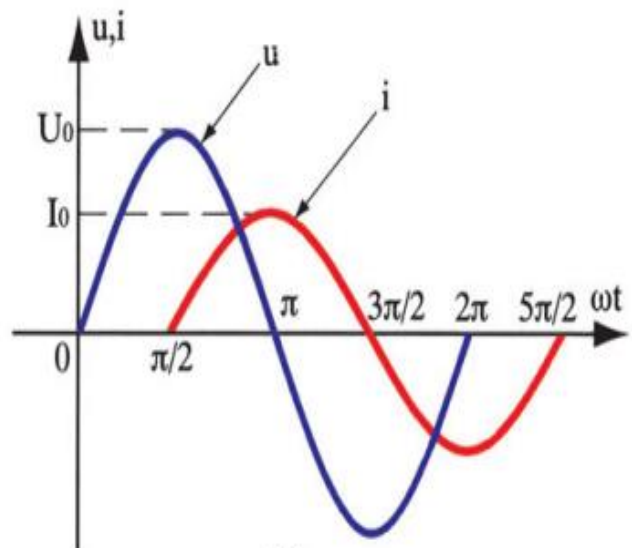
- Επαγωγικά φορτία($\omega \cdot L$): Το ρεύμα καθυστερεί τις αντίστοιχης τάσης κατά 90° ($\varphi = -90^\circ$).



$u = U_0 \sin \omega t$
(α)



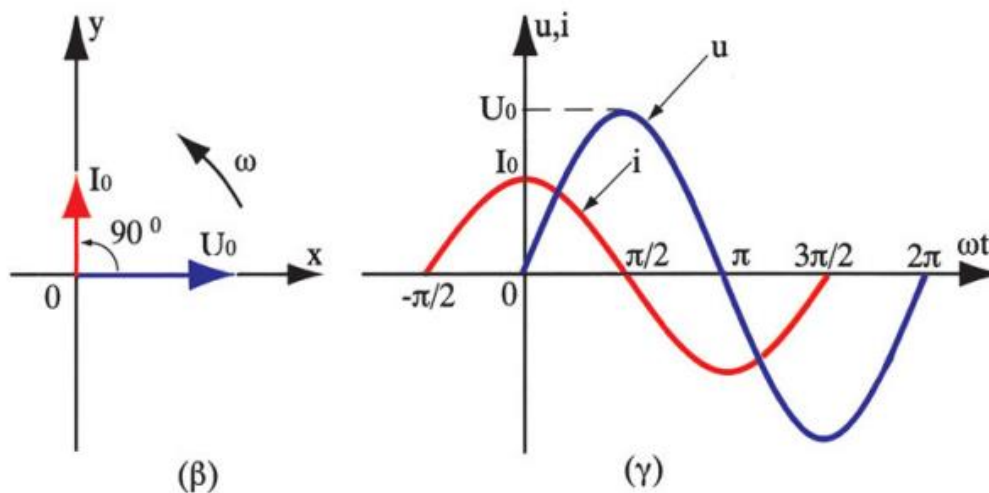
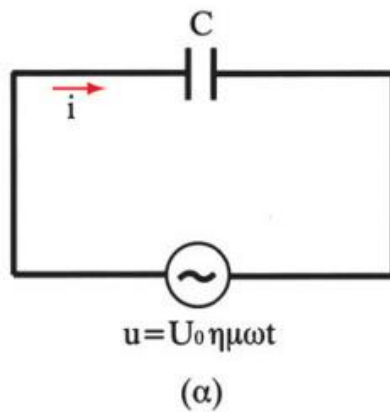
(β)



(γ)

