

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Μάθημα

«Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά»

Γεώργιος Περαντζάκης
Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, ΕΜΠ

"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά", Γ. Περαντζάκης

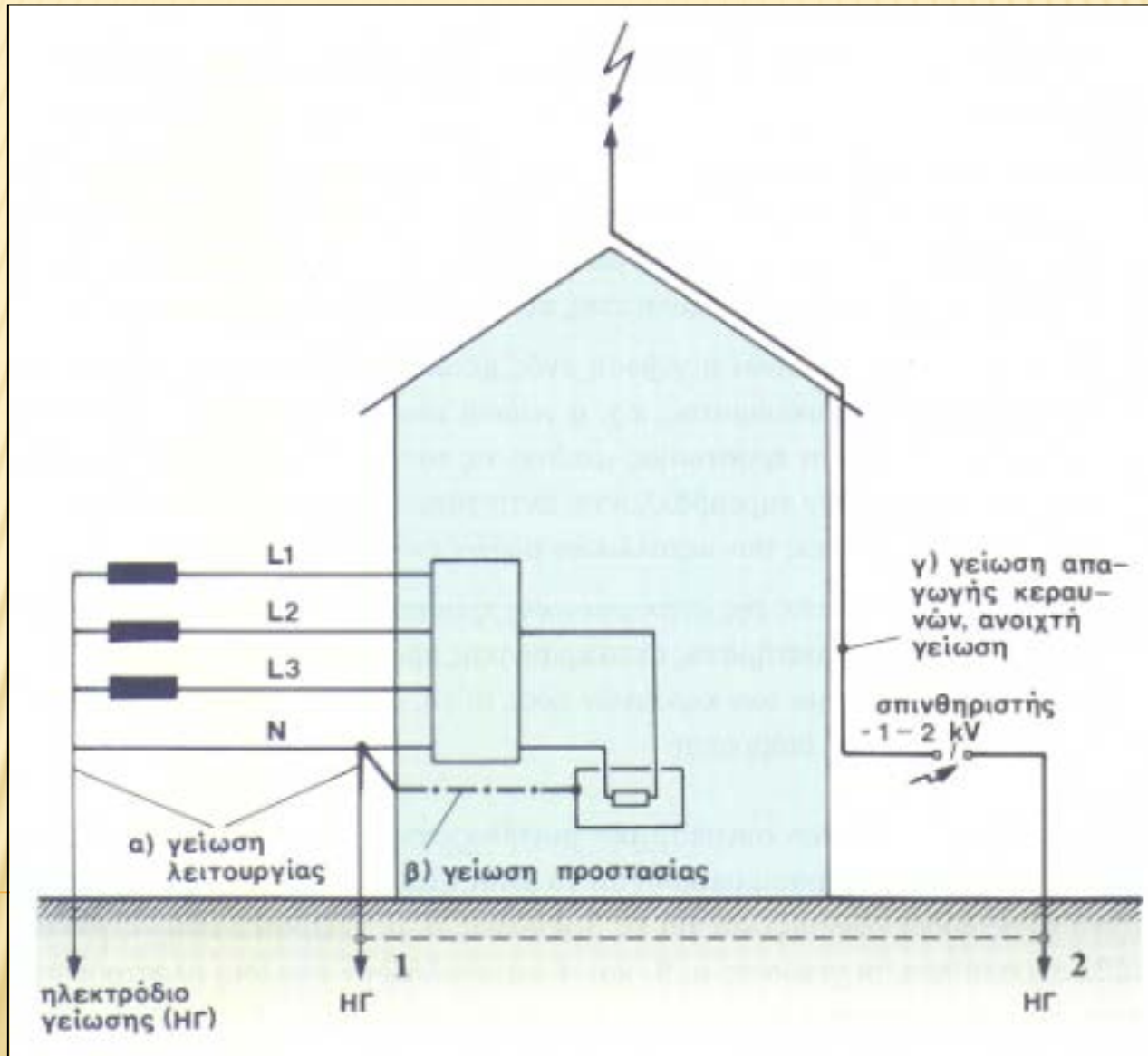
Παροχή – Γειώσεις ΕΗΕ

- Στοιχεία από την Ηλεκτροτεχνία και τις Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις ΕΡ
- ❑ Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις κτιρίων τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια από το δημόσιο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ) χαμηλής τάσης (ΧΤ).
- ❑ Η παροχή τροφοδότησης από το δίκτυο της ΔΕΗ μπορεί να είναι μονοφασική ή τριφασική. Η μονοφασική παροχή είναι καλώδιο διπολικό, αγωγός φάσης (L) και αγωγός ουδετέρου (N), ενώ η τριφασική παροχή είναι τετραπολικό καλώδιο, τρεις αγωγοί φάσεων (L_1, L_2, L_3) και αγωγός ουδετέρου (N).
- ❑ Το σύστημα γείωσης που επιβάλλει κατά κανόνα η ΔΕΗ στους καταναλωτές είναι η ουδετερογείωση ή ουδετέρωση και σύμφωνα με το σύστημα αυτό, όλα τα μεταλλικά περιβλήματα των συσκευών συνδέονται πάνω στον ουδέτερο αγωγό μέσω αγωγού προστασίας.

Παροχή – Γειώσεις ΕΗΕ

- ❑ Ηλεκτρόδιο γείωσης: Ένα αγώγιμο σώμα ή σύνολο αγώγιμων σωμάτων σε στενή επαφή με τη γη, το οποίο εξασφαλίζει τη στενή σύνδεση με αυτήν. Για την προστασία από επικίνδυνες τάσεις επαφής των ατόμων ή κατοικίδιων ζώων ή ζώων εκτροφής απαιτείται χαμηλή αντίσταση γείωσης του ηλεκτροδίου γείωσης.
- ❑ Αγωγός γείωσης: Ένας αγωγός που συνδέει τον κύριο ακροδέκτη γείωσης με το ηλεκτρόδιο γείωσης.
- ❑ Γείωση λειτουργίας: Η γείωση ενός τμήματος της ΕΗΕ που ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας και η οποία περιλαμβάνει συνήθως την αντίσταση γείωσης του γειωτή και την αντίσταση του αγωγού γείωσης.
- ❑ Γείωση προστασίας: Η γείωση (σύνδεση) ενός αγώγιμου τμήματος της εγκατάστασης, που δεν ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας, με το ηλεκτρόδιο γείωσης για προστασία από τάσεις επαφής.

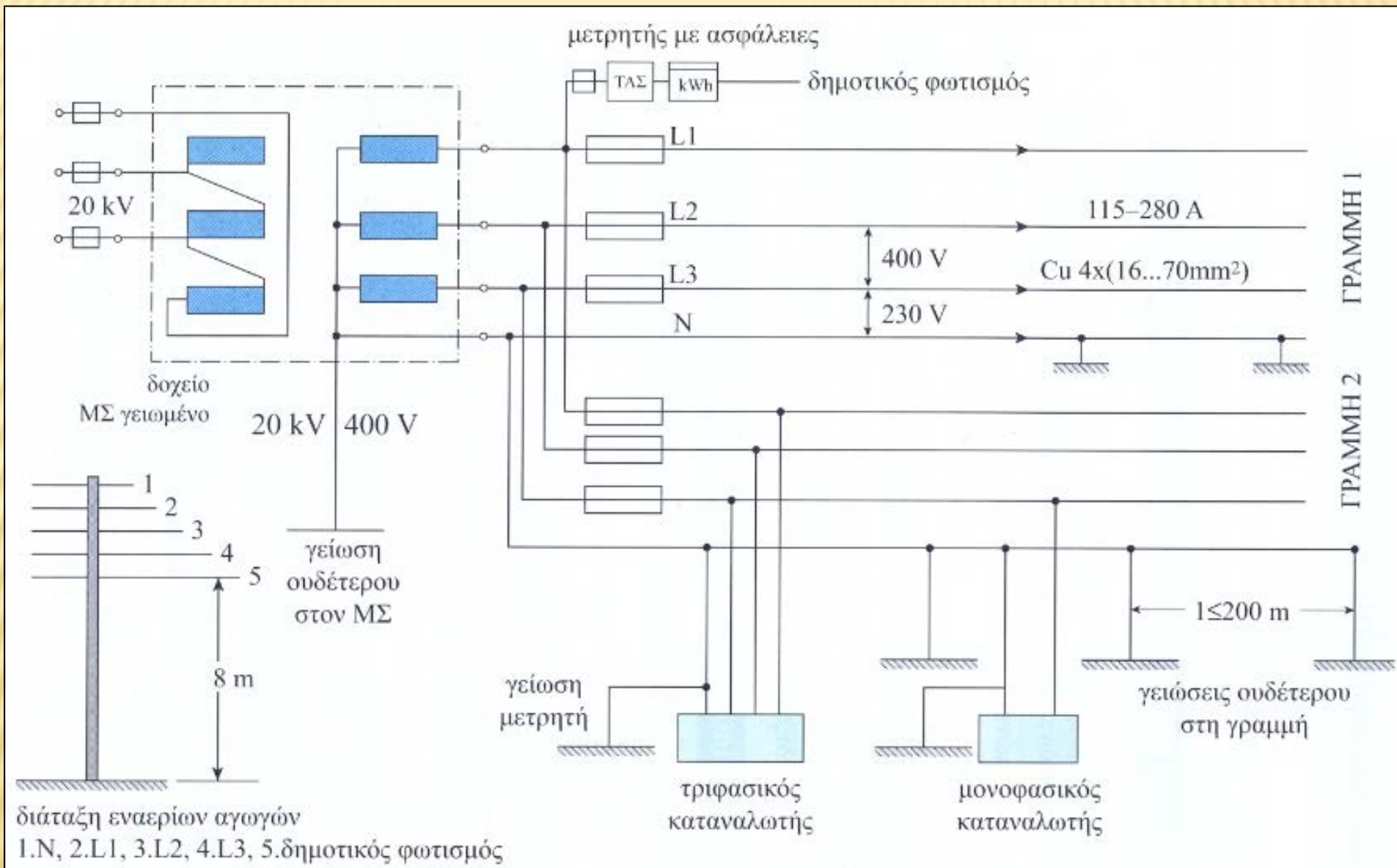
Γειώσεις σε Κτήρια



Γειώσεις TN-S σε ΕΗΕ

- Στην ουδετέρωση, ο ουδέτερος αγωγός (N) γειώνεται πριν από το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ και από το σημείο αυτό αναχωρεί και ο αγωγός προστασίας (PE), πάνω στον οποίο συνδέονται όλα τα μεταλλικά περιβλήματα των συσκευών.
- Το σύστημα της ουδετερογείωσης συμβολίζεται με τα γράμματα TN-S. Το T σημαίνει ότι γειώνεται ο ουδέτερος κόμβος του μετασχηματιστή διανομής, το N δηλώνει ότι τα μεταλλικά περιβλήματα των συσκευών ΕΗΕ είναι συνδεδεμένα πάνω στον ουδέτερο αγωγό και το S δηλώνει ότι πρόκειται για χωριστούς αγωγούς ουδετέρου, N, και προστασίας, PE.
- Η γείωση του ουδέτερου αγωγού γίνεται με εγκατάσταση θεμελιακής γείωσης, ώστε να εξασφαλίζεται χαμηλή αντίσταση γείωσης. Πρόκειται για σύστημα γείωσης που εγκαθίσταται στα θεμέλια της οικοδομής.

Δομή Ουδετερογειωμένου Δικτύου (TN-S) ΔΕΗ



Ηλεκτρική Τάση Δικτύου ΔΕΗ

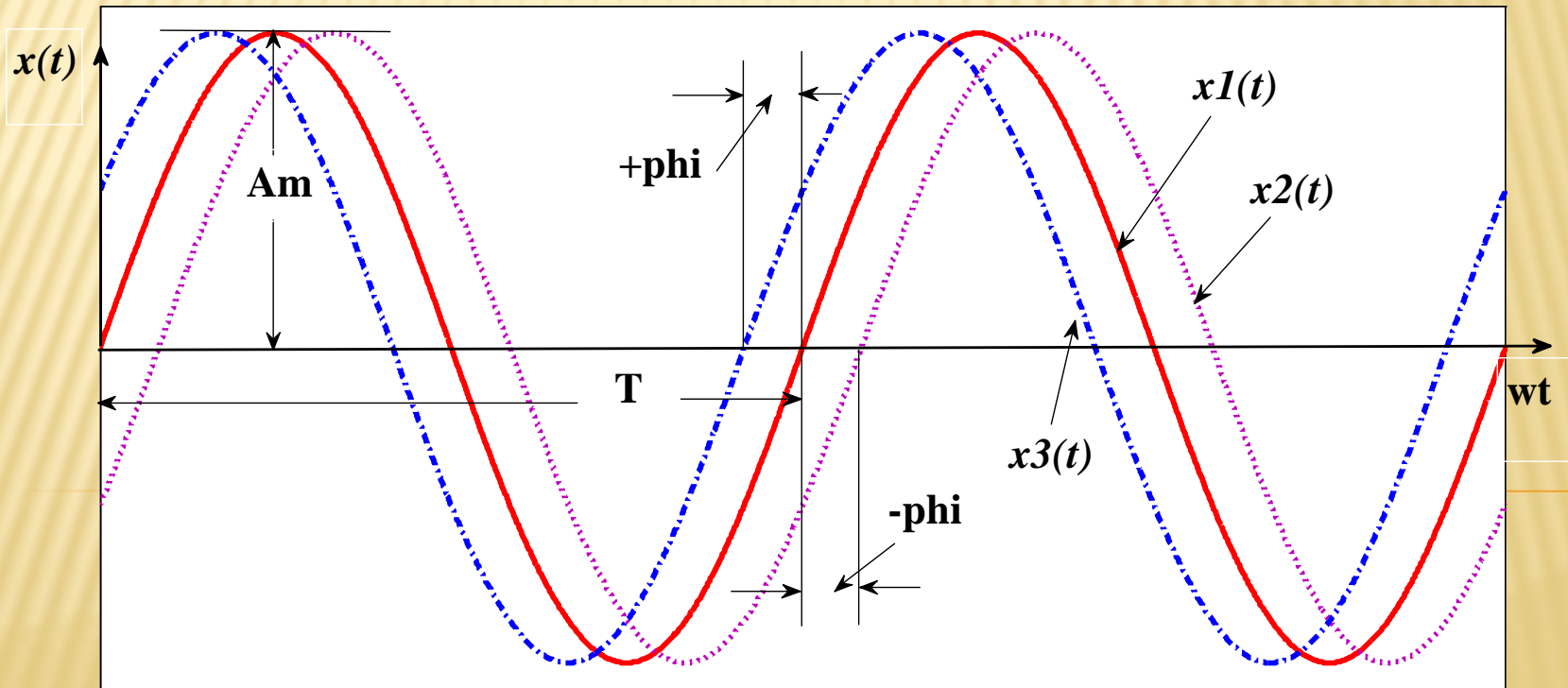
□ Πηγές ηλεκτρικής τάσης

- ✓ Ηλεκτρική τάση είναι η αιτία που προκαλεί την κυκλοφορία ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα. Πηγή συνεχούς τάσης προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα συνεχές, δηλαδή ρεύμα που δε μεταβάλλεται με το χρόνο, έχει σταθερή τιμή. Πηγή εναλλασσόμενης τάσης επιβάλλει εναλλασσόμενο ρεύμα, το οποίο μεταβάλλεται με το χρόνο ημιτονοειδώς.
- ✓ Πηγή συνεχούς τάσης (ΣΡ ή Direct Current, DC): Συσσωρευτές, ηλεκτρικές γεννήτριες ΣΡ, ηλεκτρονικοί μετατροπείς ισχύος (ανορθωτικές διατάξεις που μετατρέπουν την εναλλασσόμενη τάση σε συνεχή). Χαρακτηριστικά μεγέθη των πηγών ΣΡ: η ηλεκτρική τάση με και χωρίς φορτίο, η εσωτερική αντίσταση της πηγής και η μέγιστη ισχύς που μπορεί να προσφέρει η πηγή στο φορτίο.

Ηλεκτρική Τάση Δικτύου ΔΕΗ

□ Πηγές ηλεκτρικής τάσης

- ✓ Πηγή εναλλασσόμενης τάσης (ΕΡ, Alternating Current, AC): Η στιγμιαία τιμή της ηλεκτρικής τάσης μεταβάλλεται με το χρόνο και μάλιστα σύμφωνα με την ημιτονοειδή καμπύλη. Το δίκτυο της ΔΕΗ παρέχει εναλλασσόμενη τάση στους καταναλωτές.



Ηλεκτρική Τάση Δικτύου ΔΕΗ

- ✓ Αναλυτική έκφραση ημιτονοειδούς τάσης ή ρεύματος (ημιτονοειδές σήμα τάσης ή ρεύματος)

$$x(t) = A_m \sin(\omega t \pm \varphi)$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T}$$

Όπου:

- A_m είναι το πλάτος της τάσης
 - ω είναι η κυκλική η γωνιακή συχνότητα σε (rad/s)
 - f είναι η συχνότητα σε (Hz)
 - $T = 1/f$ είναι η περίοδος σε (s) και
 - φ είναι η αρχική φάση (για $t = 0$) του ημιτονοειδούς σήματος.
- ❖ Το σήμα $x_1(t)$ έχει μηδενική αρχική φάση, δηλαδή για $t=0$ είναι $x_1(t)=0$. Το $x_1(t)$, λαμβάνεται συνήθως ως σήμα αναφοράς.
 - ❖ Το σήμα $x_2(t)$ έχει αρχική φάση $-\varphi$. Το σήμα $x_2(t)$ καθυστερεί ή έπεται ως προς το σήμα αναφοράς κατά τη γωνία $-\varphi$.
 - ❖ Το σήμα $x_3(t)$ έχει αρχική φάση $+\varphi$. Το σήμα $x_3(t)$ προπορεύεται ή προηγείται ως προς το σήμα αναφοράς κατά τη γωνία $+\varphi$.

Χαρακτηριστικά Πηγής Τάσης ΕΡ

- ❖ Τα ημιτονοειδή σήματα είναι περιοδικά σήματα και εκφράζουν χρονικά μεταβαλλόμενες φυσικές ποσότητες (τάσης, ρεύματος).
- ❖ Στην πράξη, όμως, είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε ορισμένα χρονικά αμετάβλητα μεγέθη, τα οποία να προσδιορίζουν το σήμα και να χρησιμοποιούνται τόσο για την περιγραφή του, όσο και για τη σύγκριση διαφόρων σημάτων μεταξύ τους.
- ❖ Δύο από αυτές τις χρονικά αμετάβλητες ποσότητες είναι η μέση τιμή (average, mean value) και η ενεργός ή ενδεικνυμένη τιμή (root mean square value, rms ή effective value) του σήματος.

$$\langle x(t) \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$$

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

Χαρακτηριστικά Πηγής Τάσης ΕΡ

- ❖ Η ενεργός τιμή εναλλασσόμενου μεγέθους τάσης ή έντασης έχει ιδιαίτερη φυσική και πρακτική σημασία, αφού είναι το μέγεθος που μετρούν τα όργανα ΕΡ (βολτόμετρα και αμπερόμετρα).
- ❖ Σε ένα ημιτονοειδές σήμα ισχύει:

$$\langle x(t) \rangle = 0, \quad X_{rms} = \frac{A_m}{\sqrt{2}} \cong 0,707 A_m$$

- ❖ Η ενεργός τιμή I_{rms} εναλλασσόμενου ημιτονοειδούς ρεύματος $i(t)$ παριστάνει την ένταση ενός (ισοδύναμου) συνεχούς ρεύματος, το οποίο θα απέδιδε επί μιας και της αυτής ωμικής αντίστασης το ίδιο ποσό θερμότητας με το εναλλασσόμενο ρεύμα $i(t)$ στον ίδιο χρόνο.

