



Μελέτη και σχεδίαση μονοφασικού ηλεκτρικού πίνακα οικίας (2 διδακτικές ώρες)

Χρήστος Σανδαλίδης¹ – Νίκος Σανδαλίδης²

⁽¹⁾ Μ-Η Μηχανικός, εκπαιδευτικός ΤΕΕ

⁽²⁾ Αναλυτής-Προγραμματιστής

1. Περιγραφή του διδακτικού προβλήματος

Στόχος είναι η μελέτη και ταυτόχρονη αυτόματη σχεδίαση του μονογραμμικού διαγράμματος ενός μονοφασικού ηλεκτρικού πίνακα που αποτελεί μια από τις βασικές δεξιότητες ενός ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη.

2. Περιγραφή του πλαισίου

2.1 Εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές

- Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις (ΕΗΕ) και Ηλεκτρολογικό σχέδιο στην Α΄ και Β΄ Τάξη, 1ου Κύκλου
- Ηλεκτρικές Μηχανές στην Β΄ Τάξη 1ου Κύκλου
- Αυτοματισμοί στην Α΄ και Β΄ Τάξη 1ου Κύκλου, Α΄ Τάξη 2ου Κύκλου

2.2 Συμβατότητα με το αναλυτικό πρόγραμμα

Το μάθημα των ΕΗΕ διδάσκεται σε συνδυασμό με το Ηλεκτρολογικό σχέδιο. Έτσι ο μαθητής του ηλεκτρολογικού τομέα, συνδυάζει από την πρώτη τάξη το μάθημα των ΕΗΕ με το μπλοκ σχεδίασης και την ανάγκη ανάπτυξης των δεξιοτήτων του στη σχεδίαση βασικών συμβόλων και στην εισαγωγή τους στην αρχιτεκτονική κάτοψη.

Στο μάθημα ΕΗΕ της Β΄ Τάξης ο μαθητής γνωρίζει τα ηλεκτρολογικά υλικά προστασίας και ελέγχου και μαθαίνει τα υλικά που υπάρχουν σε ένα ηλεκτρικό πίνακα οικίας ή βιομηχανικό. Στο μάθημα Εφαρμογές Η/Υ της Β΄ Τάξης ο μαθητής μαθαίνει να σχεδιάζει με την βοήθεια του Η/Υ χρησιμοποιώντας το πακέτο AutoCAD.

Στο βιβλίο Εφαρμογές Η/Υ της Β΄ Τάξης υπάρχει το παράδειγμα της σχεδίασης του μονογραμμικού διαγράμματος ενός ηλεκτρικού πίνακα οικίας.

2.3 Απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή

Η/Υ που τρέχει τα Windows 95/98/2000/XP. Από λογισμικό απαιτείται ένα εξειδικευμένο λογισμικό που ασχολείται με την μελέτη-σχεδίαση ηλεκτρικών πινάκων. Σαν τέτοιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ελληνικό πακέτο PanelCAD (www.ti-soft.gr) της εταιρίας Ti-Soft.

3. Παρουσίαση των ΤΠΕ

Το λογισμικό PanelCAD είναι ένα εξειδικευμένο λογισμικό που χρησιμοποιείται από τα Ελληνικά τεχνικά γραφεία για τη μελέτη – σχεδίαση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων σε κτίρια οικιών, γραφείων, βιομηχανιών,

σταθμών παραγωγής κ.α. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει πολλά modules όπως είναι η δημιουργία της ηλεκτρικής διανομής, υπολογισμός καλωδίων, υπολογισμός βραχυκυκλώματος κ.λπ. Στη δική μας περίπτωση, χρησιμοποιήθηκε το κομμάτι του πακέτου που αναφέρεται στην σχεδίαση των μονογραμμικών διαγραμμάτων

Βασικό χαρακτηριστικό του PanelCAD είναι ότι συνδυάζει τους θεωρητικούς υπολογισμούς με την αυτόματη παραγωγή των μονογραμμικών διαγραμμάτων (single line diagrams) που αποτελούν τα βασικότερα σχέδια τόσο στο στάδιο της κατασκευής αλλά και κατόπιν στη συντήρηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