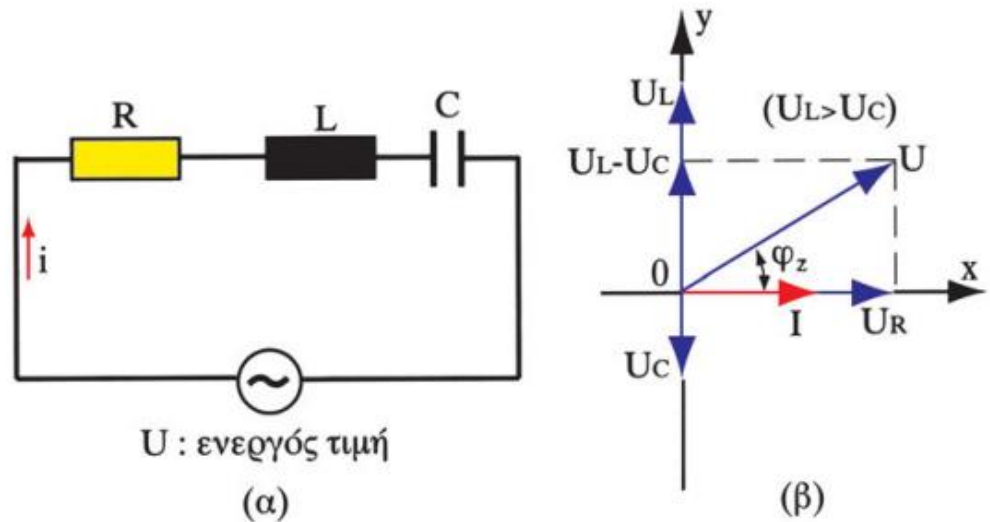
ΣΧΗΜΑ 8 Όπου (α) Ηλεκτρικό κύκλωμα (β) Διανυσματικό διάγραμμα τάσεων και ρευμάτων και (γ) κυματομορφές τάσης και ρεύματος με διαφορά φάση 90° (φορτίο L) $\varphi = -90^\circ$

- Χωρητικά φορτία ($1/\omega \cdot C$) : Το ρεύμα προηγείται της αντίστοιχης τάσης κατά 90° ($\varphi=90^\circ$) .



ΣΧΗΜΑ 9 8 Όπου (α) Ηλεκτρικό κύκλωμα (β) Διανυσματικό διάγραμμα τάσεων και ρευμάτων και (γ) κυματομορφές τάσης και ρεύματος με διαφορά φάσης 90° (φορτίο C) $\varphi=+90^\circ$

- Μικτά φορτία: Τότε το ρεύμα θα καθυστερεί ή θα προηγείται κατά γωνία φ ($-90^\circ < \varphi < 0^\circ$) για RL φορτία ή ($0^\circ < \varphi < 90^\circ$) για RC φορτία.



ΣΧΗΜΑ 10 Αντίστοιχο διάγραμμα μικτού φορτίου

Π.1.2 Συντελεστής ισχύος μετατόπισης

Το συνημίτονο της ανωτέρω γωνίας φ , ως γνωστό, ορίζει τον συντελεστή ισχύος μετατόπισης και εκφράζει την χρονική μετατόπιση (σε γωνία) τάσης και ρεύματος. Θα έχουμε λοιπόν πλην της ενεργού ισχύος ($P=V \cdot I \cdot \cos(\varphi)$) και την παρουσία άεργου ισχύος μετατόπισης ($Q=V \cdot I \cdot \sin(\varphi)$).

Σε φορτία RL η άεργος ισχύς θα ρέει από το δίκτυο προς το φορτίο και αντίστροφα για RC φορτία. Η κατάσταση αυτή βελτιώνεται (μείωση της άεργου ισχύος) με προσθήκη πυκνωτών παράλληλα στο φορτίο (περίπτωση RL) ή προσθήκη πηνίων (RC).