Χαρακτηριστικά Πηγής Τάσης ΕΡ

- ❖ Πηγές τάσης ΕΡ είναι οι γεννήτριες (περιστρεφόμενες μηχανές) ΕΡ, το δημόσιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ) και οι ηλεκτρονικές γεννήτριες (αντιστροφείς, inverters).
- ❖ Χαρακτηριστικά δικτύου ΔΕΗ:

$$U_{rms} = \tilde{U} = 230V, \quad U_{peak} = U_{max} = \hat{U} = \sqrt{2} \tilde{U} = \sqrt{2} \cdot 230 = 325,52V \cong 325V$$
$$f = 50 \text{ Hz}, \quad T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ s} = 20 \text{ ms}, \quad \omega = 2\pi f = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314 \text{ rad / s}$$

- ❖ Η μονοφασική ηλεκτρική παροχή της ΔΕΗ σε μια ΕΗΕ θεωρείται ως μία πηγή ΕΡ και η ενεργός τιμή της τάσης μετρείται μεταξύ του αγωγού της φάσης (L) και του ουδέτερου αγωγού (N). Εάν πρόκειται για τριφασική παροχή, τότε διακρίνουμε την πολική και την φασική τάση.

Χαρακτηριστικά Πηγής Τάσης ΕΡ

- ❖ Ως τριφασική παροχή θεωρείται σύστημα τριών μονοφασικών πηγών τάσης ΕΡ συνδεδεμένων κατάλληλα μεταξύ τους, σε συνδεσμολογία αστέρος ή τριγώνου. Η τριφασική παροχή έχει τέσσερις αγωγούς: τους τρεις αγωγούς ή φάσεις (L_1 , L_2 , L_3) και τον αγωγό του ουδέτερου (N).
- ❖ Φασική τάση είναι η ηλεκτρική τάση μεταξύ ενός αγωγού φάσης και του ουδέτερου αγωγού. Η ενεργός τιμή της φασικής τάσης στο δίκτυο της ΔΕΗ είναι 230 V.
- ❖ Πολική τάση είναι η ηλεκτρική τάση μεταξύ δύο αγωγών φάσεων, ονομάζεται δε και τάση γραμμής. Η ενεργός τιμή της πολικής τάσης στο δίκτυο της ΔΕΗ είναι 400 V.
- ❖ Την ηλεκτρική τάση (RMS) μετράμε με βολτόμετρο και την ένταση ρεύματος (RMS) με αμπερόμετρο.

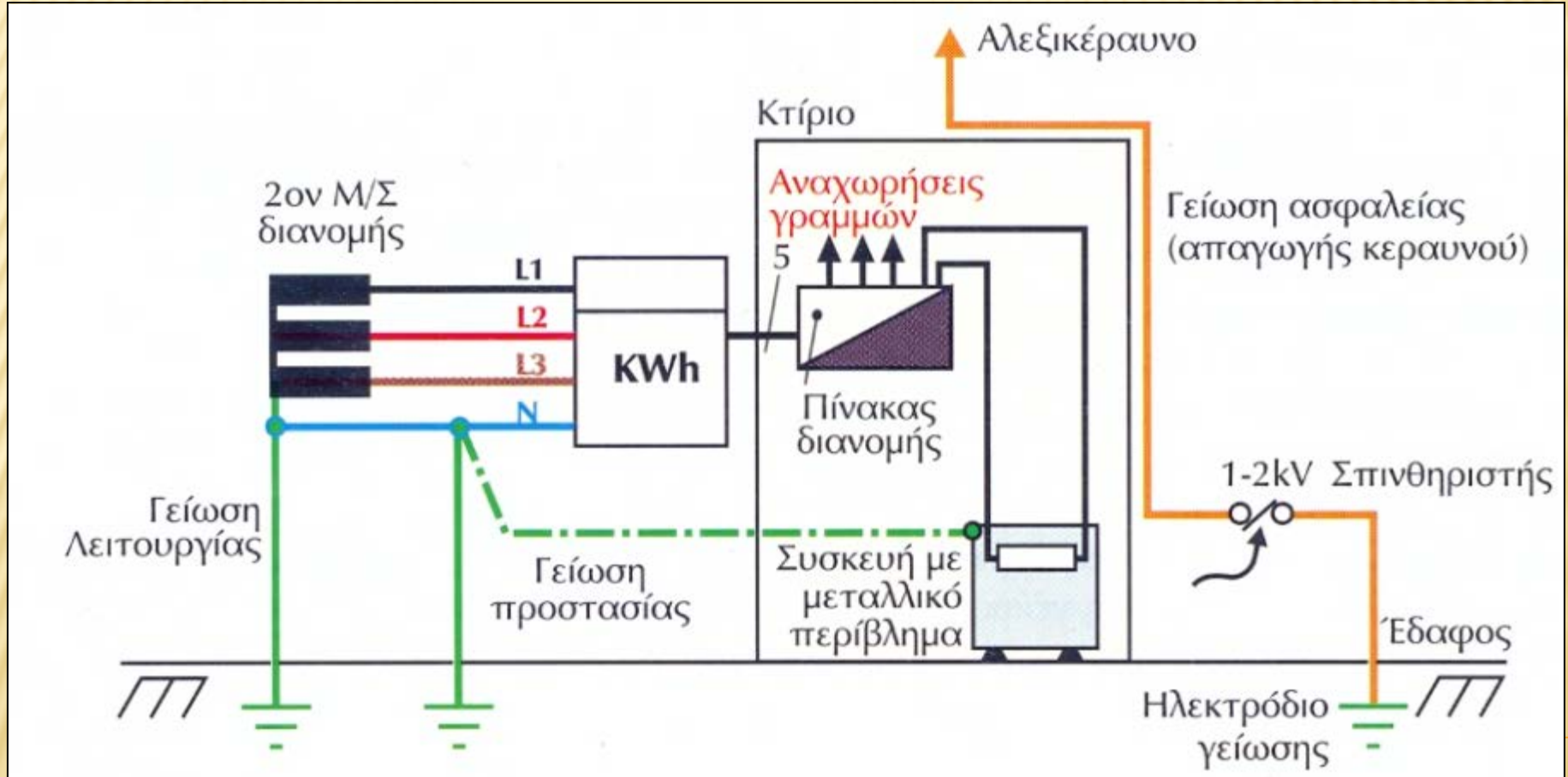
Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας σε ΕΗΕ

- ❖ Η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας σε ΕΗΕ από το σημείο λήψης, που είναι ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας, στις θέσεις κατανάλωσης, π.χ. ρευματοδότες, ηλεκτρικές συσκευές κ.λπ. πραγματοποιείται ως εξής:
- ✓ Το καλώδιο παροχής της ΔΕΗ (διπολικό για μονοφασική παροχή, τετραπολικό για τριφασική παροχή) συνδέεται στο μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας.
- ✓ Η σύνδεση του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας με το γενικό πίνακα της ΕΗΕ γίνεται με τριπολικό καλώδιο (L, N, PE) για μονοφασική παροχή ή πενταπολικό καλώδιο (L₁, L₂, L₃, N, PE) για τριφασική παροχή και το οποίο ονομάζεται ηλεκτρική παροχή ΕΗΕ.
- ✓ Στο γενικό πίνακα πραγματοποιείται η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των ηλεκτρικών κυκλωμάτων διακλάδωσης.

Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας σε ΕΗΕ

- ❖ Ο αγωγός προστασίας PE στην παροχή του γενικού πίνακα συνδέεται στον κόμβο γείωσης του ουδέτερου αγωγού πριν το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας (ουδετέρωση).
- ❖ Τα κυκλώματα διακλάδωσης αναχωρούν από το γενικό πίνακα και περιλαμβάνουν τις αναγκαίες διατάξεις χειρισμού, ελέγχου και προστασίας (διακόπτες, ασφάλειες, μικροαυτόματοι κ.λπ.).
- ❖ Τα κυκλώματα διακλάδωσης πραγματοποιούνται είτε με καλώδια με κατάλληλο αριθμό αγωγών είτε με μονωμένους αγωγούς που τοποθετούνται μέσα σε πλαστικούς ή μεταλλικούς σωλήνες.
- ❖ Τα καλώδια ή οι σωλήνες των κυκλωμάτων διακλάδωσης μπορεί να εγκαθίστανται πάνω στον τοίχο (επίτοιχα), να είναι εντοιχισμένα (κάτω από το επίχρισμα, σουβά) ή να τοποθετούνται πάνω σε μεταλλικές σχάρες (π.χ. σε βιομηχανικές ΕΗΕ).

Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας σε Ουδετερογειωμένα Δίκτυα



Μεγέθη Υπολογισμού Κυκλωμάτων Διακλάδωσης ΕΗΕ

- Για το σχεδιασμό μιας ΕΗΕ απαιτείται προηγουμένως να επιλεγούν οι κατάλληλες διατομές των αγωγών των κυκλωμάτων διακλάδωσης, καθώς και τα ονομαστικά τεχνικά χαρακτηριστικά (τάση, ένταση κ.λπ.) των μέσων προστασίας, χειρισμού και ελέγχου λειτουργίας των κυκλωμάτων διακλάδωσης (ασφάλειες, διακόπτες κ.λπ.).
- Οι αγωγοί των κυκλωμάτων διακλάδωσης είναι κατά κανόνα χάλκινοι, κυκλικής διατομής και περιβάλλονται συνήθως από θερμοπλαστική μόνωση (PVC).
- ✓ Εάν πρόκειται για μονωμένους αγωγούς, αυτοί πρέπει να τοποθετηθούν μέσα σε πλαστικούς ή χαλύβδινους σωλήνες για λόγους προστασίας. Οι πλαστικοί σωλήνες πρέπει να εντοιχίζονται, ενώ οι μεταλλικοί εντοιχίζονται ή τοποθετούνται πάνω σε τοίχους ή σε δάπεδα.

Μεγέθη Υπολογισμού Κυκλωμάτων Διακλάδωσης ΕΗΕ

- ✓ Εάν πρόκειται για καλώδια, τότε οι αγωγοί, εκτός από τη δική τους μόνωση από PVC, περιβάλλονται και από ένα πρόσθετο στρώμα από PVC (μανδύας), το οποίο ενισχύει την προστασία των αγωγών. Τα καλώδια μπορεί να εντοιχίζονται, να είναι επίτοιχα ή να τοποθετούνται πάνω σε μεταλλικές σχάρες.
- ✓ Ο τρόπος εγκατάστασης των γραμμών των κυκλωμάτων διακλάδωσης, καθώς και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι παράγοντες που επηρεάζουν τη δυνατότητα ψύξης των αγωγών του κυκλώματος διακλάδωσης και επομένως την εκλογή της διατομής των αγωγών. Δηλαδή, κατά την επιλογή του καλωδίου λαμβάνονται υπόψη και οι δύο παράγοντες που προαναφέρθηκαν.

Κώδικας Σήμανσης Καλωδίων

	1	2	3
Χαρακτηρισμός του κατασκευαστή:			
Κατασκευαστής που αναγνωρίστηκε	H		
Αναγνωρισμένος εθνικός τύπος	A		
Καλώδιο κατά IEC	J		
Ονομαστική τάση U_0/U:			
300/300 V	03		
300/500 V	05		
450/750 V	07		
600/1000 V	I		
Μόνωση			
PVC	V		
Φυσικό λάστιχο ή/και στερεολεβουοκαυτάκινο	R		
Λάστιχο σιλικόνης	S		
Επίχρωση			
Χαλύβδινος ταινίας	ZA		
Μανδύας			
PVC	V		
Φυσικό λάστιχο ή/και στερεολεβουοκαυτάκινο	R		
Πολυελαστικό (νεοπρένο)	N		
Υφασμα υαλοβάμβακα	J		
Υφασμα	T		
Υφασμα με αντιπυρικό υλικό	TZ		
Μορφοποιήσεις κατασκευής			
Πλατιά, γραμμοειδής γραμμή	H		
Πλατιά μη γραμμοειδής γραμμή	H2		
Καρόνιμα για συμπλήρωση των κόνιων	D5		
Αγωγός			
μονόκλωστος	U		
πολύκλωστος	R		
λεπτοπολιόκλωστος, γραμμός μόνιμων εγκαταστάσεων	K		
λεπτοπολιόκλωστος πολύ εύκαμπτος	F		
πολύ λεπτοπολιόκλωστος, υπερυψηλής εύκαμψιας	H		
πολύ λεπτοπολιόκλωστος γυμνός αγωγός	Y		
τομαίος	S		
Αριθμός αγωγών			
συνολικά	...		
χωρίς αγωγό προστασίας	X		
με αγωγό προστασίας	G		
Ονομαστική διατομή αγωγού			
Χρόμιο	...		

Καλώδιο: H 03 W H2 F 2x1

H: Αναγνωρισμένο από χώρες της Ε.Ε.

03: $V_0(V_{\text{φασική}})/V(V_{\text{πολική}})=300/300V$

V: Υλικό μόνωσης αγωγού PVC

V: Υλικό μόνωσης μανδύα PVC

H2: Πλακέ μη αποχωρισμένων πόλων

F: Εύκαμπτος αγωγός εύκαμπτου καλωδίου

2: Αριθμός αγωγών

1: Ονομαστική διατομή αγωγού σε mm^2

Καλώδιο: J1V-U 5x1,5

J: Κατασκευή βάσει προτύπου IEC

1: Για ονομαστική τάση 600/1000 V

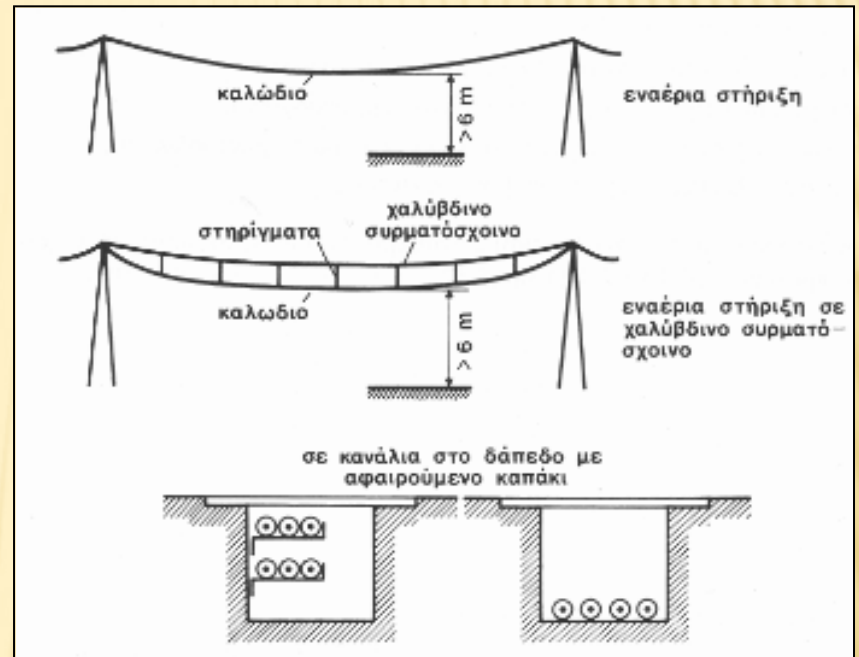
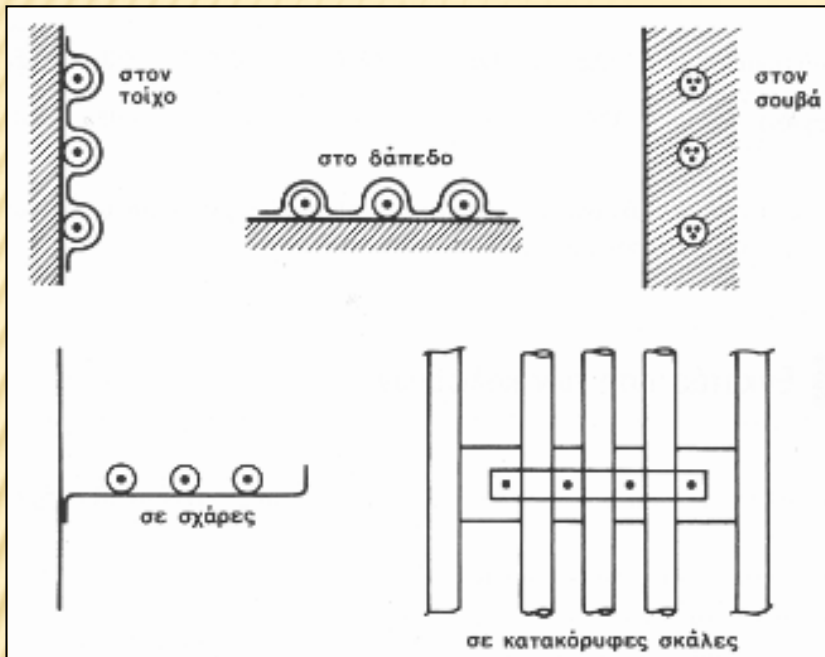
V: Υλικό μόνωσης αγωγού από PVC

V: Υλικό μανδύα από PVC

U: Μονόκλωνοι αγωγοί

5x1,5: Πέντε μονόκλωνοι αγωγοί διατομής $1,5mm^2$

Σήμανση Καλωδίων ΕΗΕ – Τρόποι Εγκατάστασης Καλωδίων



Αγωγοί ΕΗΕ Χ.Τ.

Αγωγοί Ισχύος Χ.Τ.

Νέος Τύπος	Παλιός Τύπος
H07V-K	NYAF
H07V-U	NYA(re)
H07V-R	NYA(rm)
A05VV-U	NYM(re)
A05VV-R	NYM(rm)
A05VV-F	NYMHY
A03VV-F	NYLHY(rd)
H03VH-H	NYFAZ
H05RR-F	NMH
H07RN-F	NSHöu
J1VV-U	NYI(re)
J1VV-R	NYI(rm)
J1VV-S	NYI(sm)
A05VVH3-U	NYIFY

A05RR-F	H07V-K
H05RR-F	H07V-U
A05VV-F	H07V-R
H05VV-F	H05V-U
A05VV-U	H05V-K
A05VV-R	H03VV-F
NYIFY-J	H03VH-H
NYIFY-0	

H07RN-F
A07RN-F
J11VV-S
J11VV-R
J11VV-U

e=μονόκλωνο r= κυκλική διατομή
 m= πολύκλωνο s=διατομή κυκλικού τομέα

"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά 20
 Υλικά», Γ. Περαντζάκης

Συνήθεις Τύποι Καλωδίων ΕΗΕ

H07V-U

Μονόκλωνος αγωγός
παλαιός τύπος: NYA (re)

450/750V

ΕΛΟΤ 563.3, (HD 21.3)

Κατάλληλος για τοποθέτηση σε σωλήνες πάνω ή μέσα σε τοίχο, σε πίνακες ή άλλους κλειστούς χώρους.

Αγωγός για γενικές χρήσεις με μόνωση PVC χωρίς μανδύα.



A05VV-U

(παλαιός τύπος NYM)

300/500V

ΕΛΟΤ 563.4

Ελαφρύ καλώδιο δύσκαμπτο με μονόκλωνους αγωγούς χαλκού. Κατάλληλο για τοποθέτηση σε σταθερές εγκαταστάσεις σε ξηρούς ή υγρούς χώρους.

Χρησιμοποιείται για σταθερή καλωδίωση. Έχει μόνωση και μανδύα από PVC, και φέρει μονόκλωνους αγωγούς.