4. Παρουσίαση και σχολιασμός της διδασκαλίας

4.1 Εισαγωγικά (χρόνος 10')

Παρουσιάζεται κατ'αρχάς η βασική αρχή σχεδίασης, γίνεται αναφορά στον παλιό τρόπο σχεδίασης δηλ. η άφιξη σχεδιάζεται από πάνω ενώ οι αναχωρήσεις κάτω από τις μπάρες. Γίνεται σύγκριση με τον νέο τρόπο σχεδίασης (πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα). Κάνουμε αναφορά στα ηλεκτρολογικά σύμβολα τα οποία αποτελούν καθοριστικό παράγοντα στην ανάγνωση αλλά και στην δημιουργία ενός ηλεκτρολογικού σχεδίου.

4.2 Αναφορά στην επίλυση του προβλήματος με την βοήθεια ενός απλού σχεδιαστικού προγράμματος π.χ. AutoCAD (χρόνος 20')

Με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος σχεδιάζουμε το μονογραμμικό διάγραμμα του ηλεκτρικού πίνακα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί η σειρά των βημάτων που υπάρχει στο βιβλίο Β' τεύχος του διδακτικού βιβλίου Εφαρμογές Η/Υ του Ηλεκτρολογικού Τομέα.

Σε ένα καθαρά σχεδιαστικό πακέτο οι βασικές σχεδιαστικές οντότητες είναι τα γεωμετρικά σχήματα δηλ. γραμμή, κύκλος, τόξο και έλλειψη.

Η τεχνική που ακολουθείται είναι η δημιουργία ανεξάρτητων μπλοκ με τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται στην δημιουργία του ηλεκτρολογικού σχεδίου π.χ. διακόπτης, ασφάλεια κ.λπ.

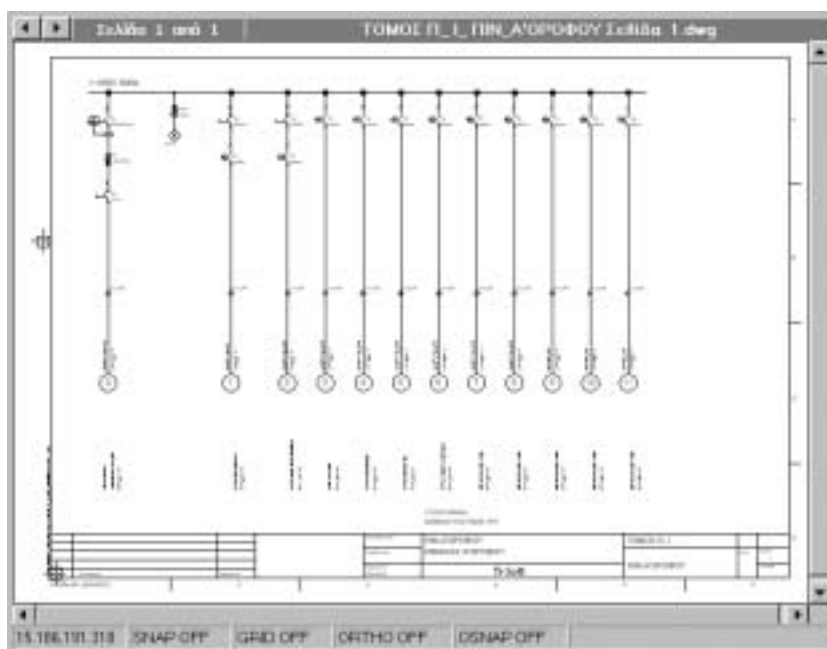
Έτσι η σχεδίαση απλοποιείται εισάγοντας εύκολα και γρήγορα τα προκατασκευασμένα μπλοκ που σχηματίζουν την άφιξη αλλά και τις γραμμές του ηλεκτρικού πίνακα.