Π.1.3 Συντελεστής ισχύος παραμόρφωσης

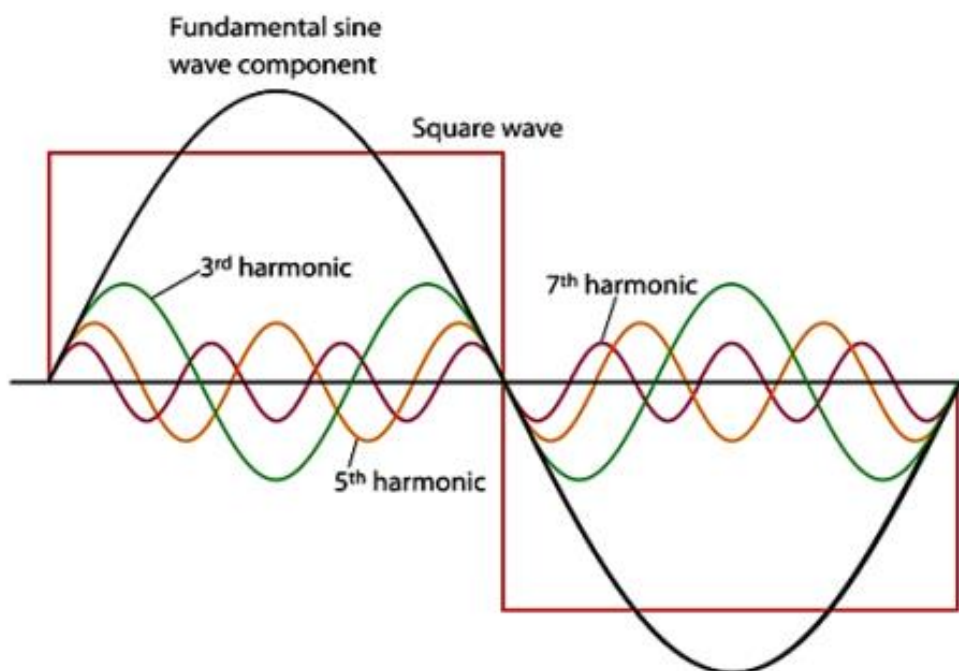
Τα φορτία της παραγράφου Π.1.1 χαρακτηρίζονται ως γραμμικά, αφού η σχέση του ρεύματος και της τάσης είναι γραμμική.

$$\mathbf{I} = \frac{1}{Z} * \mathbf{V} \quad , \text{ όπου } Z \text{ το σύνθετο φορτίο}$$

Τις τελευταίες δεκαετίες όμως το μη γραμμικά φορτία όλο και αυξάνονται τείνοντας να κυριαρχήσουν (λόγο ανάπτυξης των ηλεκτρονικών ισχύος). Τέτοια φορτία είναι:

- Ανορθωτικές δίοδοι
- Στοιχεία ελέγχου ισχύος όπως thyristor(SCR), TRIAC και κάθε είδους διακοπτικά στοιχεία(JFET, MOSFET ,JBT).

Η κατάσταση λοιπόν που επικρατεί είναι να έχουμε ρεύματα περιοδικά αλλά μη ημιτονοειδή.



ΣΧΗΜΑ 11 Πεδίο του χρόνου

Στο σύνολο των κυματομορφών του σχήματος 2 παρατηρούμε ότι ένα περιοδικό ρεύμα μη ημιτονοειδές (κόκκινη κυματομορφή) αναλύεται σε ένα πλήθος άπειρων ημιτονοειδών συνιστωσών. Η πρώτη συνιστώσα (μαύρη) έχει συχνότητα ω ίση με την συχνότητα της τετραγωνικής κυματομορφής. Η τρίτη αρμονική (πράσινη) με συχνότητα 3ω , και η πέμπτη αρμονική 5ω .

Η κατά Fourier ανάλυση τέτοιων ρευμάτων αποκαλύπτει ότι πίσω από αυτά τα ρεύματα “κρύβεται” ένα σύνολο αρμονικών ρευμάτων(συνιστωσών) με την πρώτη βασική συνιστώσα να έχει συχνότητα ίση με αυτή του δικτύου (ω) και άπειρες υπόλοιπες συνιστώσες με συχνότητες πολλαπλάσιες της βασικής.