H07V-R

Πολύκλωνος αγωγός
παλαιός τύπος: NYA (rm)

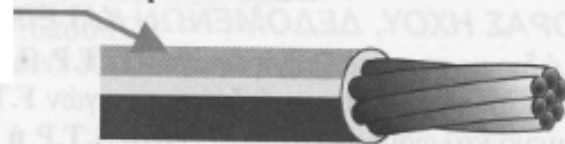
450/750V

ΕΛΟΤ 563.3, (HD 21.3)

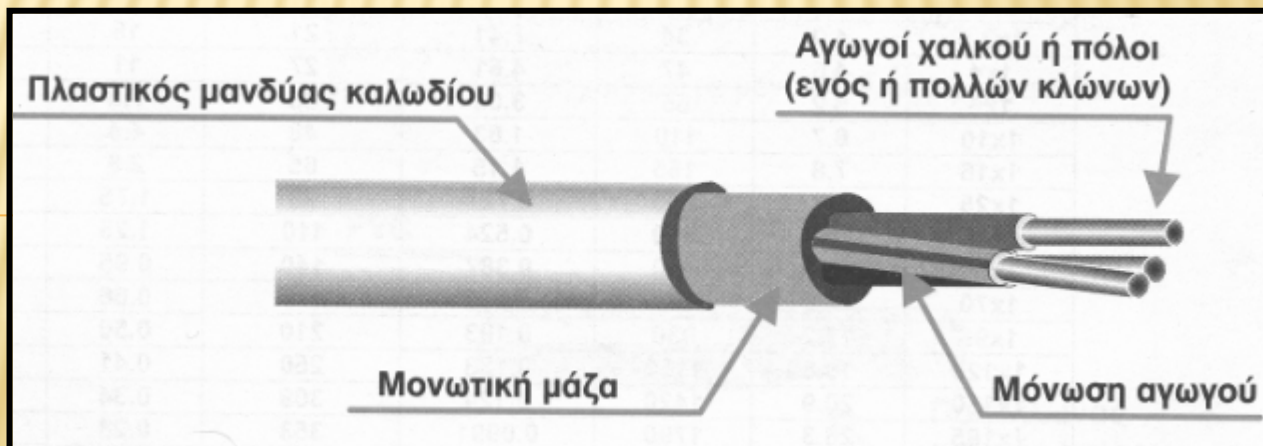
Κατάλληλος για σωλήνες πάνω ή μέσα σε τοίχο, σε πίνακες ή άλλους κλειστούς χώρους.

Αγωγός για γενικές χρήσεις με μόνωση PVC χωρίς μανδύα.

Μόνωση από PVC



Πολύκλωνος
αγωγός χαλκού



Συνήθεις Τύποι Καλωδίων ΕΗΕ

A05VVH3-U

(παλαιά NYIFY-J & NYIFY-0)

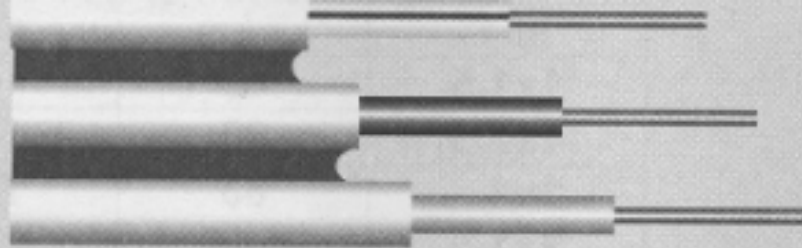
230/400V

VDE 0250.201

Ελαφρύ καλώδιο με δύσκαμπτους αγωγούς, κατάλληλο για τοποθέτηση σε σταθερές εγκαταστάσεις, όπου η μορφή του διευκολύνει.

Σε ξηρούς χώρους κάτω από το επίχρισμα.

Καλώδια για σταθερή καλωδίωση με μόνωση και μανδύα από PVC (Αγωγοί παράλληλοι, μονόκλωνοι, καλώδιο πεπλατυσμένης μορφής).



J1VV-U

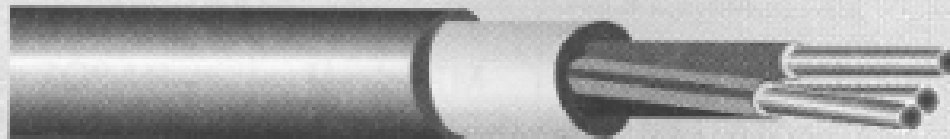
(παλαιός τύπος NYY-0.6/1kV)

600/1000V

ΕΛΟΤ 843

Καλώδιο ισχύος για σταθερή εγκατάσταση σε ξηρούς ή υγρούς χώρους στον αέρα ή στο έδαφος.

Καλώδια ισχύος με μόνωση και μανδύα από PVC, με μονόκλωνους αγωγούς.



Ηλεκτρική Αντίσταση Αγωγών Κυκλωμάτων Διακλάδωσης

- Οι αγωγοί ηλεκτρικού ρεύματος που χρησιμοποιούνται στις ΕΗΕ εμφανίζουν στο ΕΡ μια σύνθετη αντίσταση, η οποία οφείλεται στην ωμική αντίσταση και επαγωγική αντίδραση του αγωγού.

- ✓ Μέτρο ωμικής αντίστασης:

$$R = \rho \frac{l}{q}, \quad q = \frac{\pi d^2}{4}$$

- R: Ωμική αντίσταση αγωγού σε Ohms (Ω)
- ρ : Ειδική αντίσταση, για το χαλκό στους 20°C , $\rho = 0,01785 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$
- l: Μήκος αγωγού σε m
- q: Διατομή του αγωγού σε mm^2
- d: Διάμετρος αγωγού σε mm

Ηλεκτρική Αντίσταση Αγωγών Κυκλωμάτων Διακλάδωσης

✓ Μέτρο επαγωγικής αντίδρασης

$$X_L = L\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

- X_L : Επαγωγική αντίδραση αγωγού σε Ω
- f : Συχνότητα ΕΡ δικτύου ΔΕΗ, 50Hz
- ω : Γωνιακή κυκλική συχνότητα, $\omega = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314 \text{ rad/sec}$
- L : Συντελεστής αυτεπαγωγής του αγωγού σε Henry (H)

✓ Μέτρο συνολικής σύνθετης αντίστασης αγωγού

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Z : Σύνθετη αντίσταση του αγωγού σε Ω

Πραγματική Ηλεκτρική Ισχύς στο ΕΡ

❑ Στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ΧΤ, όπως είναι οι ΕΗΕ, για διατομές αγωγών μικρότερες από 16 mm², η επαγωγική αντίδραση της γραμμής είναι πολύ μικρή και αμελείται. Επομένως, θα θεωρείται εφεξής μόνο η ωμική αντίσταση του αγωγού, $Z \cong R$

➤ Ηλεκτρική Ισχύς στο ΕΡ

✓ Ισχύς στο μονοφασικό ΕΡ: $P = V I \cos \phi$

- P: Ηλεκτρική ισχύς σε Watt (W)
- V: Ενεργός τιμή (RMS) εναλλασσόμενης τάσης σε Volts (V)
- I: Ενεργός τιμή (RMS) εναλλασσόμενου ρεύματος σε Ampere (A)
- $\cos \phi$: Συντελεστής ισχύος (SI, Power Factor, PF) του φορτίου
- ϕ : Η διαφορά φάσης (γωνία) μεταξύ των διανυσμάτων V, I

Πραγματική Ηλεκτρική Ισχύς στο ΕΡ

- Η ανάλυση των κυκλωμάτων ΕΡ στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας πραγματοποιείται, θεωρώντας την τάση και το ρεύμα του κυκλώματος ως διανύσματα (μιγαδικές ποσότητες), τα οποία στρέφονται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα, εδώ: $\omega = 314 \text{ rad/sec}$.
- Η γωνία ϕ είναι η γωνία μεταξύ των διανυσμάτων τάσης – έντασης.
- Για ωμικό φορτίο, π.χ. λαμπτήρες φωτισμού (εκτός των λαμπτήρων εκκένωσης, φθορισμού), αντιστάσεις θέρμανσης σε θερμοσίφωνα, ηλεκτρικό μαγειρείο κ.λπ., τα διανύσματα της τάσης και του ρεύματος είναι συμφασικά και είναι $\phi = 0^\circ$. Επομένως, ισχύει:

$$P = V I \cos \phi = V I \cos 0^\circ = V I$$

Ηλεκτρική Αντίσταση Αγωγών Κυκλωμάτων Διακλάδωσης

□ Για ηλεκτρικά φορτία, τα οποία παρουσιάζουν σύνθετη αντίσταση, δηλαδή έχουν ωμική αντίσταση και επαγωγική αντίδραση, όπως για παράδειγμα είναι οι ηλεκτρικοί κινητήρες, το διάνυσμα του ρεύματος καθυστερεί ως προς το διάνυσμα της τάσης κατά τη γωνία φ και επομένως είναι: $\cos\varphi < 1$.

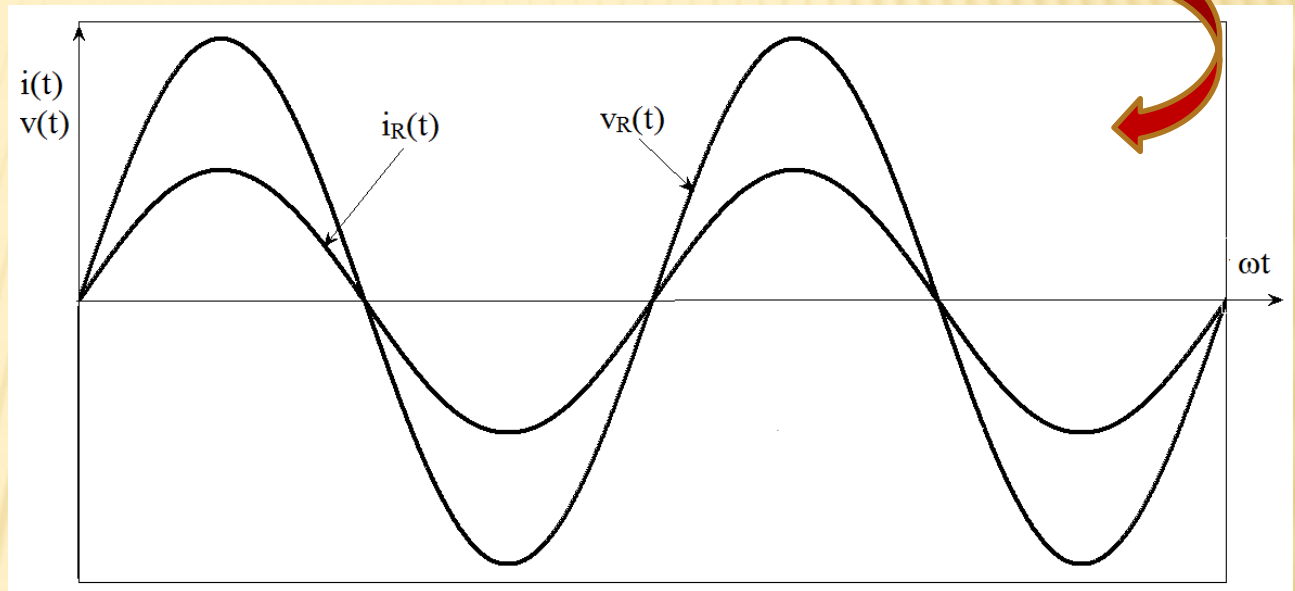
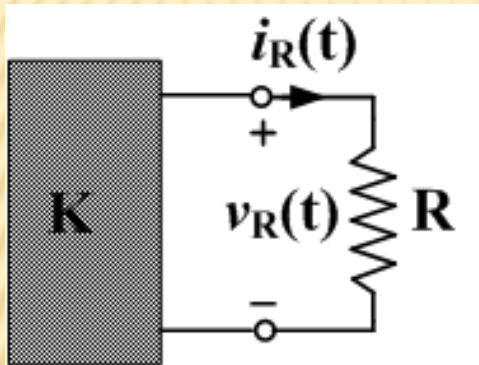
✓ Παραδείγματα φορτίων με ωμικό-επαγωγική συμπεριφορά:

1. Ηλεκτρικοί κινητήρες
2. Μετασχηματιστές
3. Λαμπτήρες εκκένωσης χαμηλής και υψηλής πίεσης (λαμπτήρες φθορισμού υδραργύρου, νατρίου)
4. Πηνία
5. Αγωγοί καλωδίων ισχύος με διατομή $> 16 \text{ mm}^2$

Παράσταση Μεγεθών ΕΡ στο Πεδίο του Χρόνου και στο Πεδίο της Συχνότητας

➤ Για ωμικό φορτίο (αντίσταση)

Στο πεδίο του χρόνου



$$v_R(t) = V \sin(\omega t + \varphi) \text{ (V)}$$

$$i_R(t) = \frac{v_R(t)}{R} = \frac{V}{R} \sin(\omega t + \varphi) \text{ (A)}$$

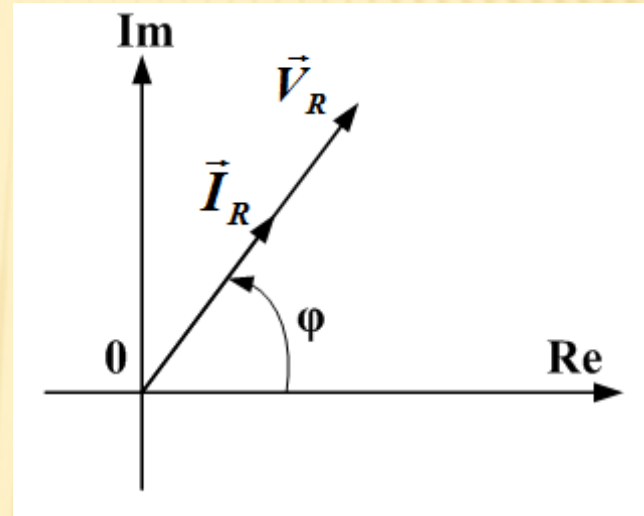
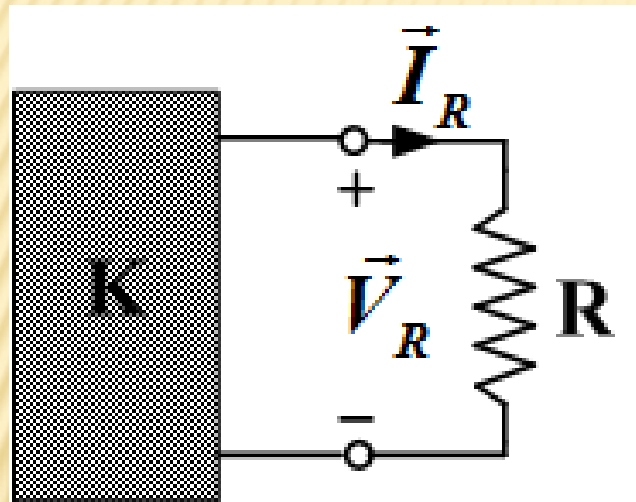
Νόμος του Ohm

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

Παράσταση Μεγεθών ΕΡ στο Πεδίο του Χρόνου και στο Πεδίο της Συχνότητας

➤ Για ωμικό φορτίο (αντίσταση)

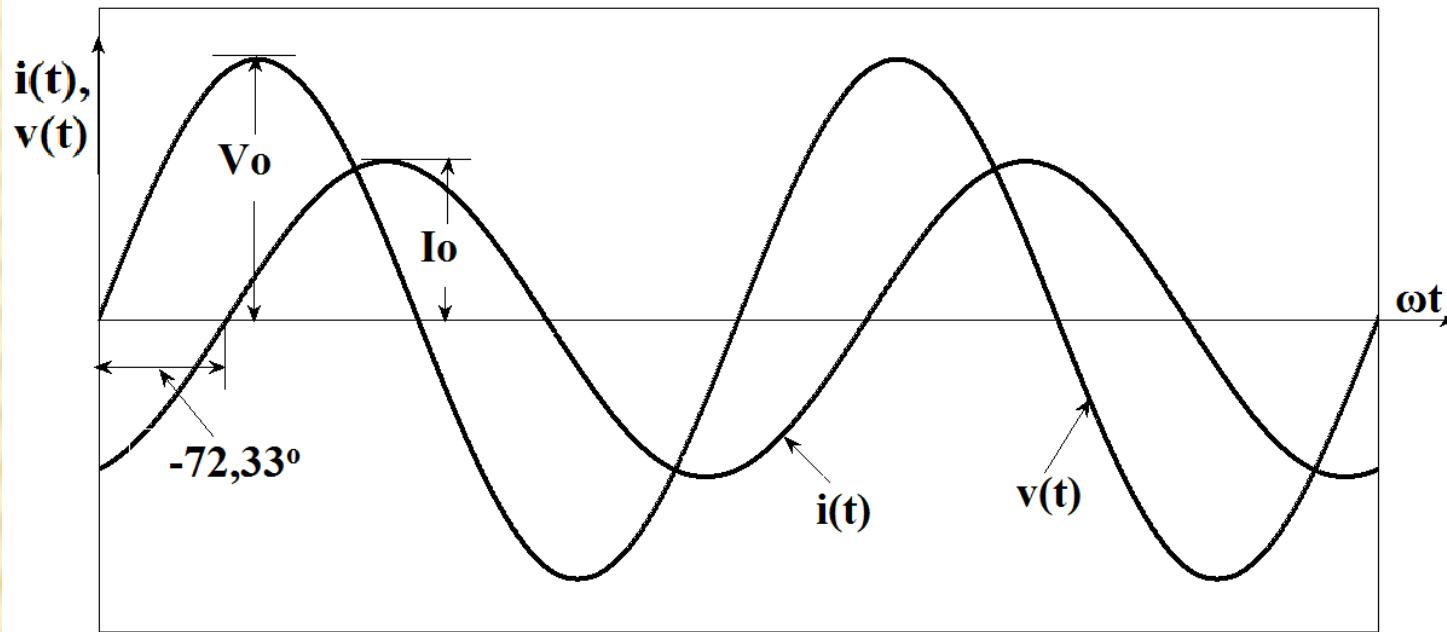
Στο πεδίο της συχνότητας



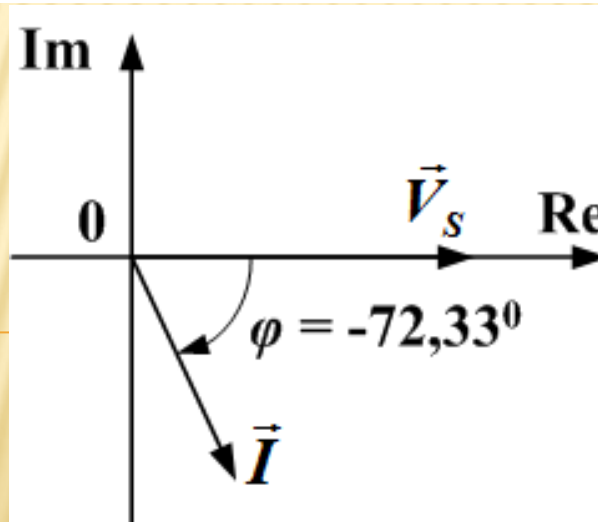
$$\vec{V}_R = V_0 \angle \varphi \quad (V)$$

$$\vec{I}_R = \frac{V_0}{R} \angle \varphi = I_0 \angle \varphi \quad (A)$$

Παράδειγμα για Ωμικό – Επαγωγικό Φορτίο



← Τάση και
ρεύμα
στο πεδίο
του
χρόνου



← Τάση και
ρεύμα στο
πεδίο της
συχνότητας

Συντελεστής Ισχύος Ηλεκτρικών Φορτίων ΕΗΕ

- ✓ Λαμπτήρες πυράκτωσης, $\cos\varphi=1$
- ✓ Λαμπτήρες εκκένωσης (φθορισμού) με πυκνωτή, $\cos\varphi=0,85 \sim 0,95$
- ✓ Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα, $\cos\varphi=1$
- ✓ Ηλεκτρικό μαγειρείο, $\cos\varphi\approx 1$
- ✓ Ηλεκτρικό πλυντήριο ρούχων, πιάτων, ηλεκτρικό στεγνωτήριο, $\cos\varphi=0,90 \sim 0,95$
- ✓ Κλιματιστική συσκευή, $\cos\varphi=0,85 \sim 0,95$, εκτός εάν είναι γνωστή η πραγματική τιμή του συντελεστή ισχύος (ΣΙ)
- ❖ Τα φορτία ΕΗΕ που εξετάζονται εδώ είναι κυρίως ωμικά και θα λαμβάνεται $\cos\varphi=1$ και μόνο τα φορτία που διαθέτουν κινητήρα περιορισμένης ισχύος θα λαμβάνεται υπόψη ο ΣΙ (συνήθως $\cos\varphi\approx 0,85\sim 0,95$).