Αυτό που πρέπει να κατανοήσει ο επιμορφούμενος είναι ότι η ηλεκτρονική σχεδίαση με την βοήθεια του σχεδιαστικού πακέτου, πρακτικά αντικαθιστά το μολύβι-γόμα αλλά σταματά εκεί.

Επίσης θα πρέπει να τονιστεί ότι τόσο τα υλικά του ηλεκτρικού πίνακα όσο και τα καλώδια πρέπει κατ'αρχάς να υπολογίζονται και κατόπιν να σχεδιάζονται.

Η πιστή τήρηση των κανόνων παραγωγής του ηλεκτρικού σχεδίου είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του ηλεκτρολογικού σχεδίου και μάλιστα όταν υπάρχουν διεθνείς οργανισμοί (ISO) που έχουν τυποποιήσει τα ηλεκτρολογικά σύμβολα, το μέγεθος του χαρτιού (A3 = 420x297 για όλη την Ευρώπη) αλλά και γενικότερα τον τρόπο παραγωγής του.

Δηλαδή οι δυνατότητες του σχεδιαστικού πακέτου είναι από την φύση του περιορισμένες και συνεπώς κανείς αισθάνεται την ανάγκη να ξεπεράσει τα προβλήματα αυτά με τη χρήση ενός εξειδικευμένου λογισμικού.

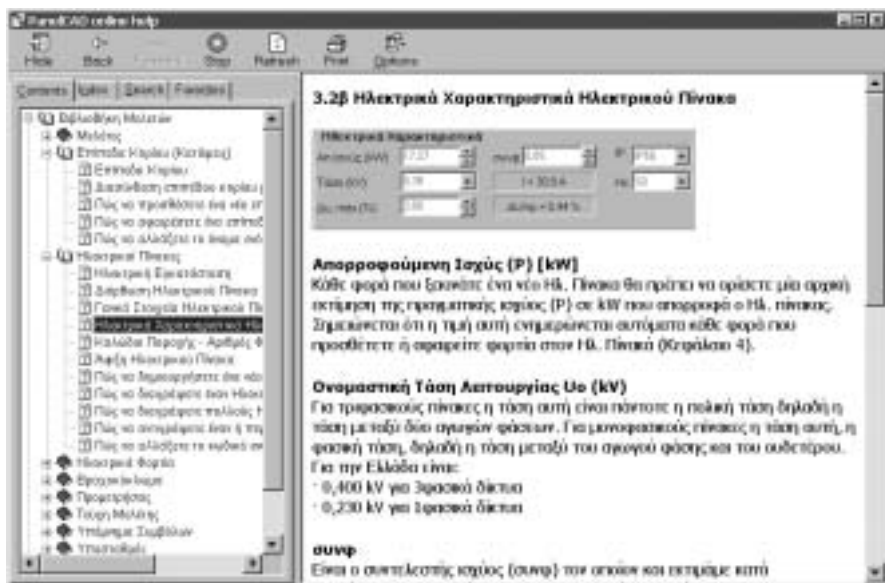


Εικόνα 1. Το μονογραμμικό διάγραμμα ενός ηλεκτρικού πίνακα σε χαρτί A3

4.3 Επίλυση του προβλήματος με το πακέτο PanelCAD (χρόνος 90')

Κατ' αρχάς γίνεται μια σύντομη εισαγωγή στο ελληνικό πακέτο PanelCAD. Το πρόγραμμα συνοδεύεται από αναλυτικό εγχειρίδιο χρήστη στα Ελληνικά.

Επίσης διαθέτει πολύ καλή On-line βοήθεια σε μορφή HTML (Εικόνα 2) και συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους επιμορφούμενους χωρίς την ανάγκη έντυπου υλικού.



Εικόνα 2. Η On-Line βοήθεια του προγράμματος PanelCAD

4.4 Εισαγωγή των φορτίων με την βοήθεια λογιστικού φύλλου παρομίου του EXCEL

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, το πρόγραμμα χρησιμοποιεί ένα λογιστικό φύλλο παρόμοιο με το EXCEL στο οποίο εισάγουμε τα φορτία του σπιτιού. Για κάθε φορτίο εισάγουμε:

- το όνομα π.χ. *Γραμμή φωτισμού*
- Την ισχύ σε kW και
- το μήκος της γραμμής σε m.