Η ενεργός τιμή ενός τέτοιου ρεύματος τώρα είναι το τετραγωνικό άθροισμα όλων των συνιστωσών.

$$I^2 = I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots \quad (\text{Σχέση Π1})$$

Ορίζεται λοιπόν ένας νέος συντελεστής ισχύος που ονομάζεται συντελεστής ισχύος παραμόρφωσης που ορίζεται από τον λόγο I_1/I . Και οι δύο συντελεστές ισχύος ορίζουν ένα νέο που ονομάζεται Power Factor (PF) ως εξής:

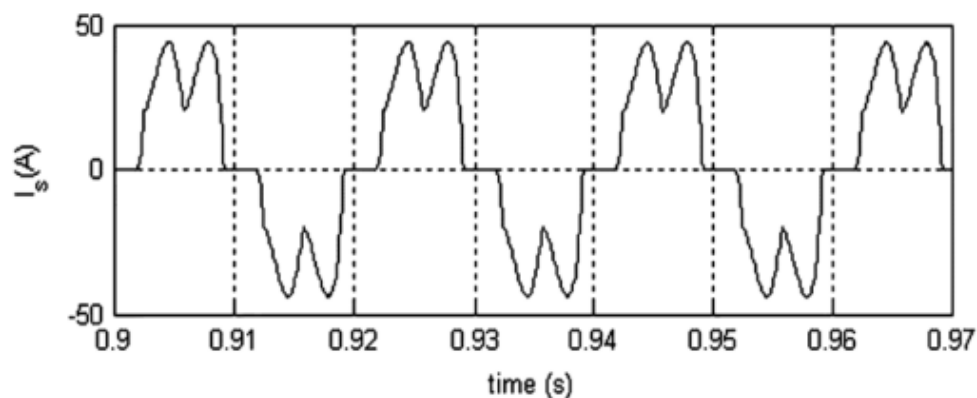
$$PF = \frac{P}{S} = \frac{V \cdot I_1 \cdot \cos \Phi_1}{V \cdot I} = \frac{I_1}{I} \cdot \cos \Phi_1 \quad (\text{Σχέση Π2})$$

Όπου $\cos(\Phi_1)$ είναι ο συντελεστής ισχύος μετατόπισης της πρώτης αρμονικής του ρεύματος I_1 με την τάση V .

Π.1.4 Επικρατέστερα φορτία σε ένα σχολείο

- a) Σχεδόν όλα τα φωτιστικά ακολουθούν αυτή της τεχνολογίας των led, για εξοικονόμηση ενέργεια. Η τεχνολογία αυτή έχει σαν δομικό στοιχείο την μη γραμμική δίοδο.
- b) Για τους ίδιους λόγους της ενεργειακής μείωσης και επι προσθέτως της ρύθμισης της ισχύος σχεδιάζονται και οι κλιματιστικές μονάδες. Αυτές είναι κατασκευασμένες με ανορθωτικές διατάξεις (δίοδοι) καθώς και με αντιστροφής (inverter) για την ρύθμιση στροφών και ισχύος στον συμπιεστή (κομπρέσορα).
- c) Πλήθος υπολογιστικών συστημάτων (H/Y) που λειτουργούν με διάφορες DC τάσεις που προέρχονται από τροφοδοτικά-παλμοτροφοδοτικά (switching).

Στις παραπάνω περιπτώσεις τα αντλούμενα ρεύματα είναι περιοδικά μη ημιτονοειδή (παλμικά), αυξάνοντας έτσι το συνολικό ρεύμα I (δες σχέση Π1) μειώνοντας ακόμα περισσότερο τον συνολικό συντελεστή ισχύος PF (δες σχέση Π2).