Υπολογισμός Διατομής Ασφαλούς Λειτουργίας

➤ Κατά τον υπολογισμό των διατομών των αγωγών των κυκλωμάτων διακλάδωσης λαμβάνονται υπόψη δύο παράγοντες:

1. Η θερμότητα που αναπτύσσεται σε αγωγό από τη ροή του ρεύματος δεν πρέπει να προκαλεί υπερθέρμανση της μόνωσης του αγωγού. Αγωγοί με θερμοπλαστική μόνωση (PVC) αντέχουν μέχρι τους 70°C. Για υψηλότερες θερμοκρασίες λειτουργίας, το μονωτικό καταστρέφεται (!). Η επιλογή της διατομής αγωγού γίνεται από πίνακες με βάση το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας του κυκλώματος λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες εγκατάστασης και λειτουργίας του κυκλώματος. Η διατομή του αγωγού που προκύπτει από αυτή τη θεώρηση ονομάζεται διατομή ασφαλούς λειτουργίας.

Υπολογισμός Διατομής Καλής Λειτουργίας

2. Η πτώση τάσης που προκαλείται στους αγωγούς του κυκλώματος διακλάδωσης, λόγω της ροής του ρεύματος μέσα από αυτούς, δεν πρέπει να υπερβαίνει μια ορισμένη τιμή, ώστε να εξασφαλίζεται η αναγκαία ηλεκτρική τάση στο φορτίο για τη σωστή λειτουργία του. Η διατομή που προκύπτει από τον έλεγχο σε πτώση τάσης ονομάζεται διατομή καλής λειτουργίας.

✓ Στα μονοφασικά κυκλώματα διακλάδωσης, για τον υπολογισμό της πτώσης τάσης λαμβάνεται υπόψη ο αγωγός φάσης και ο αγωγός ουδέτερου. Το συνολικό ποσοστό πτώσης τάσης από το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας ΕΗΕ μέχρι το πιο απομακρυσμένο (δυσμενέστερο) φορτίο δεν πρέπει να ξεπερνά το 4% (9,2 V για μονοφασική και 16 V για τριφασική ΕΗΕ).

Υπολογισμός Διατομής Αγωγών ΕΗΕ

- Για τον υπολογισμό της διατομής αγωγών κυκλώματος διακλάδωσης ακολουθείται η εξής διαδικασία:
1. Υπολογίζεται ή λαμβάνεται από την πινακίδα της συσκευής η ηλεκτρική ισχύς της συσκευής.
 2. Υπολογίζεται το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας της συσκευής.
 3. Αποφασίζεται ο τρόπος εγκατάστασης του κυκλώματος διακλάδωσης και προσδιορίζεται από πίνακες ο συντελεστής πλήθους κυκλωμάτων, f_n (λαμβάνει υπόψη τη μείωση φόρτισης του κυκλώματος, όταν τοποθετείται μαζί με άλλα κυκλώματα).
 4. Λαμβάνεται από πίνακα ο συντελεστής μείωσης φόρτισης λόγω υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος (πάνω από 30°C), f_θ .
 5. Επιλέγεται η διατομή ασφαλούς λειτουργίας του καλωδίου από πίνακα.
 6. Ελέγχεται σε πτώση τάσης η διατομή ασφαλούς λειτουργίας του κυκλώματος διακλάδωσης.

Υπολογισμός Διατομής Αγωγών ΕΗΕ

❑ Υπολογισμός ονομαστικής έντασης λειτουργίας συσκευής

✓ Για μονοφασική συσκευή

$$I = \frac{P_1}{V_{ph} \cos \phi}$$

✓ Για τριφασική συσκευή

$$I = \frac{P_3}{\sqrt{3} V_{l-l} \cos \phi}$$

❑ Η ένταση ρεύματος συνεχούς ροής που δίνουν οι πίνακες των καλωδίων έχουν συνταχθεί με την προϋπόθεση ότι η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 30°C και τα μονοφασικά ή τριφασικά καλώδια (κυκλώματα) είναι μόνα τους πάνω ή μέσα σε τοίχους.

Πίνακας 1

Επιλογή Διατομής Αγωγών ΧΤ

σύστημα 3 μονωμένων
αγωγών σε σελήνα
ή τριπολικό καλώδιο
σε μονωμένο τοίχο



διπολικό καλώδιο σε σελήνα
σε μονωμένο τοίχο



2 μονωμένοι αγωγοί σε
σελήνα σε μονωμένο τοίχο



διπολικό καλώδιο
σε μονωμένο τοίχο



τριπολικό καλώδιο σε
σελήνα πάνω ή μέσα
σε δομικά υλικά (τοίχο)



τριπολικό καλώδιο
σε σελήνα
σε μονωμένο τοίχο



mm ²	A	A	A
1,5	13	13,5	14,5
2,5	17,5	18	19,5
4	23	24	26
6	29	31	34
10	39	42	46
16	52	56	61
25	68	73	80
35	83	89	99
50	99	108	118
70	125	136	149
95	150	164	179
120	172	188	206
150	196	216	240
185	223	245	273
240	261	286	321
300	298	328	367

Όριο φόρτισης
καλωδίων και
μονωμένων αγωγών ΧΤ
από χαλκό και μόνωση
από PVC για 30°C,
τοποθετημένων μέσα ή
πάνω σε τοίχο.

✓ Φορτιζόμενοι αγωγοί
θεωρούνται μόνο οι
ενεργοί αγωγοί,
δηλαδή οι αγωγοί
που διαρρέονται
από ηλεκτρικό
ρεύμα.



Πίνακας 2

Επιλογή Διατομής Αγωγών ΧΤ

σύστημα 3 αγωγών
σε σωλήνα πάνω ή μέσα
σε δομικά υλικά (τοιχο)



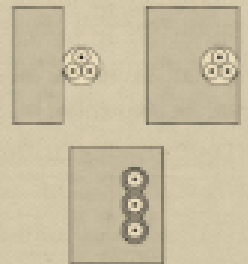
διπολικό καλώδιο
σε σωλήνα μέσα ή πάνω
σε δομικά υλικά (τοιχο)



σύστημα 2 αγωγών
σε σωλήνα πάνω ή μέσα
σε δομικά υλικά (τοιχο)



τριπολικό ή πλατύ καλώδιο
πάνω ή μέσα
σε δομικά υλικά (τοιχο)



διπολικό καλώδιο
στρόγγυλο ή πλατύ
πάνω ή μέσα
σε δομικά υλικά (τοιχο)



mm ²	A	A	A
1,5	15,5	17	19
2,5	21	23	26
4	28	31	35
6	36	40	44
10	50	54	60
16	68	73	80
25	89	95	105
35	109	117	128
50	130	141	154
70	164	179	194
95	197	216	233
120	227	249	268
150	259	285	318
185	295	324	362
240	346	380	424
300	396	435	486



- ✓ Στο μονοφασικό κύκλωμα, ενεργοί αγωγοί είναι της φάσης και του ουδετέρου.
- ✓ Στο τριφασικό σύστημα, ενεργοί αγωγοί είναι των τριών φάσεων. Ο αγωγός ουδετέρου δε θεωρείται ενεργός αγωγός.
- ✓ Ο αγωγός γείωσης δεν θεωρείται ενεργός αγωγός.

Πίνακας 3

Επιλογή Διατομής Αγωγών



mm ²	Πολυπολικά καλώδια		Μονοπολικά καλώδια		
	A	A	σε επαφή	αραιά > 0,3 d	αραιά > 0,3 d
1,5	18,5	22	-	-	-
2,5	25	30	-	-	-
4	34	40	-	-	-
6	43	51	-	-	-
10	60	70	-	-	-
16	80	94	-	-	-
25	101	119	110	130	141
35	126	148	137	162	176
50	153	180	167	196	216
70	196	232	216	251	279
95	238	282	264	304	341
120	276	328	308	352	396
150	319	379	356	406	456
185	364	434	409	463	521
240	430	514	485	546	615
300	497	593	561	629	709
400	-	-	656	754	852
500	-	-	749	868	982
630	-	-	855	1005	1138

Όριο φόρτισης πολυπολικών και μονοπολικών καλωδίων ΧΤ από χαλκό και μόνωση από PVC για 30°C.

✓ Τα καλώδια βρίσκονται μόνα τους στον αέρα ή σε απόσταση μεταξύ τους και από τοίχους άνω του 0,3d (διάμετρος μανδύα καλωδίου)



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ.

Περαγτζάκης

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
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

Πίνακας 4 Συντελεστής Διόρθωσης Θερμοκρασίας

Συντελεστές διόρθωσης, f_{θ} , για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C. Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στους Πίνακες 1, 2 και 3.



Πίνακας 5: Συντελεστής Διόρθωσης Λόγω Πλήθους Καλωδίων

α/α	Τρόπος τοποθέτησης μονωμένων αγωγών ή καλωδίων	Πλήθος κυκλωμάτων ή πολυπολικών καλωδίων											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	- Ελεύθερα στον αέρα ή - επάνω στην επιφάνεια δομικού υλικού ή - επιτοίχια γυμνά ή σε σωλήνα ή - εντοιχισμένα γυμνά ή σε σωλήνα	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2	Σε απλή στρώση, σε επαφή με τοίχο ή με δάπεδο ή επάνω σε συμπαγή φορέα καλωδίων	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70
3	Σε απλή στρώση, στερεωμένη απευθείας κάτω από οροφή	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61



Συντελεστής διόρθωσης, f_n , για την ομαδοποίηση κυκλωμάτων ή πολυπολικών καλωδίων σε επαφή ή σε μικρή απόσταση μεταξύ των. Εφαρμόζονται σε ομάδες ισοφορτιζμένων καλωδίων. Δεν απαιτείται καμία διόρθωση για απόσταση μεταξύ των καλωδίων μεγαλύτερη από το διπλάσιο της διαμέτρου των καλωδίων.

Συντελεστής Διόρθωσης Λόγω Πλήθους Αγωγών

- Εάν οι ενεργοί αγωγοί κυκλώματος (ρευματοφόροι αγωγοί) που βρίσκονται μέσα στο ίδιο περίβλημα (π.χ. σωλήνα) είναι περισσότεροι από τρεις, τότε λαμβάνεται συντελεστής διόρθωσης, f_c , για τις τιμές των Πινάκων 1 και 2 ως εξής:

Πίνακας 6

Αριθμός Αγωγών	Συντελεστής Διόρθωσης, f_c
4 - 6	0,80
7 - 9	0,70

- Διάμετροι πλαστικών ή χαλύβδινων σωλήνων ΕΗΕ

$$D_p = 1,57 \cdot d_c$$

- ✓ D_p : Εσωτερική διάμετρος σωλήνα
- ✓ d_c : Πάχος (διάμετρος) καλωδίου.
- ✓ Τυποποιημένες τιμές $D_p = 13,5\text{mm}, 16\text{mm}, 23\text{mm}, 29\text{mm}, 36\text{mm}$.

Πλήθος Αγωγών σε Σωλήνες ΕΗΕ

Πίνακας 7: Επιτρεπόμενος αριθμός αγωγών σε σωλήνες ΕΗΕ

Αριθμός και διατομή αγωγών (mm ²)	Εσωτερική διάμετρος σωλήνων (mm)	
	Ορατοί σωλήνες	Χωνευτοί σωλήνες
(2÷4)x1,5	13,5	16
(5÷7)x1,5	16	16
(8÷12)x1,5	23	23
3x2,5	13,5	16
3x2,5	16	16
3x4	16	23
3x6	16	23
3x10	23	23
3x16	29	29

Επιλογή Διατομής Ασφαλούς Λειτουργίας

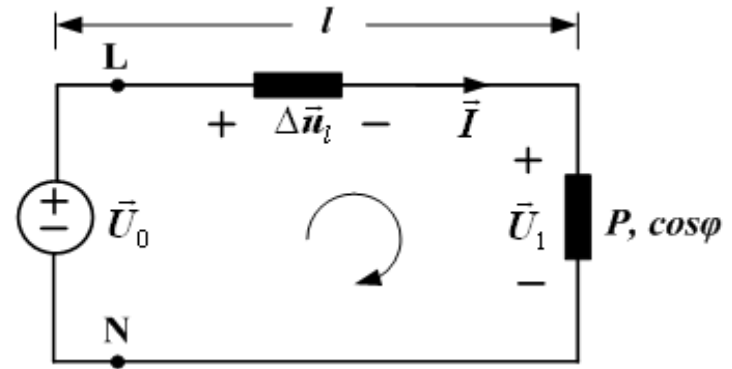
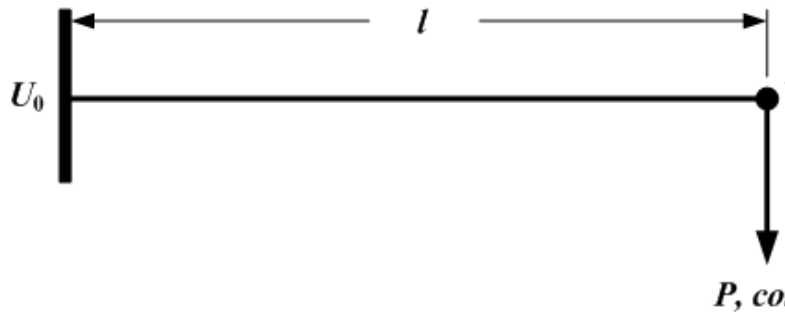
- ❑ Υπολογίζεται η ονομαστική ένταση λειτουργίας του κυκλώματος, I_b .
- ❑ Προσδιορίζονται οι συντελεστές διόρθωσης λόγω θερμοκρασίας, f_θ , (Πίνακας 4), ομαδοποίησης κυκλωμάτων ή πολυπολικών καλωδίων, f_n , (Πίνακας 5) και πλήθους ρευματοφόρων αγωγών, f_c , (Πίνακας 6).
- ❑ Υπολογίζεται η ένταση ρεύματος, I_b' ,

$$I_b' = \frac{I_b}{f_\theta f_n f_c}$$

- ❑ Με βάση το ρεύμα I_b' επιλέγεται από τους Πίνακες 1÷3 η διατομή ασφαλούς λειτουργίας, a_{AL} , της γραμμής, η οποία πρέπει να έχει ρεύμα αναφοράς $I_o \geq I_b'$. Στη συνέχεια, η διατομή ασφαλούς λειτουργίας ελέγχεται σε πτώση τάσης.

Υπολογισμός Πτώσης Τάσης Κυκλωμάτων Διακλάδωσης ΕΗΕ

1. Πτώση τάσης σε κυκλώματα τροφοδότησης ενός φορτίου



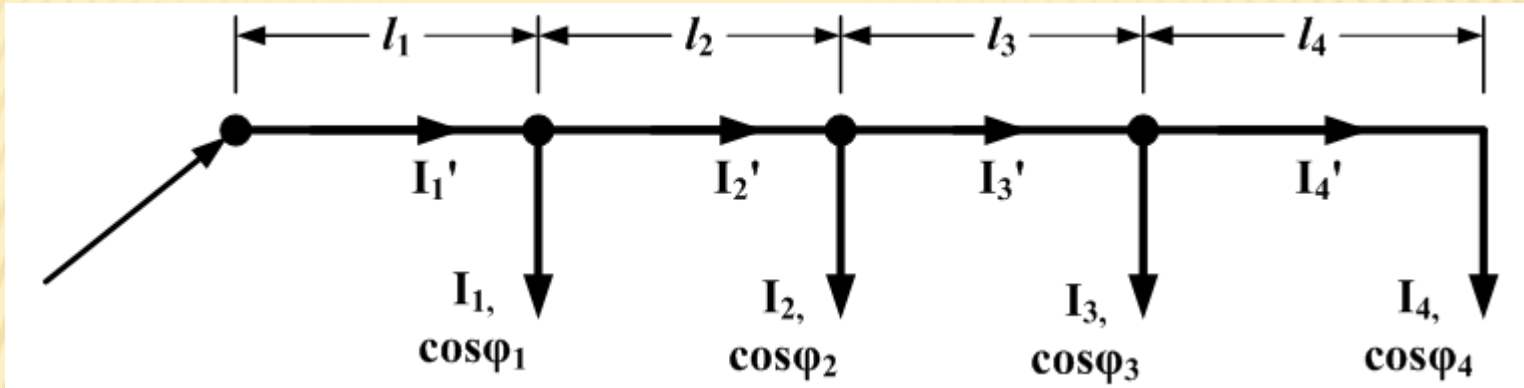
✓ Για μονοφασικό κύκλωμα:

$$\varepsilon\% = \Delta u\% = \frac{\Delta u_{ph}}{U_{ph}} 100, \quad \frac{\Delta u_{ph}}{U_{ph}} = \frac{\rho \cdot 2l \cdot I \cdot \cos \phi}{q_{\Delta\Delta} U_{ph}}$$

✓ Για τριφασικό κύκλωμα:

$$\varepsilon\% = \Delta u\% = \frac{\Delta u_{l-l}}{U_{l-l}} 100, \quad \frac{\Delta u_{l-l}}{U_{l-l}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \phi}{q_{\Delta\Delta} U_{l-l}}$$

2. Πτώση τάσης σε κυκλώματα τροφοδότησης με πολλά φορτία



- ✓ Για μονοφασικό κύκλωμα (δε συναντάται σε τριφασική διάταξη σε ΕΗΕ κατοικιών):

$$\varepsilon\% = \Delta u\% = \frac{\Delta u_{ph}}{U_{ph}} 100$$

$$\frac{\Delta u_{ph}}{U_{ph}} = \frac{2\rho \cdot \cos\phi_m}{q_{\text{ΑΛ}} U_{ph}} (l_1 I_1' + l_2 I_2' + l_3 I_3' + l_4 I_4')$$

Από κανονισμούς (ΕΛΟΤ HD 384)

πρέπει να είναι $\varepsilon \leq 4\%$.

Συνιστάται $\varepsilon \leq 2,5\%$

(Περίπου $1,0\%$ στην παροχή και

$1,5\%$ στα κυκλώματα

διακλάδωσης)

Υπολογισμός Πτώσης Τάσης Κυκλωμάτων Διακλάδωσης ΕΗΕ

✓ Όπου: $\cos\phi_m$: Το μέσο $\cos\phi$ του κυκλώματος:

$$\cos\phi_m = \frac{I_1 \cos\phi_1 + I_2 \cos\phi_2 + I_3 \cos\phi_3 + I_4 \cos\phi_4}{I_1 + I_2 + I_3 + I_4}$$

ΚΑΙ:

$$I'_1 = I_1 + I_2 + I_3 + I_4, \quad I'_2 = I_2 + I_3 + I_4, \quad I'_3 = I_3 + I_4, \quad I'_4 = I_4$$

✓ Εάν είναι γνωστή η διαθέσιμη πτώση τάσης και ζητείται η διατομή καλής λειτουργίας, $q_{κλ}$, του κυκλώματος:

$$q_{κλ} = \frac{2 \cdot \rho \cdot \cos\phi_m \cdot 100}{\varepsilon\% \cdot U_{ph}} (l_1 I'_1 + l_2 I'_2 + l_3 I'_3 + l_4 I'_4)$$

❖ Ως διατομή των αγωγών του κυκλώματος λαμβάνεται η μεγαλύτερη από τις διατομές ασφαλούς και καλής λειτουργίας, ώστε να ικανοποιούνται ταυτόχρονα και τα δύο κριτήρια επιλογής.