Κάθε φορτίο χαρακτηρίζεται από τον αριθμό φάσεων δηλ.

- 1φασικό
- 3φασικό
- και την κατηγορία του δηλ.
- Φωτισμός
- Ρευματοδότες-Συσκευές
- Μοτέρ

Οι στήλες του λογιστικού φύλλου έχουν τρία χρώματα

- κόκκινες είναι οι στήλες που θα πρέπει να εισάγουμε στοιχεία π.χ. η ισχύς του φορτίου
- μπλε είναι οι στήλες που περιέχουν στοιχεία που προκύπτουν π.χ. το ρεύμα της γραμμής

- ροζ είναι οι στήλες που περιέχουν τιμές που δίνει αυτόματα το πρόγραμμα αλλά μας επιτρέπει να τα διορθώσουμε.

Ηλεκτρικά Φορτία (Π)					Γραμμές				
#	Ισχύς P [kW]	Μήκος L [m]	Όνομα	Θύση	Σημείο	Καλώδιο	Πλάτος I [A]	Δι. γραμ. [%]	Δι. πλάτ. [%]
1	6,00	10,00	Αντλία Πυλ. Εξωτερ. Διαλ.	1	●	αλβίνα 1x6 mm ²	26,1	0,54	1,00
2	4,00	10,00	Αντλία Πυλ. Εξωτερ. Διαλ.	1	●	αλβίνα 1x2,5 mm ²	17,4	0,80	1,00
3	1,50	15,00	Αλβίνα ΠΥ Εξωτ	1	●	αλβίνα 1x2,5 mm ²	7,7	0,85	1,00
4	0,60	15,00	Ερμηνευτική Προστασία	1	●	αλβίνα 1x2,5 mm ²	18,8	3,25	2,00
5	0,15	15,00	Ερμηνευτική Προστασία	1	●	αλβίνα 1x2,5 mm ²	14,1	5,15	2,00
6	1,00	15,00	Αντλία Πυλ. Εξωτερ. Διαλ.	1	●	αλβίνα 1x2,5 mm ²	4,9	0,40	1,00
7	0,50	15,00	Φωτισμός Διαμετρήσι	1	✓	αλβίνα 1x1,5 mm ²	2,2	0,34	1,00
8	0,50	15,00	Φωτισμός Διαμετρήσι	1	✓	αλβίνα 1x1,5 mm ²	2,2	0,34	1,00
9	0,50	15,00	Φωτισμός Διαμετρήσι	1	✓	αλβίνα 1x1,5 mm ²	2,2	0,34	1,00
10	0,50	15,00	Φωτισμός Διαμετρήσι	1	✓	αλβίνα 1x1,5 mm ²	2,2	0,34	1,00
11	0,50	15,00	Φωτισμός Διαμετρήσι	1	✓	αλβίνα 1x1,5 mm ²	2,2	0,34	1,00

Εικόνα 3. Λογιστικό φύλλο με τα φορτία του Ηλεκτρικού Πίνακα

Στο κάτω μέρος του λογιστικού φύλλου επαναλαμβάνονται τα τρία βασικά χαρακτηριστικά του φορτίου δηλ. ισχύς, μήκος, επιτρεπόμενη πτώση τάσης έτσι ώστε μπορούμε να τα αλλάξουμε εύκολα και να παρακολουθούμε τις αλλαγές π.χ. στο ρεύμα, καλώδιο, υλικά αναχώρησης. Για παράδειγμα (Εικόνα 3) βλέπουμε ότι η Γραμμή 1, έχει ισχύ 6 kW, μήκος 10 m και $Du_{max} = 1\%$. Το καλώδιο που προκύπτει είναι 3x6 mm². Αν κάτι αλλάξει, π.χ. το μήκος του καλωδίου γίνει 15 m, ποιο θα είναι το νέο καλώδιο. Η απάντηση μας δίνεται αυτόματα

4.5 Απορροφούμενη ισχύς

Η έννοια της εγκατεστημένης και απορροφούμενης ισχύος πολύ συχνά συγχέεται από τους μαθητές. Εστιάζοντας σε μια τυπική ηλεκτρική εγκατάσταση όπως είναι η Ε.Η.Ε. του σπιτιού μας μπορούμε ευκολότερα να περάσουμε τις έννοιες αυτές.