ΣΧΗΜΑ 12 Μη ημτονοειδές AC ρεύμα 50 Hz (φορτίο VFD)

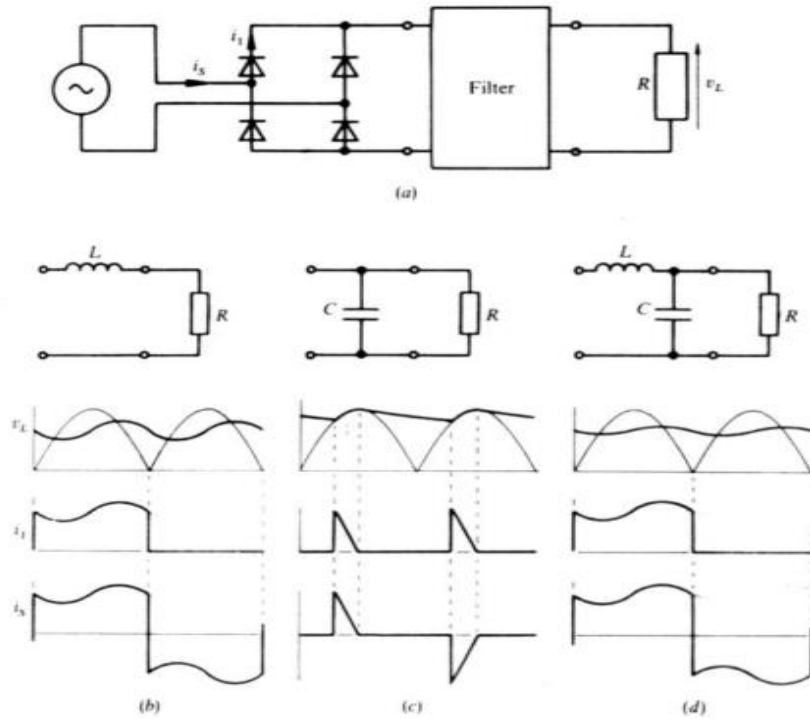
Στο σχήμα 3 παρατηρούμε ένα περιοδικό ρεύμα με περίοδο 20 msec (50Hz) όπου εμφανίζει τοπικά μέγιστα και ελάχιστα σε χρόνους πολλαπλάσιους το $T/8$ (T =Περίοδος)

Να παρατηρήσουμε εδώ ότι σε ένα σχολικό κτίριο δεν υπάρχουν επαγωγικοί κινητήρες και άρα ο συντελεστής ισχύος μετατόπισης είναι περίπου κοντά στην μονάδα και η σχέση Π2 γίνεται:

$$PF = \frac{I_1}{I} * 1 \quad (\text{Σχέση Π3})$$

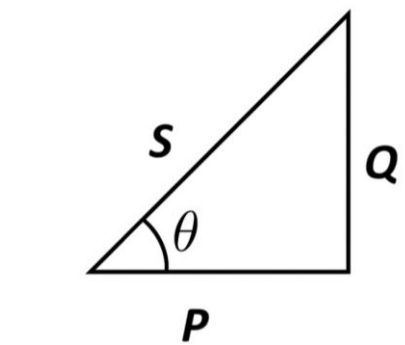
Έχουμε λοιπόν στην εγκατάσταση μας την εμφάνιση μιας νέας άεργου ισχύος που ονομάζεται άεργος ισχύς παραμόρφωσης.

Σκοπός αυτή η ισχύς να γίνει η μικρότερη δυνατή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με κατάλληλα φίλτρα απομακρύνοντας από την σχέση Π1 όσες περισσότερες αρμονικές μπορούμε. Έτσι λοιπόν η τιμή της συνιστώσα I_1 θα πλησιάζει την τιμή του συνολικού ρεύματος I .