Επίπεδο Εξοπλισμού ΕΗΕ (Ενδεικτικές όχι Υποχρεωτικές Τιμές)

Απαιτήσεις εξοπλισμού	(1) *		(2) * *		(3) * * *	
Ηλεκτρικές γραμμές φωτισμού						
Υπνοδωμάτιο / Σαλόνι ²⁾						
≤ 12 m ²	3	1	5	2	7	3
< 12 ≤ 20 m ²	4	1	7	2	9	3
> 20 m ²	5	2	9	3	11	4
Κουζίνα ²⁾	5	2	7	2	8	2
	7	2	9	3	11	3
Χώρος εργασίας στο σπίτι	4	1	7	2	9	3
Λουτρό	3	2	4	3	5	3
Τουαλέτα	1	1	2	1	2	2
Χωλ / διάδρομος, μήκος ≤ 2,5m	1	1	1	2	1	3
> 2,5m	1	1	2	2	3	3
Ελεύθερος χώρος πλάτος ≤ 3m	1	1	1	1	2	1
(μπαλκόνι, ταράτσα) > 3m	1	1	2	1	3	2
Χώρος αποθήκευσης	1	1	2	1	2	1
Χώρος υπογείου, που ανήκει στο διαμέρισμα	1	1	2	1	2	1
Χώρος για χόμπι (play-room)	3	1	5	2	7	2
Κυκλώματα φωτισμού και πριζών ³⁾	4		6		7	

- 1) Πρίζες δίπλα σε κομοδίνα να είναι διπλές. Πρίζες δίπλα σε υποδοχές κεραιών να είναι τριπλές. Οι πολλαπλές πρίζες λαμβάνονται ως μία πρίζα.
- 2) Σε χώρους με τραπεζαρία αυξάνεται ο αριθμός πριζών κατά 1.
- 3) Αυξάνεται κατά 1, όταν υπάρχει χώρος εργασίας στο σπίτι.
- 4) Όταν δεν υπάρχει άλλη παροχή ζεστού νερού.
- 5) Στο κέντρο φορτίου της ΕΗΕ.

Επίπεδο Εξοπλισμού ΕΗΕ (Ενδεικτικές όχι Υποχρεωτικές Τιμές)

Απαιτήσεις εξοπλισμού	(1) *	(2) * *	(3) * * *
Κυκλώματα φωτισμού και πριζών ³⁾	4	6	7
Κυκλώματα συσκευών			
Πίνακας διανομής ⁵⁾	2 σειρών	3 σειρών	4 σειρών
Ραδιοφωνικά και τηλεοπτικά συστήματα λήψης			
Τηλεφωνική εγκατάσταση			
Επικοινωνία κτιρίων			

- 6) Σε μονοκατοικία λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές απαιτήσεις.
- 7) Με πολλά σημεία συνομιλίας στην κατοικία.
- 8) Σε μονοκατοικίες και διπλοκατοικίες.
- 9) Μία υποδοχή κεραίας, έως και τέσσερις χώρους.

- (1) *: Ελάχιστος εξοπλισμός
- (2) **: Κανονικός εξοπλισμός
- (3) ***: Αυξημένος εξοπλισμός.

Επίπεδο Εξοπλισμού ΕΗΕ

Υπόμνημα συμβόλων

	Πρίζα σούκο		Ηλεκτρική συσκευή, γενικά
	Έξοδος φωτιστικού		Κουδούνι
	Ηλεκτρική κουζίνα γενικά		Ηλεκτρική κλειδαριά
	Φούρνος		Σημείο συνομιλίας
	Πλυντήριο πιάτων		Σύστημα συναγερμού
	Πλυντήριο ρούχων		Πρίζα τηλεπικοινωνίας
	Στεγνωτήριο		Ενισχυτής κεραίας
	Ηλεκτρικός θερμοσίφωνας		Πρίζα κεραίας TV

Τυποποιημένες Παροχές ΧΤ της ΔΕΗ

Μονοφασικές Παροχές (ΔΕΗ)

Όνομασία Παροχής	Ισχύς Παροχής (kVA)	Εναλλακτική Προστασία		Καλώδιο Παροχής Μετρητή (mm ²)	Γραμμή Μετρητή- Πίνακα (mm ²)	Μετρητής
		Ασφάλεια (A)	Μικροαυτόματος (A)			
No 01	-	25	25	2x6	3x10	2x10/40
No 02	-	30	32	2x6	3x10	2x10/40
No 03	8	35	40	2x6	3x10	2x10/40
No 04	10	50	50	2x16	3x16	2x15/60
No 05	12	63	63	2x16	3x16	2x15/60

- ✓ Σήμερα, στις κατοικίες εφαρμόζονται πλέον οι μονοφασικές παροχές No 03 έως No 05.
- ✓ Το καλώδιο της παροχής ΔΕΗ είναι διπολικό (L, N) και το καλώδιο της παροχής μετρητή-γενικού πίνακα είναι τριπολικό (L,N,PE).
- ✓ Οι διατομές της παροχής μετρητή-γενικού πίνακα είναι οι ελάχιστες και πρέπει να ελέγχονται σε πτώση τάσης.

Τυποποιημένες Παροχές ΧΤ της ΔΕΗ

Τριφασικές Παροχές (ΔΕΗ)							
Όνομα σία Παροχής	Ισχύς Παροχής (kVA)	Συμφωνημέ νη ισχύς (kVA)	Εναλλακτική Προστασία		Καλώδιο Παροχής Μετρητή (mm ²)	Γραμμή Μετρητή -Πίνακα (mm ²)	Μετρητής
			Ασφάλεια (A)	Μικροαυτ όματος (A)			
No 1	15	10	3x25	3x25	4x6	5x10	3x10/40
No 1α	18	14	3x30	3x32	4x6	5x10	3x10/40
No 2	25	21	3x35	3x40	4x6	5x10	3x10/40
N 2α	29	24	3x50	3x50	4x16	5x16	3x20/60
N 3	35	30	3x63	3x63	4x16	5x16	3x20/60
N4	55	45	3x100	-	4x25	5x25 ή 5x35	3x50/100

- ✓ Σήμερα, στις κατοικίες εφαρμόζονται πλέον οι τριφασικές παροχές No 2, No 3 και No 4.
- ✓ Το καλώδιο της παροχής ΔΕΗ είναι τετραπολικό (L₁, L₂, L₃, N) και το καλώδιο της παροχής μετρητή-γενικού πίνακα είναι πενταπολικό (L₁, L₂, L₃, N, PE).

Χαρακτηρισμός Τιμολογίων Καταναλωτών

A/A	Χαρακτηρισμός Τιμολογίου	Κατηγορία Καταναλωτή
1	Γ1	Οικία
2	Γ1N	Οικία με νυκτερινό τιμολόγιο
3	Γ2N	Πολυκατοικία
4	Γ21N	Εμπορικό κατάστημα με ισχύ μέχρι 25 kVA
5	Γ21B	Βιοτεχνία μέχρι 25 kVA
6	Γ22E	Εμπορικό κατάστημα με ισχύ μεγαλύτερη των 25 kVA
7	Γ22B	Βιοτεχνία με ισχύ μεγαλύτερη των 25 kVA
8	Γ23	Επαγγελματικό με νυκτερινό τιμολόγιο
9	Γ33	Αρδευτική εγκατάσταση
10	Γ49	Δημοτικός φωτισμός

- ✓ Η κάθε χρήση ηλεκτρικού ρεύματος (οικιακή, επαγγελματική, αρδευτική κ.λπ.) χρεώνεται σε διαφορετικό τιμολόγιο από τη ΔΕΗ.
- ✓ Για να είναι εφικτή η σύνδεση οικιακού καταναλωτή στο τιμολόγιο μειωμένης τιμής (Γ1N), πρέπει να υπάρχει στην παροχή μετρητή-γενικού πίνακα, ένας επιπλέον αγωγός διατομής 1,5mm², για την αυτόματη ειδοποίηση του καταναλωτή για τις ώρες λειτουργίας του μειωμένου τιμολογίου.

Προσδιορισμός Ισχύος/Ρεύματος Φωτιστικών και Ρευματοδοτών/Ηλεκτρικών Μαγειρείων

Πίνακας 8

Είδος Κατανάλωσης		Ένταση Ρεύματος (A)	Ισχύς (W)
Απλό φωτιστικό		0,5	100
Πολύφωτο		1,5	200
Φωτιστικό μεγάλης ισχύος		Με υπολογισμό	
Πρίζες	Η πρώτη τετράδα	1,5	200
	Οι υπόλοιπες της τετράδας	0,5	100
Για ηλεκτρικό μαγειρείο με ισχύ μικρότερη από 12 kW, η συνολική ταυτόχρονη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος λαμβάνεται ίση με το 80% της ονομαστικής ισχύος της συσκευής και πάντως όχι μεγαλύτερη από 8 kW.			

Προσδιορισμός Ρεύματος Παροχής Μετρητή-Γενικού Πίνακα

A/A	Είδος παροχής εγκατάστασης	Άθροισμα ρευμάτων γραμμών που αναχωρούν από τον ηλεκτρικό πίνακα	Ένταση ρεύματος που επιβαρύνει τελικά το δίκτυο	Συντελεστής ταυτοχρονισμού εγκατάστασης (g)
1	Μονοφασική	Κατανομή ηλεκτρικού φορτίου στη μία φάση του δικτύου	[Άθροισμα ρευμάτων] * g	0,4
2	Τριφασική	Ισοκατανομή (κατά το δυνατόν) στις τρεις φάσεις του δικτύου. Η φάση με τη μεγαλύτερη ένταση ρεύματος αποτελεί το δυσμενέστερο φορτίο της εγκατάστασης	[Δυσμενέστερο φορτίο] * g	0,8

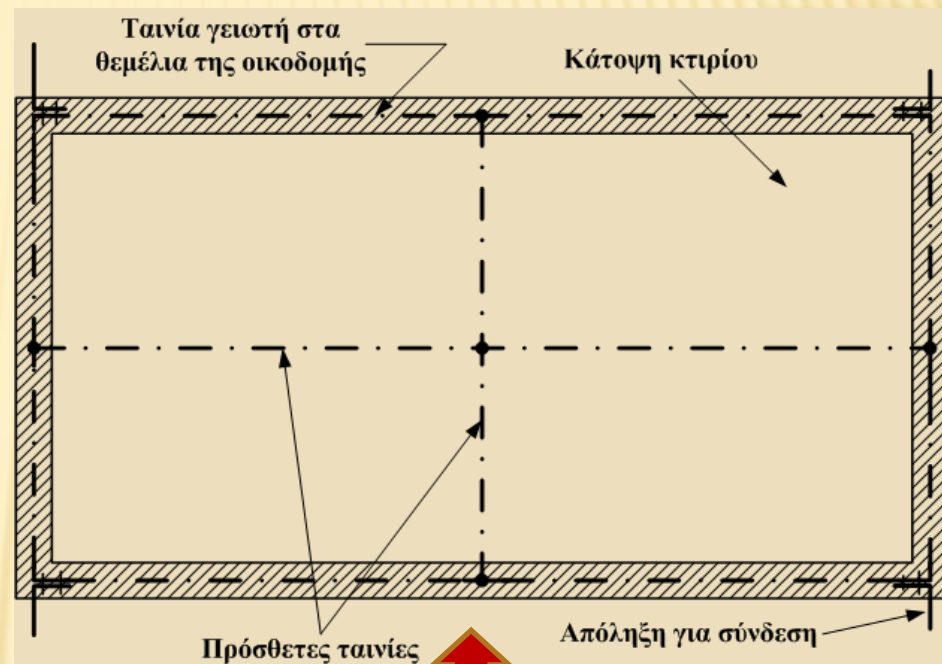
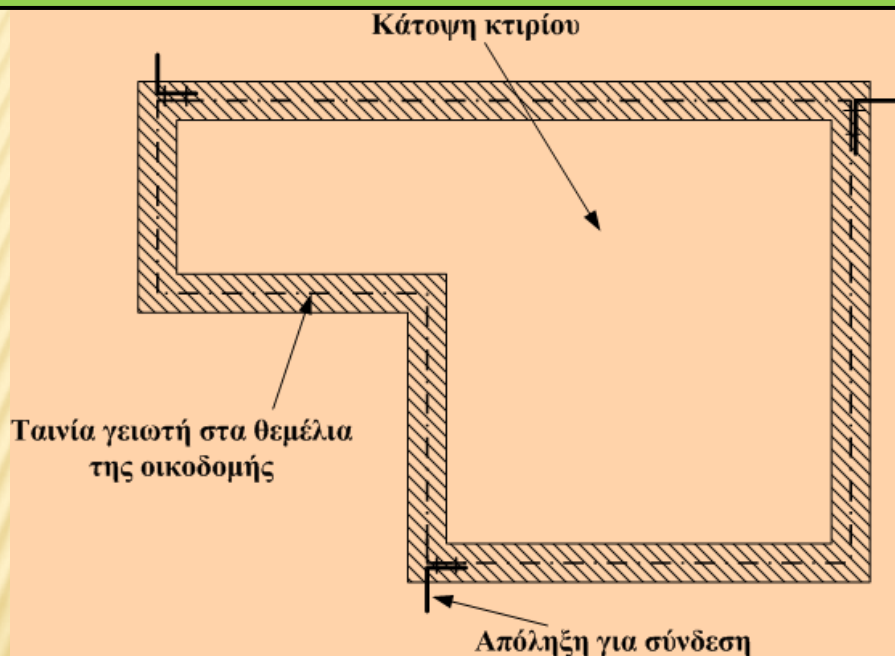
- ✓ Υπολογίζεται το άθροισμα των ρευμάτων που αναχωρούν από τον ηλεκτρικό γενικό πίνακα.
- ✓ Υπολογίζεται η μέγιστη ένταση ρεύματος παροχής, λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή ταυτοχρονισμού.
- ✓ Προσδιορίζονται οι συντελεστές θερμοκρασίας και πλήθους καλωδίων.
- ✓ Επιλέγεται η διατομή των αγωγών της παροχής.

Ισοκατανομή του Φορτίου στις Τρεις Φάσεις

- Στις τριφασικές παροχές πρέπει να γίνεται κατανομή των μονοφασικών κυκλωμάτων στις τρεις φάσεις, έτσι, ώστε και οι τρεις φάσεις να φορτίζονται, κατά το δυνατόν, ομοιόμορφα.
- Η κατανομή αυτή γίνεται με τη σύνδεση των διαφόρων μονοφασικών και τριφασικών κυκλωμάτων διακλάδωσης στις τρεις φάσεις έτσι, ώστε το άθροισμα των ονομαστικών εντάσεων των οργάνων προστασίας των μονοφασικών κυκλωμάτων σε κάθε φάση να είναι, κατά το δυνατόν, το ίδιο. Επιπλέον, κάθε φάση πρέπει να έχει όσο το δυνατόν, το ίδιο πλήθος φορτίων από κάθε κατηγορία (ίδιο ΣΙ).
- Οι αγωγοί της τριφασικής κύριας γραμμής και τα μέσα διακοπής και ελέγχου θα υπολογιστούν με βάση τη μεγαλύτερη από τις τρεις μέγιστες εντάσεις στις τρεις φάσεις.

Προσδιορισμός Αντίστασης Θεμελιακής Γείωσης

Περιορισμός: Κανένα σημείο της κάτοψης δεν πρέπει να απέχει απόσταση μεγαλύτερη από 10m από αγωγό θεμελιακής γείωσης (κριτήριο για την τοποθέτηση ή μη πρόσθετων ταινιών).



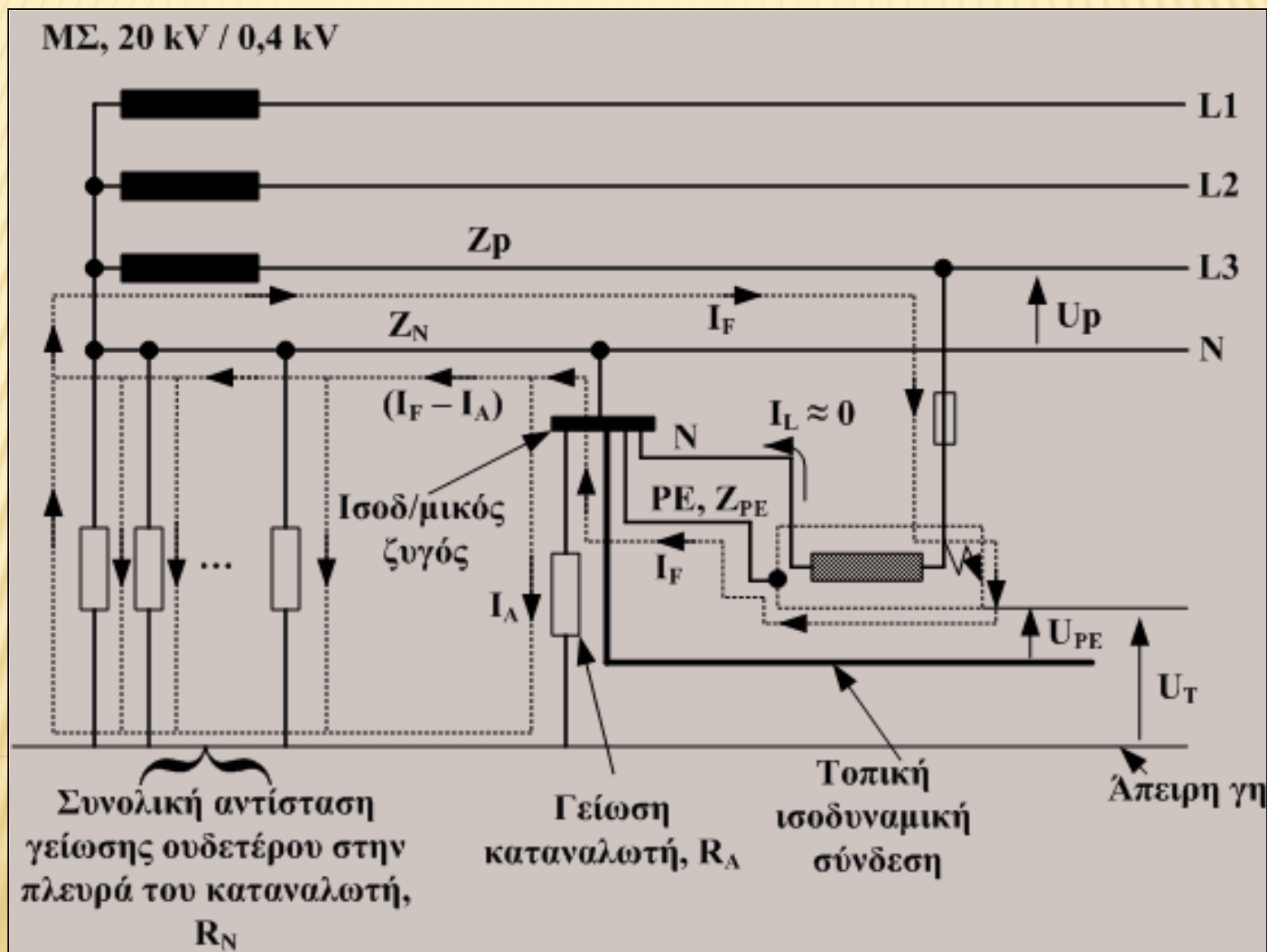
$$R_A = \frac{2}{\pi} \frac{\rho}{D}, \quad D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$$

$$R_A = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}, \quad d = \sqrt{4A/\pi}$$