Στην Εικόνα 3 βλέπουμε ότι το πρόγραμμα αυτόματα έχει ταξινομήσει τα φορτία του σπιτιού σε τρεις κατηγορίες. Για κάθε κατηγορία μπορούμε να ορίσουμε τον συντελεστή ταυτοχρονισμού που είναι ένας αριθμός ≤ 1 .

Ο συντελεστής αυτός πολλαπλασιάζεται με την εγκαταστημένη ισχύ και προκύπτει η απορροφούμενη ισχύς.

Ετσι ενώ η εγκαταστημένη ισχύς όλων των συσκευών είναι 15,00 kW η απορροφούμενη ισχύς προκύπτει μόνο 8,00 kW θ $I = 8000/230 = 35\text{A}$ και συνεπώς το καλώδιο είναι $3 \times 10\text{mm}^2$.

Σημειώνουμε ότι τόσο το παροχικό καλώδιο όσο και τα υλικά της άφιξης υπολογίζονται με βάση την απορροφούμενη ισχύ. Αν αντίθετα χρησιμοποιούσαμε την εγκατεστημένη ισχύ των 15kW, το ρεύμα θα ήταν $I = 15000/230 = 65\text{A}$ ενώ ξέρουμε ότι η ασφάλεια στον πίνακα είναι 35A.

Αρ. φορτίων	Εγκ. Ισχύς	x	Ταυτόchr.	Απορ. Ισχύς
Φωτισμός	5	2,50 kW	x 0,90	2,25 kW
Ρευματοδότες	6	18,25 kW	x 0,50	9,13 kW
Υποπίνακες	0	0,00 kW	x 1,00	0,00 kW
Κινητήρες	0	0,00 kW	x 1,00	0,00 kW

συνφ = 0,98

Απορροφούμενη ισχύς = 11,39 kW

Ποσοστό εφεδρείας = 0,10

Συνολική Απορροφούμενη ισχύς = 12,51 kW

Καλώδιο παροχής - Άφιξη

3x(NYA 1X16 mm)

Καλώδιο παροχής: Πρόγραμμα

Υλικά άφιξης: Πρόγραμμα

Τύπος και όδευση καλωδίου

Υλικά άφιξης

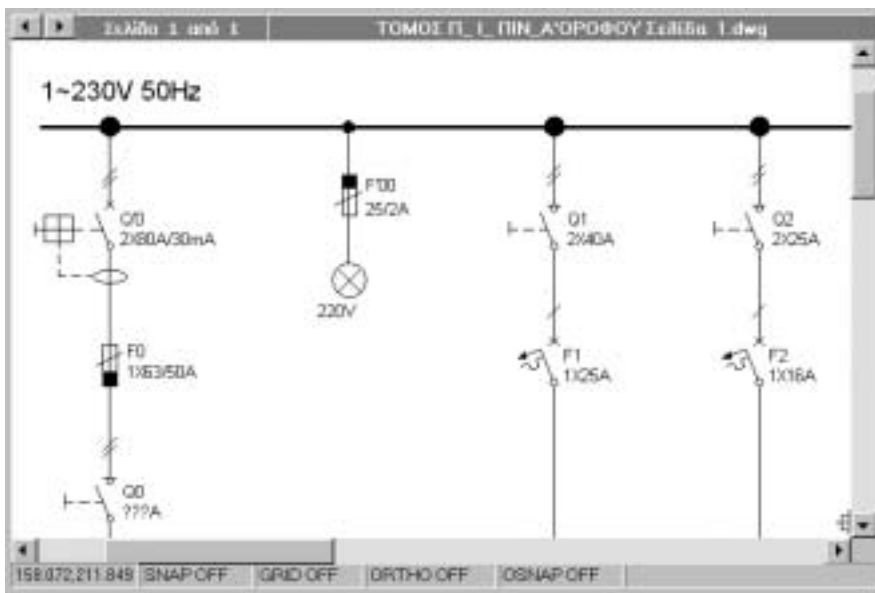
Εικόνα 4. Υπολογισμός της απορροφούμενης ισχύος