ΣΧΗΜΑ 13 Φιλτράρισμα εξόδου ανορθωτή δυο παλμών (α) Κύκλωμα μονοφασικής γέφυρας (β) πηνίο φίλτρο (γ) πυκνωτής φίλτρο (δ) πηνίο-πυκνωτής φίλτρο

Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι έχουν φροντίσει οι κατασκευαστές (Α/Σ , Η/Υ, τροφοδοτικών) να έχουν ένα μέσο $PF=0.9$ δηλαδή το 90% των ανωτέρων αρμονικών να απορριφθεί , τότε η γωνία παραμόρφωσης θα είναι ίσον $\theta=\cos^{-1}(0,9)=25,84^\circ$



Με βάση τα ανώτερο έγινε ο προσδιορισμός του γενικού πίνακα στο τέλος του 5^ο κεφαλαίου παράγραφος 5.7.

Βιβλιογραφία

1. Cicero. (55 π.Χ.). De Oratore. Εκδόσεις Oxford.
2. El-Hawary, M. E. (1995). Electrical power systems: Design and analysis. IEEE Press.
3. Gönen, T. (2009). Electric power transmission system engineering: Analysis and design (2nd ed.). CRC Press.
4. Pliny the Younger. (97–109 μ.Χ.). Letters. Εκδόσεις Loeb Classical Library.
5. Quintilian. (περ. 95 μ.Χ.). Institutio Oratoria. Harvard University Press.
6. Saadat, H. (2011). Power system analysis (3rd ed.). PSA Publishing LLC.
7. Seneca. (63–65 μ.Χ.). Epistulae Morales ad Lucilium. Εκδόσεις Penguin.
8. Όμηρος. (περ. 750 π.Χ.). Οδύσσεια. Εκδόσεις Ζήτρος.
9. Όμηρος. (περ. 762 π.Χ.). Ιλιάδα. Εκδόσεις Ζήτρος.
10. Αριστοτέλης. (περ. 350 π.Χ.). Πολιτικά. Εκδόσεις Κάκτος.
11. Βικιπαίδεια. (χ.χ.). Εκπαίδευση των Ελλήνων στην Οθωμανική Αυτοκρατορία. <https://el.wikipedia.org>
12. Βικιπαίδεια. (χ.χ.). Κρυφό Σχολειό. <https://el.wikipedia.org>
13. ΔΕΗ. (χ.χ.). Πίνακας IV: Στοιχεία μονοφασικών και τριφασικών παροχών Χ.Τ. https://www.manolas.gr/tables/pdf/dei_p1_4.pdf
14. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. (χ.χ.). Η Εκπαίδευση στην Τουρκοκρατία. Ανοικτά Μαθήματα ΕΚΠΑ.
15. Ελληνική Στατιστική Αρχή. (χ.χ.). Εκπαίδευση στην Ελλάδα. <https://www.statistics.gr>
16. Επιγραφές και αρχαιολογικά ευρήματα. (χ.χ.). Στοιχεία για τη ρωμαϊκή εκπαίδευση.
17. Επιγραφές και αρχαιολογικά ευρήματα. (χ.χ.). Στοιχεία για την αρχαία ελληνική εκπαίδευση.
18. Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (χ.χ.). Εκπαίδευση & Κατάρτιση. <https://education.ec.europa.eu/>
19. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως. (χ.χ.). Νόμοι και διατάγματα για την εκπαίδευση. <https://www.et.gr>
20. Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής. (2020). Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις Β' ΕΠΑ.Λ – Βιβλίο μαθητή (Έκδοση για τα ΕΠΑ.Λ.). Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων. <https://www.minedu.gov.gr>
21. Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής. (χ.χ.). Εκπαιδευτικές πολιτικές στην Ελλάδα. <https://www.iep.edu.gr>
22. Ξενοφών. (4ος αι. π.Χ.). Λακεδαιμονίων Πολιτεία. Εκδόσεις Κάκτος.
23. Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου. (χ.χ.). Αρμονικές. <https://eclass.uop.gr/modules/document/file.php/1400/APMONIKEΣ.pdf>
24. Πλάτων. (περ. 380–360 π.Χ.). Πολιτεία· Νόμοι. Εκδόσεις Κάκτος.
25. Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων. (χ.χ.). Εκπαιδευτικό σύστημα στην Ελλάδα. <https://www.minedu.gov.gr>