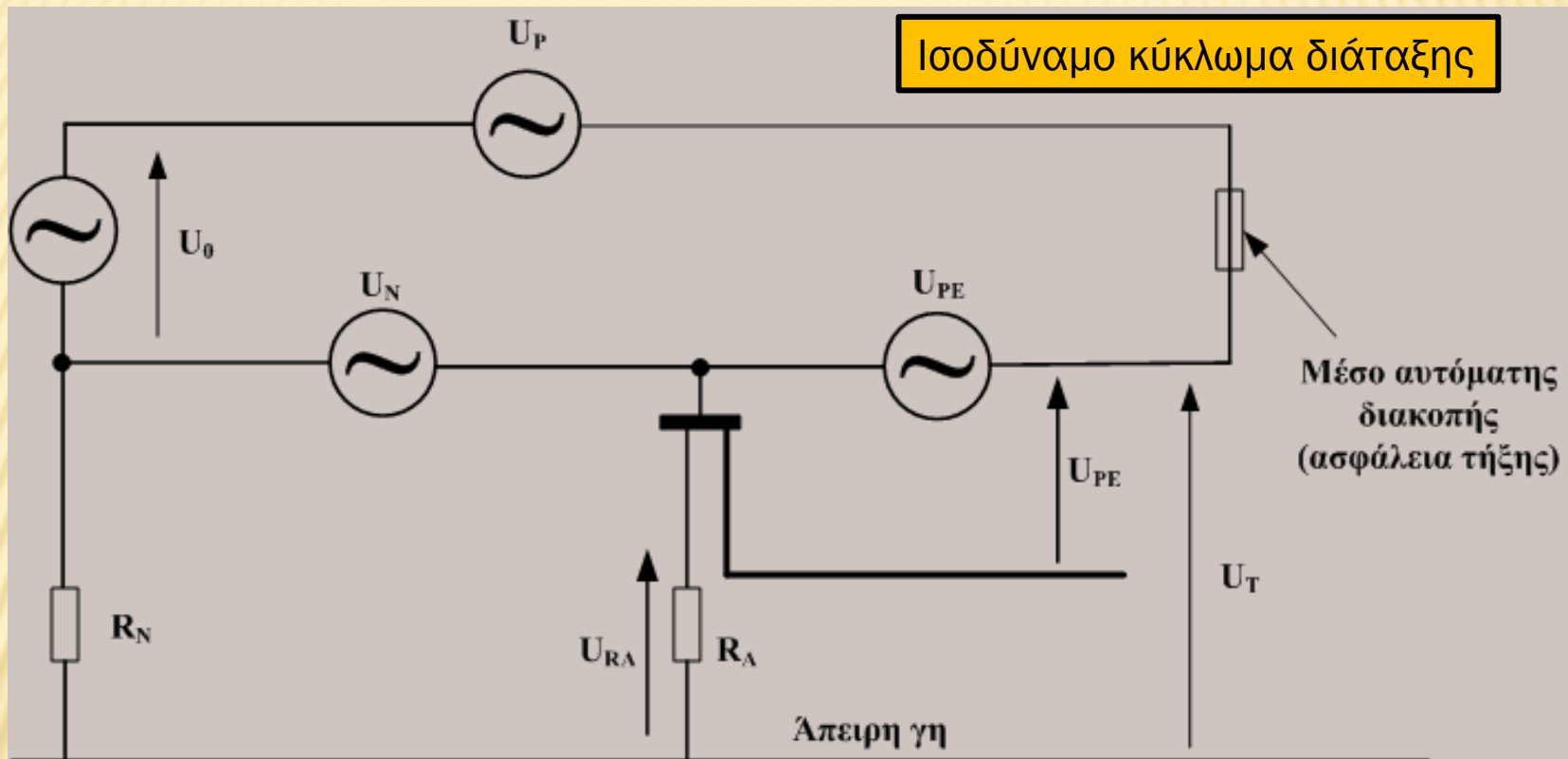
R_A : Αντίσταση θεμελιακού γειωτή σε Ω , ρ : Ειδική αντίσταση εδάφους σε Ωm , S : Εμβαδόν κάτοψης κτιρίου σε m^2 , l : Μήκος ταινιών γειωτή σε m , A : Διατομή ταινίας γειωτή σε m^2

Επίδραση της Χαμηλής Αντίστασης Γείωσης

Στέρεο βραχυκύκλωμα μεταξύ φάσης (L) και μεταλλικού περιβλήματος συσκευής (PE)



Επίδραση της Χαμηλής Αντίστασης Γείωσης



U_0 : Φασική τάση του δικτύου, U_p : Πτώση τάσης στον αγωγό φάσης, U_N : Πτώση τάσης στον ουδέτερο αγωγό, U_{PE} : Πτώση τάσης αγωγού γείωσης ως προς τον κόμβο γείωσης του ουδέτερου, R_N : Συνολική αντίσταση γείωσης ουδέτερου αγωγού στη θέση του καταναλωτή, R_A : Αντίσταση γείωσης του καταναλωτή, U_{RA} : Πτώση τάσης στο ηλεκτρόδιο γείωσης του καταναλωτή, U_T : Τάση επαφής στα μεταλλικά περιβλήματα των συσκευών ως προς άπειρη γη (σημείο με μηδενικό ηλεκτρικό δυναμικό).

Επίδραση της Χαμηλής Αντίστασης Γείωσης

- Ρεύμα σφάλματος:

$$I_F = \frac{U_0}{Z_P + Z_N + Z_{PE}}$$

- Πτώση τάσης στον αγωγό φάσης, τον ουδέτερο αγωγό και τον αγωγό προστασίας:

$$U_p = Z_p \cdot I_F, \quad U_N = Z_N \cdot I_F, \quad U_{PE} = Z_{PE} \cdot I_F$$

- Τάση επαφής στα μεταλλικά περιβλήματα:

$$U_T = U_{PE} + U_N \frac{R_A}{R_A + R_N}$$

Επίδραση της Χαμηλής Αντίστασης Γείωσης

□ Εφαρμογή: $U_0=230V$, $R_N=10\Omega$, $R_{A1}=35\Omega$ (πασσαλογειωτής), $R_{A2}=2\Omega$ (θεμελιακός γειωτής) $Z_p=1\Omega$, $Z_{PE}=0,2\Omega$, $Z_N=0,8\Omega$, $Z_F=0\Omega$. Να υπολογιστεί η U_T για τα δύο είδη γειωτών.

$$I_F = \frac{U_0}{Z_P + Z_N + Z_{PE}} = \frac{230}{1 + 0,8 + 0,2} = 115 A$$

$$U_{PE} = I_F * Z_{PE} = 115 * 0,2 = 23V$$

$$U_N = I_F * Z_N = 115 * 0,8 = 92V$$

Τάση επαφής με τον πασσαλογειωτή

$$U_T = U_{PE} + U_N \frac{R_A}{R_A + R_N} = 23 + 92 \frac{35}{35 + 10} = 94,55 \cong 95V.$$

Τάση επαφής με το θεμελιακό

$$U_T = U_{PE} + U_N \frac{R_A}{R_A + R_N} = 23 + 92 \frac{2}{2 + 10} = 38,33 V.$$

Βήματα για τη Σχεδίαση ΕΗΕ Κτηρίου

- Για την πραγματοποίηση της μελέτης και της σχεδίασης ΕΗΕ ακολουθούνται τα εξής βήματα:
 - ✓ Συγκεντρώνονται τα αρχιτεκτονικά σχέδια των κατόψεων και των χαρακτηριστικών τομών του κτιρίου. Πρόκειται για σχέδια με κλίμακα 1:50 ή 1:100.
 - ✓ Αποφασίζεται: το πλήθος και η θέση των φωτιστικών σημείων, των ρευματοδοτών και των ηλεκτρικών συσκευών με ξεχωριστά κυκλώματα διακλάδωσης, η θέση του γενικού πίνακα και του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας (μετά από υπόδειξη της ΔΕΗ).
 - ✓ Αποφασίζεται το πλήθος των κυκλωμάτων διακλάδωσης της ΕΗΕ.

Βήματα για τη Σχεδίαση ΕΗΕ Κτηρίου

- ✓ Σχεδιάζονται τα κυκλώματα διακλάδωσης στην κάτοψη του κτηρίου.
- ✓ Αποφασίζεται ο τρόπος εγκατάστασης των γραμμών των κυκλωμάτων διακλάδωσης. Συντάσσεται πίνακας μηκών των επιμέρους τμημάτων των κυκλωμάτων διακλάδωσης.
- ✓ Υπολογίζονται οι ονομαστικές εντάσεις λειτουργίας των κυκλωμάτων διακλάδωσης (φόρτιση γραμμής μέχρι το 70÷80% της ονομαστικής έντασης της ασφάλειας).
- ✓ Υπολογίζεται η διατομή των αγωγών των γραμμών των κυκλωμάτων διακλάδωσης και της γενικής παροχής της ΕΗΕ.

"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά", Γ. Περαντζάκης

Βήματα για τη Σχεδίαση ΕΗΕ Κτηρίου

- ✓ Επιλέγεται το είδος των αγωγών, καλωδίων και λοιπών εξαρτημάτων που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή της ΕΗΕ.
- ✓ Σχεδιάζεται το μονογραμμικό διάγραμμα του γενικού πίνακα (ή πινάκων) με τα κυκλώματα διακλάδωσης και των μέσων προστασίας και ελέγχου λειτουργίας των κυκλωμάτων. Στα στοιχεία των κυκλωμάτων αναγράφονται τα ονομαστικά τους δεδομένα.
- ✓ Σχεδιάζεται στην κάτοψη του κτηρίου η θεμελιακή γείωση με το αναγκαίο πλήθος των ισοδυναμικών ζυγών.

Παράδειγμα Σχεδίασης ΕΗΕ Κατοικίας

➤ Δίνεται η κάτοψη κατοικίας σε κλίμακα 1:50 και ζητούνται:

1. Να σχεδιαστεί στην κάτοψη του κτηρίου η θέση των φωτιστικών σημείων, των ρευματοδοτών, των συσκευών, του γενικού πίνακα και του μετρητή, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα ηλεκτρολογικά σύμβολα.
2. Να αποφασιστεί το πλήθος των κυκλωμάτων της ΕΗΕ. Θα προβλεφθούν μικτά κυκλώματα φωτισμού-ρευματοδοτών και ανεξάρτητα κυκλώματα για ηλεκτρικές συσκευές με ισχύ $\geq 1,5\text{kW}$.
3. Να σχεδιαστούν στην κάτοψη τα κυκλώματα της ΕΗΕ.

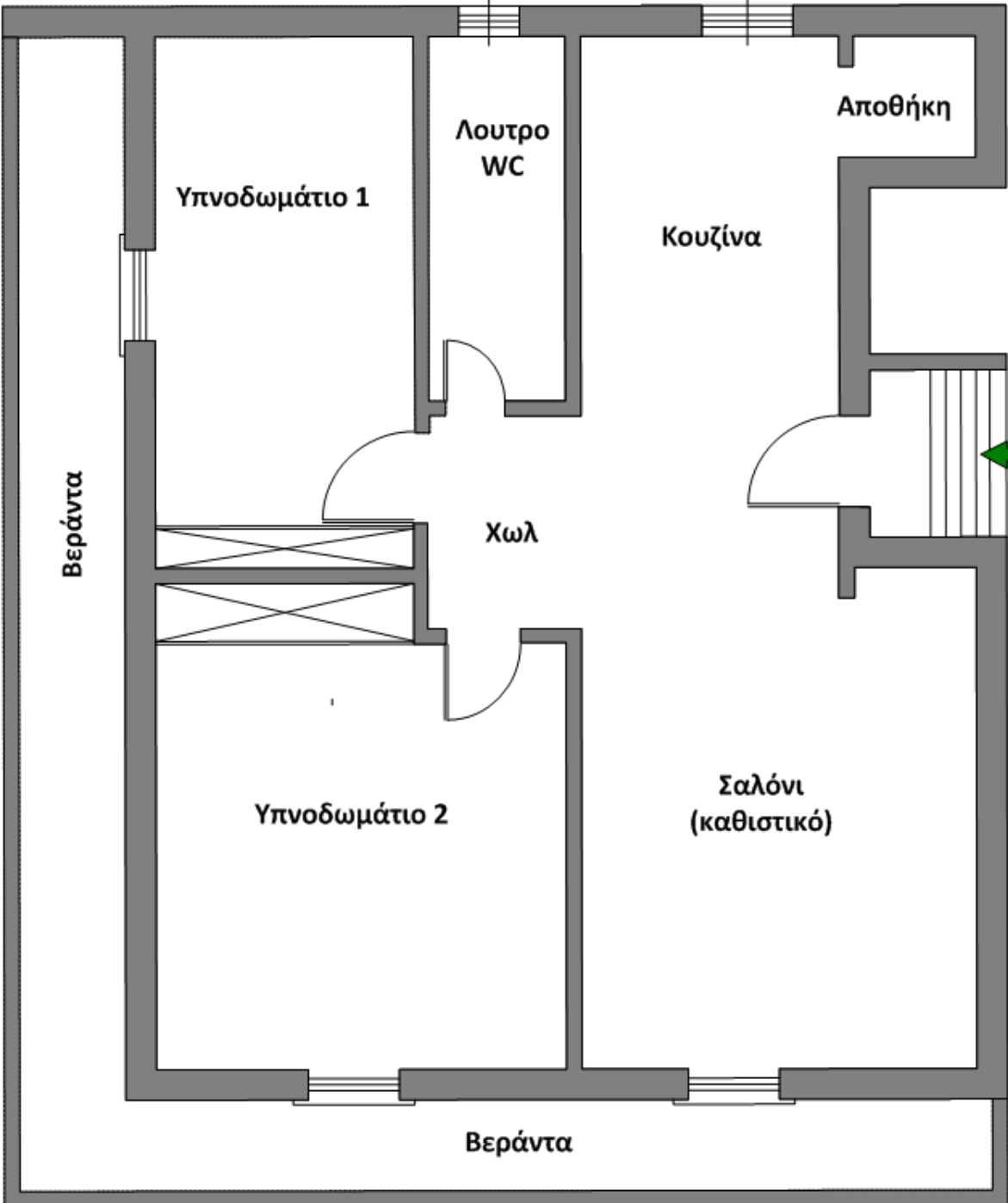
Παράδειγμα Σχεδίασης ΕΗΕ Κατοικίας

4. Να συνταχθεί πίνακας μηκών των επιμέρους τμημάτων των κυκλωμάτων διακλάδωσης, προκειμένου να ελεγχθεί η διατομή ασφαλούς λειτουργίας των διατομών των αγωγών των κυκλωμάτων διακλάδωσης της ΕΗΕ.
5. Να αποφασιστεί ο τρόπος εγκατάστασης των γραμμών των κυκλωμάτων διακλάδωσης και να επιλεγούν οι συντελεστές πλήθους καλωδίων και θερμοκρασίας.
6. Να υπολογιστεί η ένταση ρεύματος της παροχής και να επιλεγεί η κατάλληλη διατομή. Θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο πενταπολικό με θερμοπλαστική μόνωση.

Παράδειγμα Σχεδίασης ΕΗΕ Κατοικίας

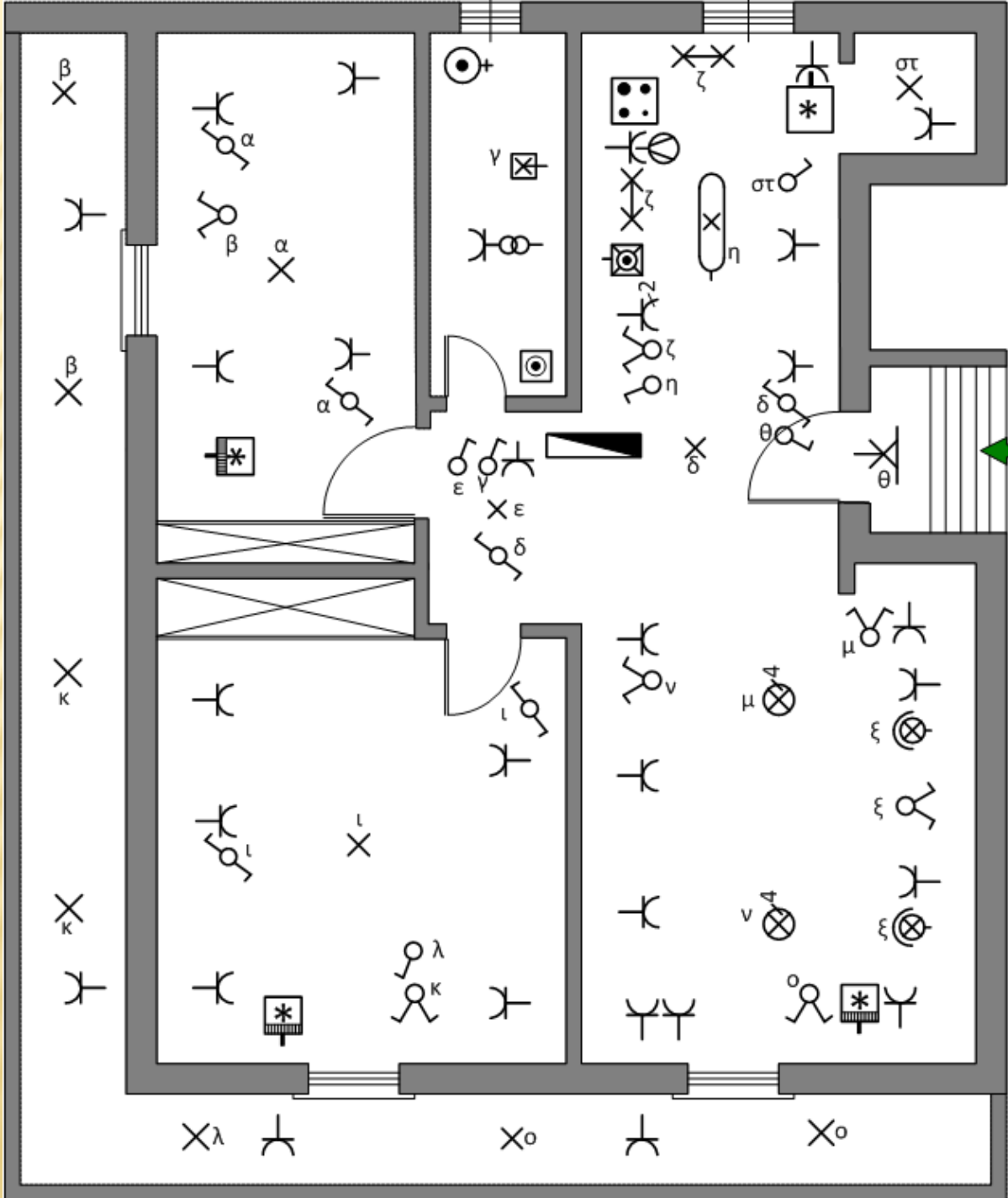
7. Να υπολογιστούν οι εντάσεις ρεύματος των κυκλωμάτων διακλάδωσης, να επιλεγούν οι διατομές των γραμμών και να αποφασιστεί το είδος της γραμμής των κυκλωμάτων διακλάδωσης.
8. Να σχεδιαστεί το μονογραμμικό διάγραμμα του τριφασικού πίνακα της ΕΗΕ.
9. Να σχεδιαστεί στην κάτοψη του κτηρίου η πορεία του αγωγού (αγωγών) της θεμελιακής γείωσης της ΕΗΕ, καθώς και η θέση των αναγκαίων ισοδυναμικών ζυγών. Να υπολογιστεί η αναμενόμενη αντίσταση γείωσης του θεμελιακού γειωτή και να ελεγχθεί η τάση σφάλματος.