4.6 Σημεία του μονογραμμικού διαγράμματος που πρέπει να τονιστούν

Στην Εικόνα 4, έχουμε κάνει μεγέθυνση (ζουμ) στο πάνω αριστερό μέρος του χαρτιού. Σημειώνουμε τα σημεία που έχουν ενδιαφέρον

1. Η άφιξη του ηλ. πίνακα σχεδιάζεται από κάτω προς τα πάνω και καταλήγει στις μπάρες (ζυγούς) του ηλ. πίνακα. Έτσι υπάρχει ομοιομορφία στην εμφάνιση του σχεδίου και εξοικονόμηση χαρτιού.
2. Στην αριστερή άκρη των ζυγών γράφεται η ονομαστική τάση δηλ. 1Φ 230V.

3. Κάθε υλικό χαρακτηρίζεται από ένα μοναδικό κωδικό π.χ. ο γενικός διακόπτης S0, η γενική ασφάλεια F1 κ.ο.κ. Τα αρχικά F, S... είναι τυποποιημένα για όλο τον κόσμο. Με την βοήθεια αυτών των κωδικών μπορούμε να εντοπίσουμε το υλικό από το σχέδιο στον αληθινό πίνακα.
4. Δεξιά από το σύμβολο κάθε υλικού γράφεται η ονομαστική του τιμή σε A και ο αριθμός των πόλων π.χ. διακόπτης 2x40A το 2 δείχνει ότι ο διακόπτης είναι διπολικός.
5. Στις γραμμές θερμοσίφωνα και κουζίνας επειδή ξεπερνούν τα 2,00 kW χρησιμοποιήσαμε διακόπτη και κατόπιν την αυτόματη ασφάλεια. Στις υπόλοιπες γραμμές η αυτόματη ασφάλεια είναι αρκετή.
6. Η θέση του Δ.Δ.Ε (Διακόπτης Διαφυγής Έντασης) είναι μετά από τη γενική ασφάλεια. Πολλές φορές τον συναντάμε πριν από την γενική ασφάλεια.
7. Η ενδεικτική λυχνία ασφαρίζεται με μια τικτή ασφάλεια που σπάνια την συναντάμε στο τελικό ηλ. πίνακα.

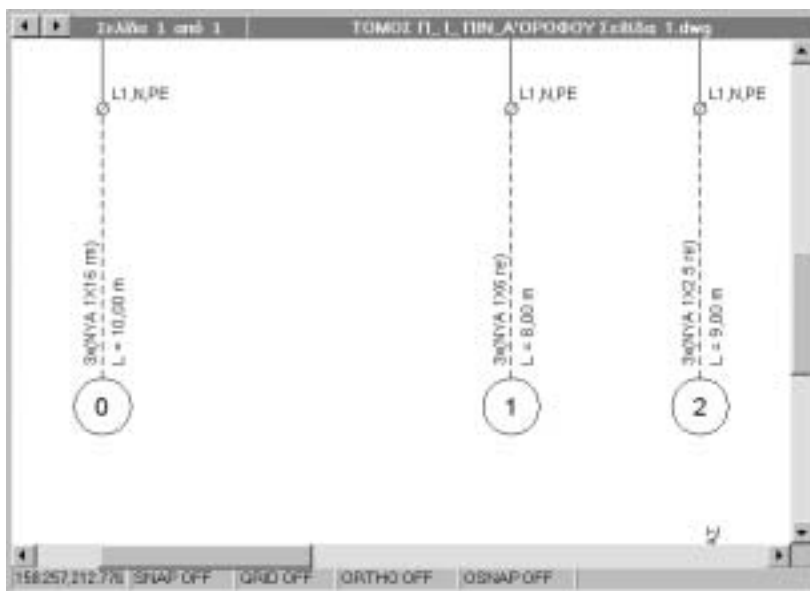


Εικόνα 5. Μεγέθυνση (ζουμ) στα υλικά του Ηλεκτρικού πίνακα

4.7 Βοηθητικά στοιχεία που πρέπει να εμφανίζονται στο ηλ. σχέδιο

Βασική απαίτηση στο ηλεκτρολογικό σχέδιο (όπως και σε κάθε είδος σχεδίου) είναι να είναι όσον το δυνατόν πληρέστερο. Έτσι στο κάτω μέρος κάθε αναχώρησης πρέπει να γράφεται ο τύπος π.χ. NYM 3x1.5 και το μήκος του καλωδίου σε m.

Ακριβώς από κάτω γράφεται το όνομα του φορτίου έτσι ώστε κατά την διάρκεια της εγκατάστασης να γνωρίζει ο ηλεκτρολόγος πού θα καταλήξει το κάθε καλώδιο.



Εικόνα 6. Μεγέθυνση (ζουμ) στα καλώδια και στις ονομασίες των φορτίων

5. Παρατηρήσεις και αποτελέσματα

Η μελέτη και σχεδίαση του ηλεκτρικού πίνακα με τη βοήθεια εξειδικευμένου λογισμικού (PanelCAD) έχει διδαχθεί στους μαθητές του Ηλεκτρολογικού Τομέα του 1ου ΤΕΕ Χαλανδρίου. Οι μαθητές δεν αντιμετώπισαν βασικά προβλήματα στην κατανόηση του περιβάλλοντος εργασίας (user interface) του προγράμματος διότι ακολουθεί τις προδιαγραφές των Microsoft Windows 98/2000, με τα οποία είναι εξοικειωμένοι οι μαθητές λόγω του Microsoft Office.

Τα προβλήματα εντοπίστηκαν:

- στην προσέγγιση των βασικών εννοιών π.χ. εγκατεστημένη-απορροφούμενη ισχύς, ΔU πραγματικό- ΔU επιτρεπτό κ.ά., για τις οποίες οι μαθητές έχουν μεν θεωρητικές γνώσεις αλλά τους λείπει η πρακτική εμπειρία.
- στον τρόπο σχεδίασης της γραμμής άφιξης δηλ. από κάτω προς τα πάνω, ενώ έχουν συνηθίσει να την σχεδιάζουν από πάνω προς τα κάτω.

Βιβλιογραφία

- Αντωνόπουλος, Σ. και Δημητρόπουλος, Β. και Μάρης, Θ. (2000). *Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις*, ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΤΕΕ, Ηλεκτρολογικός Τομέας, Β΄ Τάξη.
- Δημητρόπουλος, Β. και Κουνάδης, Σ. και Σανδαλίδης, Χ. (2000). *Εφαρμογές Ηλεκτρονικών Υπολογιστών*. ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΤΕΕ Ηλεκτρολογικός Τομέας, Β΄ Τάξη.
- Δημόπουλος, Φ. και Παγιάτης, Χ. και Σακαλής, Μ. (2000). *Στοιχεία Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων και Ηλεκτρολογικού Σχεδίου*. ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΤΕΕ Ηλεκτρολογικός Τομέας, Α΄ Τάξη.
- Ντοκόπουλος, Π. (1992). *Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και χαμηλής τάσης*. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
- Σανδαλίδης, Χ. και Κεμίδης, Π. και Μπαργιώτας, Δ. (2001). *Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις – Υποσταθμοί*. ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΤΕΕ Ηλεκτρολογικός Τομέας, Α΄ Τάξη Β΄ Κύκλου.
- Seip, G. (1979). *Electrical Installations Handbook*. Siemens