Παράδειγμα – Κάτοψη Κατοικίας



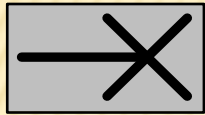
"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά",
Γ. Περαντζάκης

Παράδειγμα – Τοποθέτηση Ηλεκτρικών Συμβόλων

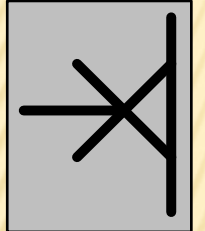


"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά",
Γ. Περαντζάκης

Υπόμνημα Συμβόλων



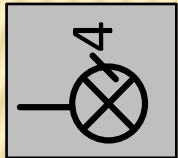
Απλό φωτιστικό σημείο



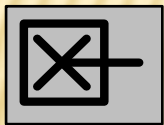
Επιτοίχιο φωτιστικό σημείο



Προβολέας, απλίκια



Σύνθετο φωτιστικό σώμα
(πολύφωτο) με 4 λαμπτήρες



Κλειστό φωτιστικό σώμα
στεγανού τύπου



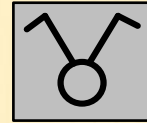
Λαμπτήρας φθορισμού



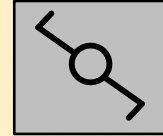
Ρευματοδότης με επαφή
προστασίας (τριπολικός)



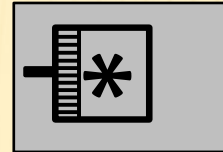
Διακόπτης απλός



Διακόπτης κομμιατέρ



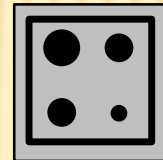
Διακόπτης αλλέ-ρετούρ



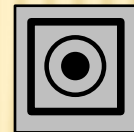
Συσκευή κλιματισμού



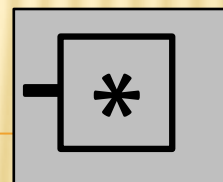
Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα



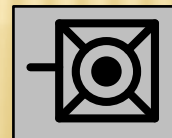
Ηλεκτρικό μαγειρείο



Ηλεκτρικό πλυντήριο
ρούχων

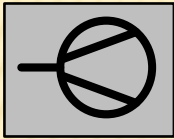


Ηλεκτρικό ψυγείο



Ηλεκτρικό πλυντήριο
πιάτων

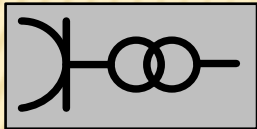
Υπόμνημα Συμβόλων



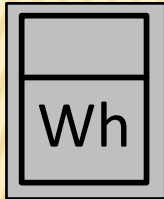
Ηλεκτρικός εξαεριστήρας



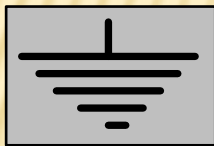
Ηλεκτρικός πίνακας



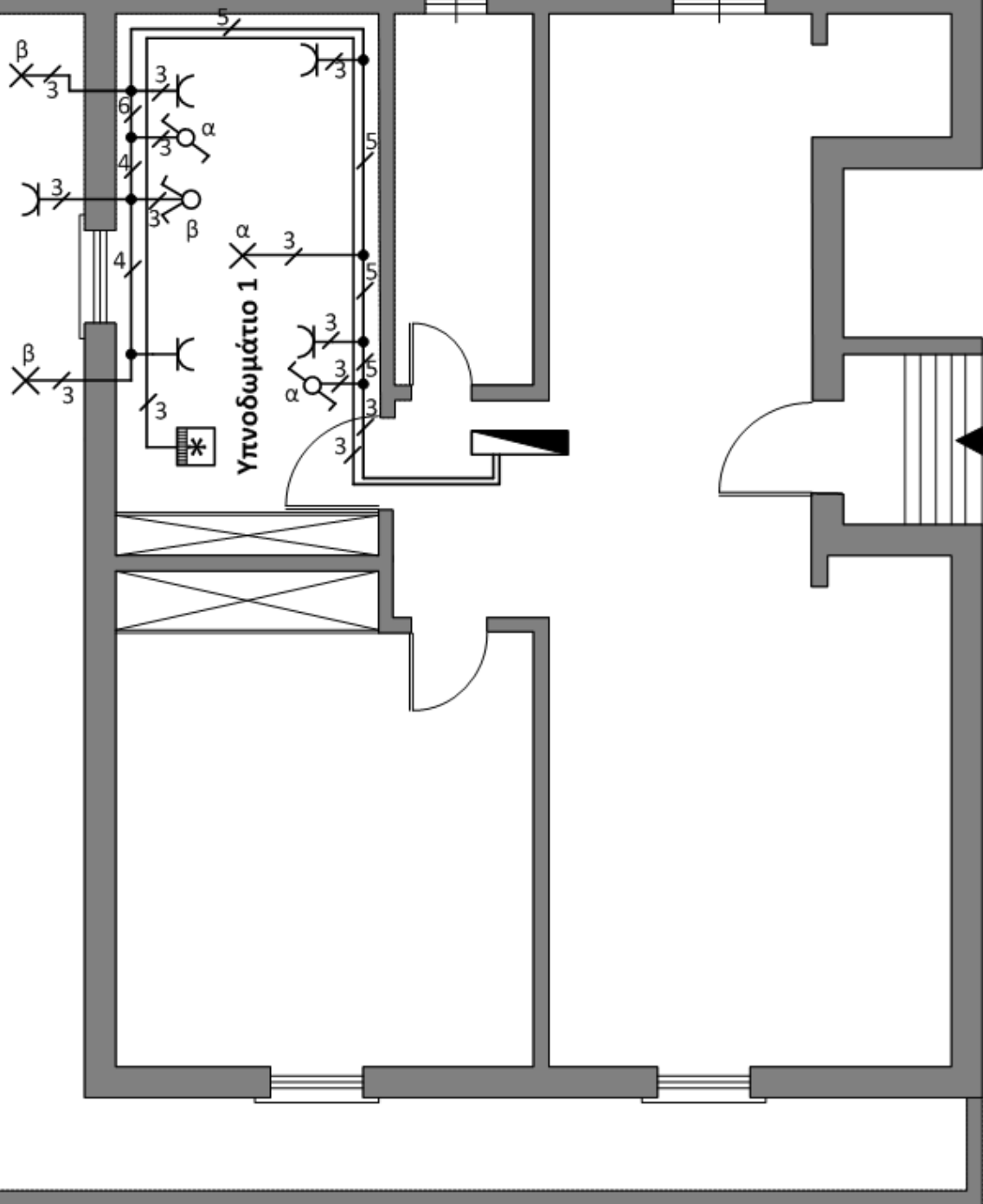
Ρευματοδότης με μετασχηματιστή απομόνωσης



Μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας



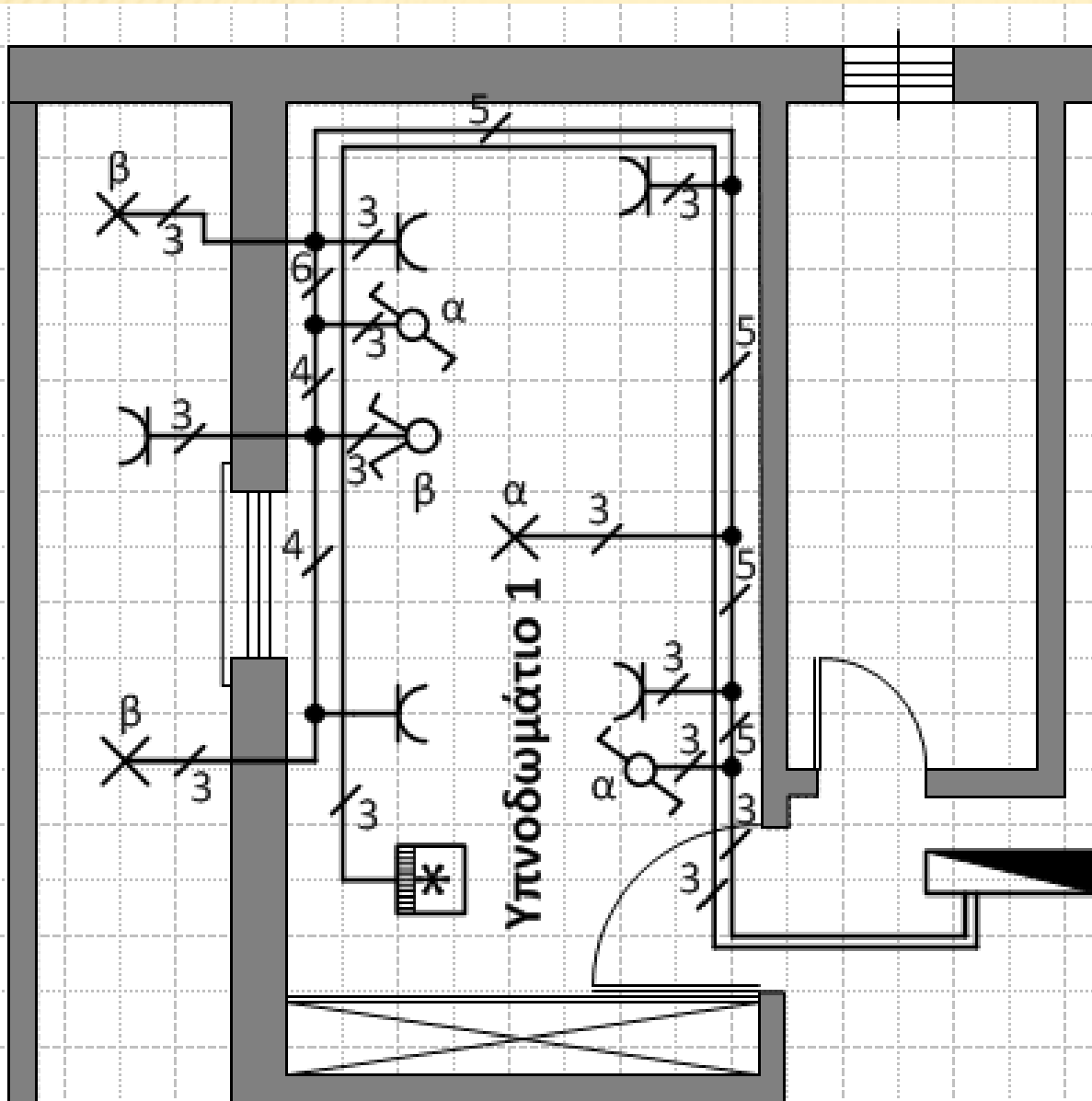
Γείωση εγκατάστασης (θεμελιακή)



Μονογραμμικό ΕΗΕ Υπνοδωμάτιο 1

"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά",
Γ. Περαντζάκης

Μονογραμμικό ΕΗΕ, Υπνοδωμάτιο 1

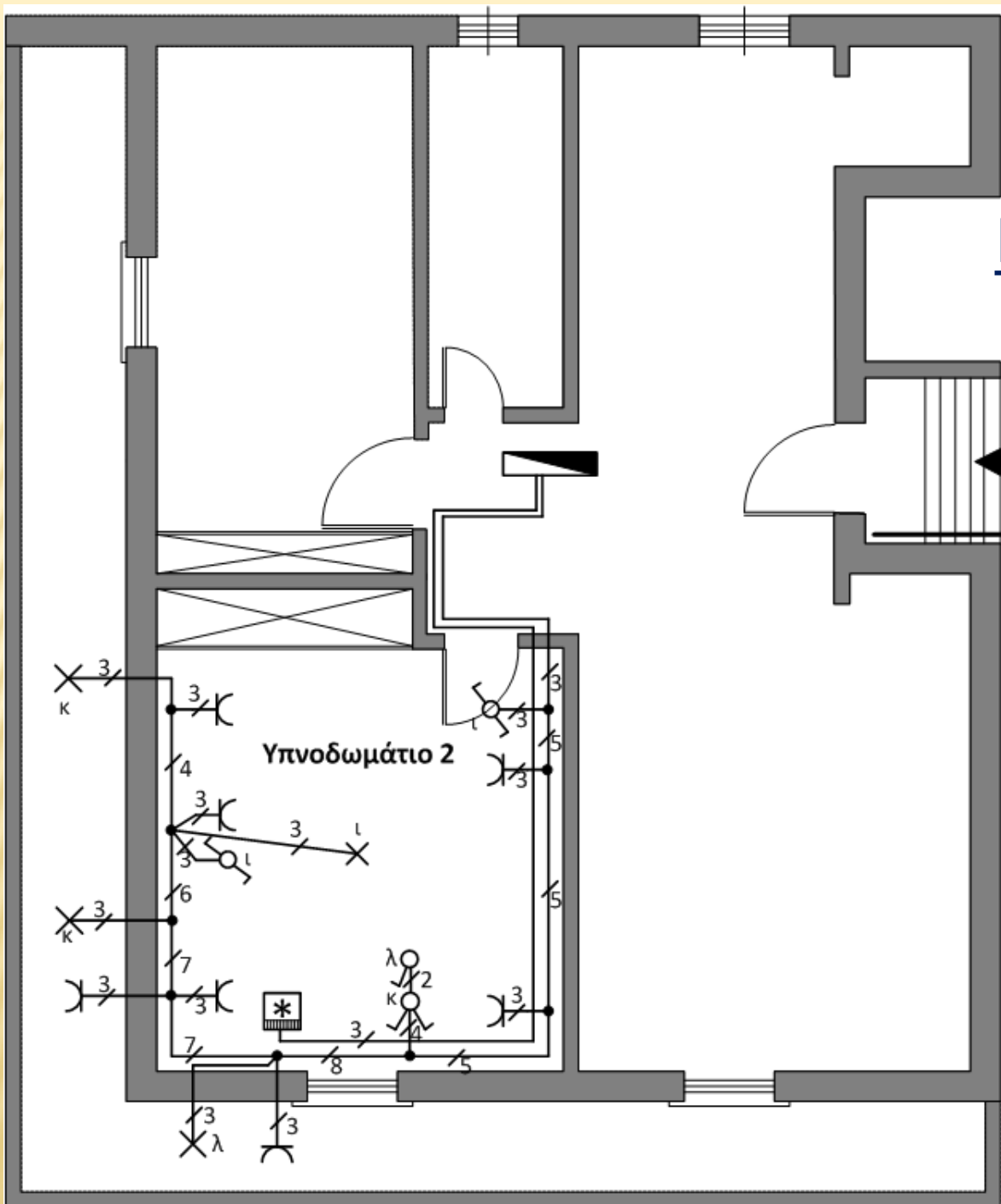


(1) Ένα κύκλωμα φωτισμού-ρευματοδοτών (μικτό κύκλωμα) που τροφοδοτεί:

- Ένα φωτιστικό σημείο (α) αλλέ-ρετούρ
- Δύο απλά φωτιστικά σημεία (β) κομμιτατέρ
- Τέσσερις ρευματοδότες με προστασία (γείωση)

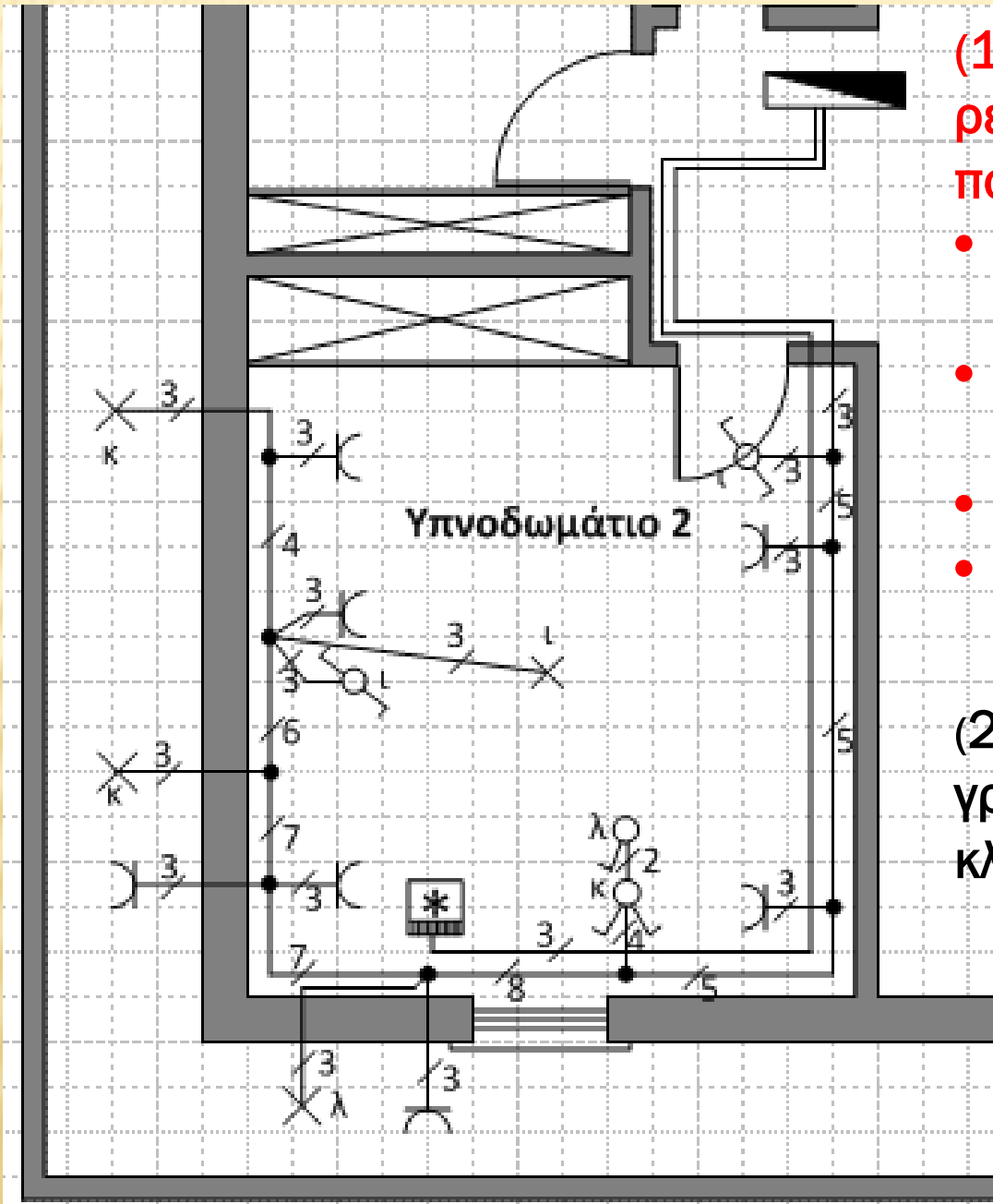
(2) Μία ανεξάρτητη ενισχυμένη γραμμή για την τροφοδοσία κλιματιστικής συσκευής

Μονογραμμικό ΕΗΕ Υπνοδωμάτιο 2



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά",
Γ. Περαντζάκης

Μονογραμμικό ΕΗΕ, Υπνοδωμάτιο2



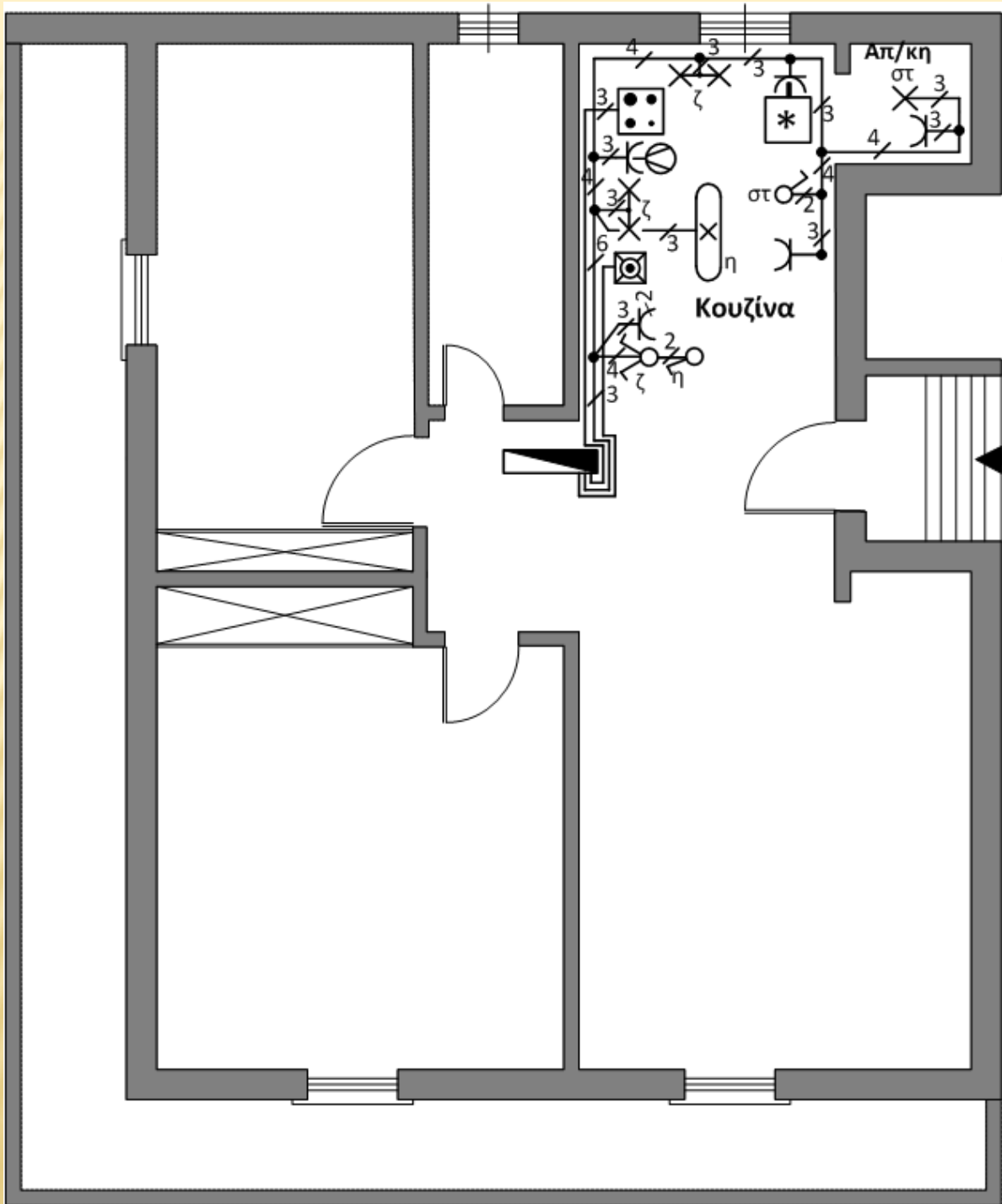
(1) Ένα κύκλωμα φωτισμού-
ρευματοδοτών (μικτό κύκλωμα)
που τροφοδοτεί:

- Ένα φωτιστικό σημείο (ι) αλλέ-
ρετούρ
- Δύο απλά φωτιστικά σημεία (κ)
κομμιτατέρ
- Ένα απλό φωτιστικό σημείο (λ)
- Επτά ρευματοδότες με
προστασία (γείωση)

(2) Μία ανεξάρτητη ενισχυμένη
γραμμή για την τροφοδοσία
κλιματιστικής συσκευής

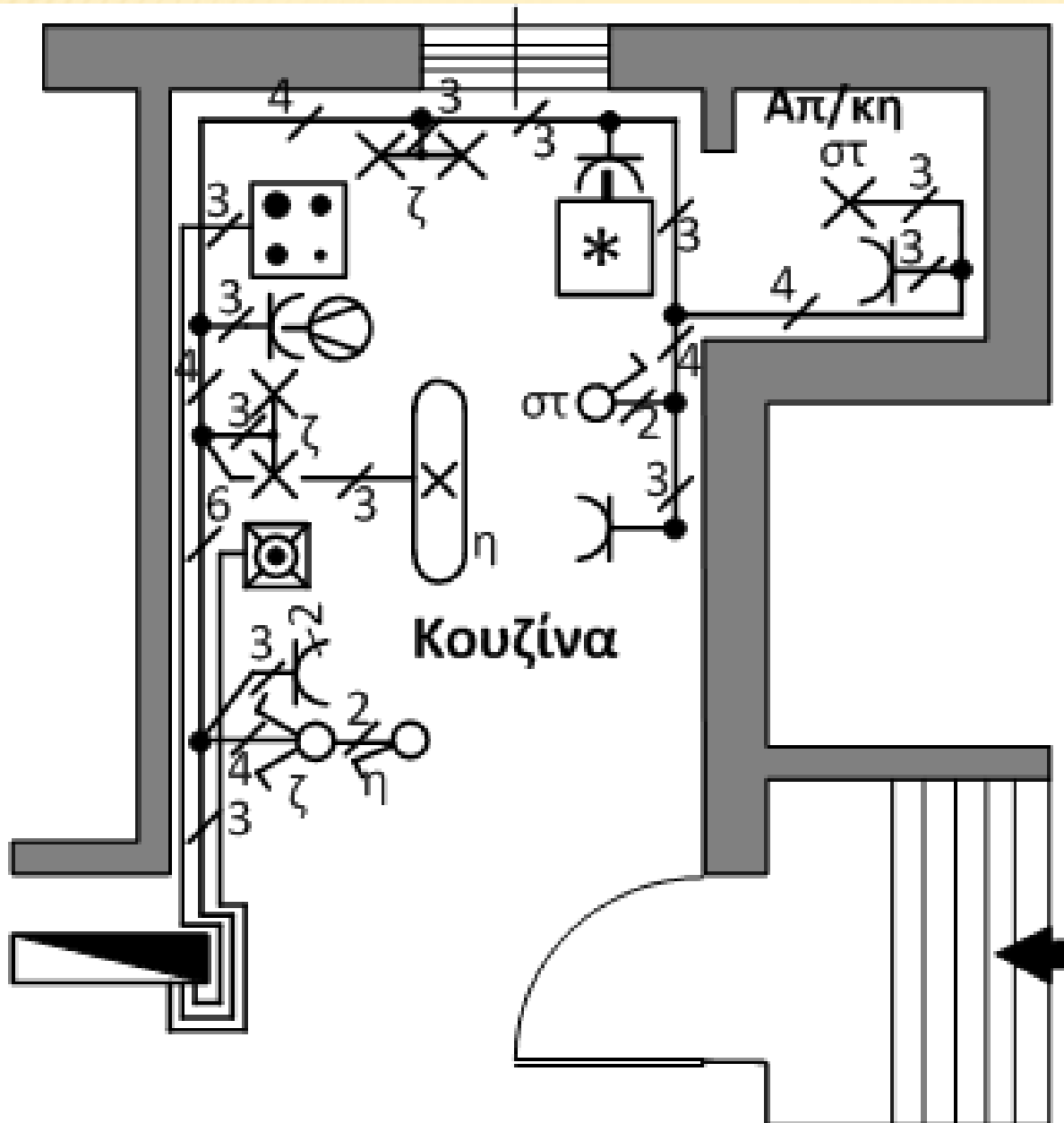
"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά»,
Γ. Περαντζάκης

Μονογραμμικό ΕΗΕ Κουζίνα-Αποθήκη



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά",
Γ. Περαντζάκης

Μονογραμμικό ΕΗΕ, Κουζίνα-Αποθήκη



(1) Ένα κύκλωμα φωτισμού-
ρευματοδοτών (μικτό
κύκλωμα) που τροφοδοτεί:

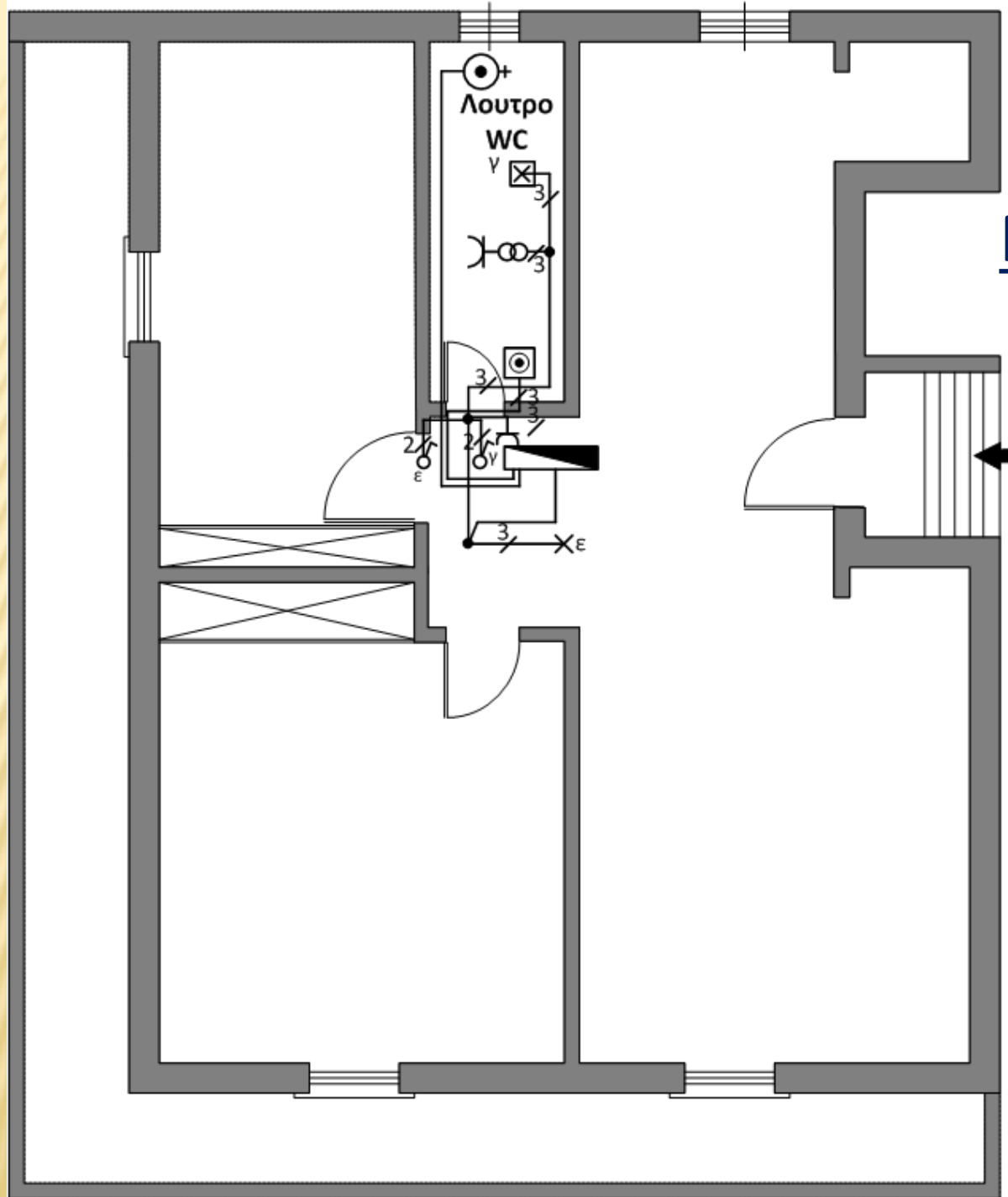
- Ένα απλό φωτιστικό σημείο (η)
- Δύο διπλά φωτιστικά σημεία (ζ) κομμιτατέρ
- Ένα απλό φωτιστικό σημείο (στ)
- Έξι ρευματοδότες με προστασία (γείωση)

(2) Μία ανεξάρτητη γραμμή ηλεκτρικού μαγειρείου

(3) Μία ανεξάρτητη γραμμή πλυντηρίου πιάτων

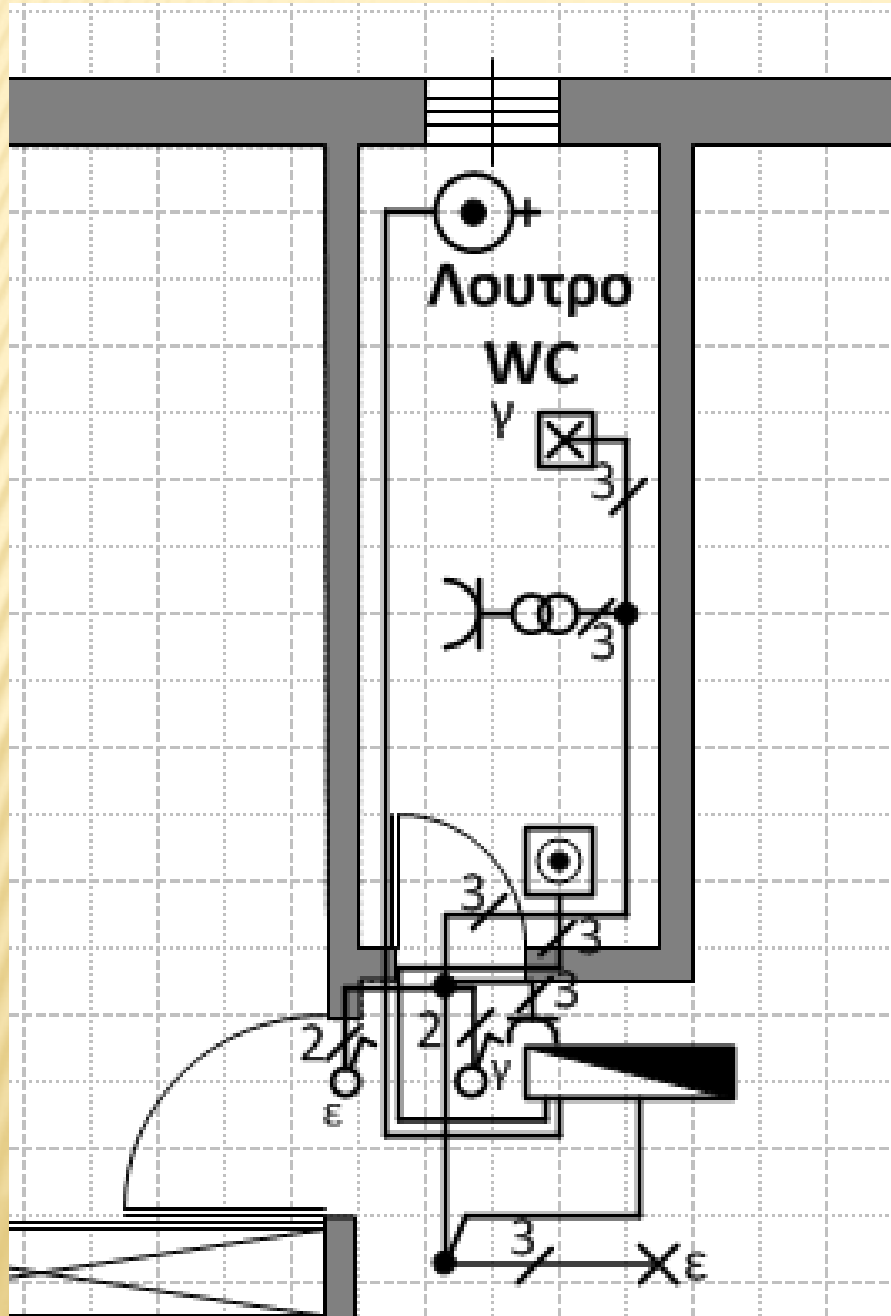
"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά»,
Γ. Περαντζάκης

Μονογραμμικό ΕΗΕ, Λουτρό-WC



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά»,
Γ. Περαντζάκης

Μονογραμμικό ΕΗΕ, Λουτρό-WC



(1) Ένα κύκλωμα φωτισμού-
ρευματοδοτών (μικτό κύκλωμα)
που τροφοδοτεί:

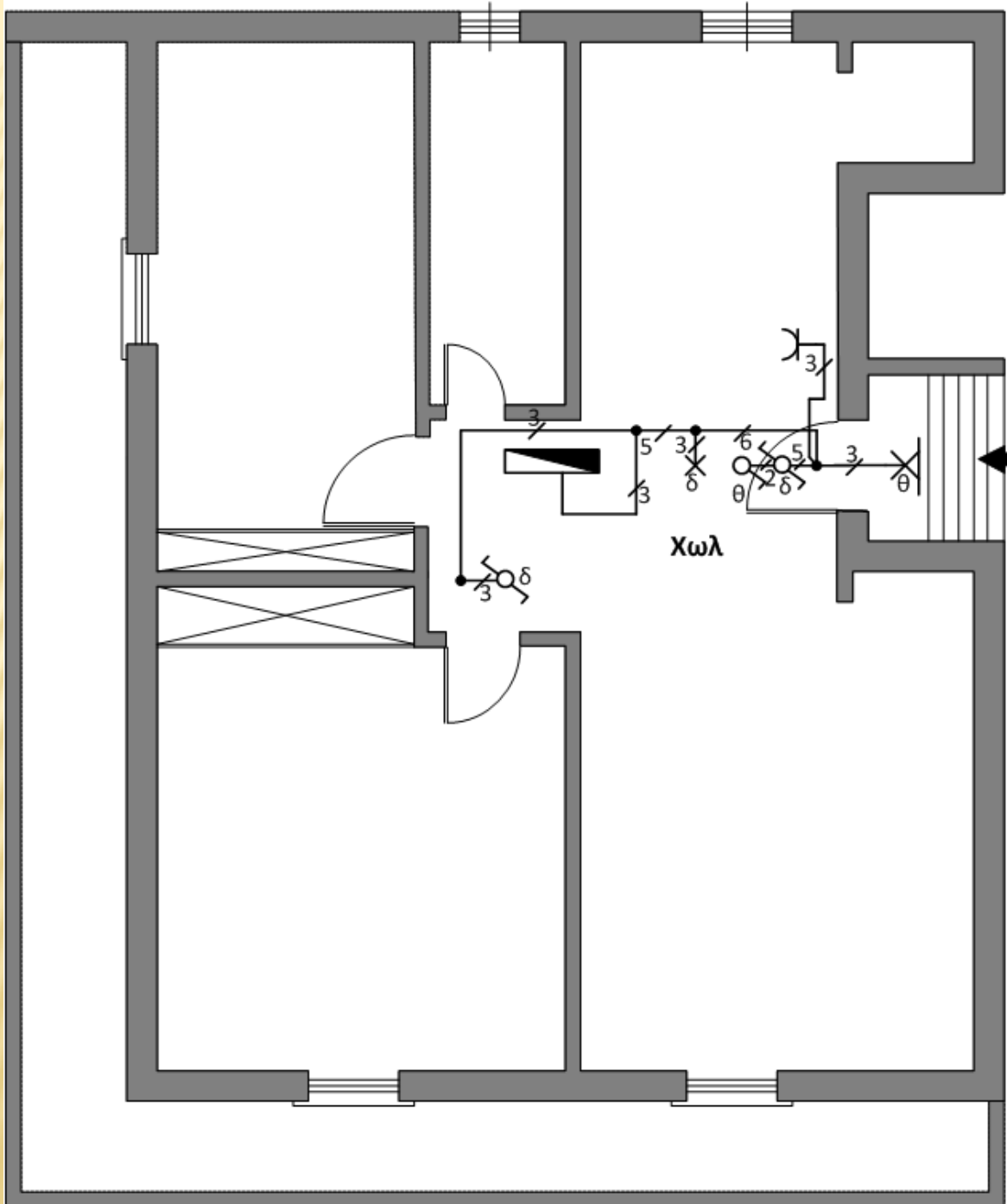
- Ένα απλό φωτιστικό σημείο (γ)
- Ένα απλό φωτιστικό σημείο (ε)
- Ένα ρευματοδότη με μετασχηματιστή απομόνωσης
- Ένα ρευματοδότη με προστασία (γείωση)

(2) Μία ανεξάρτητη γραμμή
ηλεκτρικού θερμοσίφωνα

(3) Μία ανεξάρτητη γραμμή
πλυντηρίου ρούχων

"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά",
Γ. Περαντζάκης

Μονογραμμικό ΕΗΕ, Χωλ

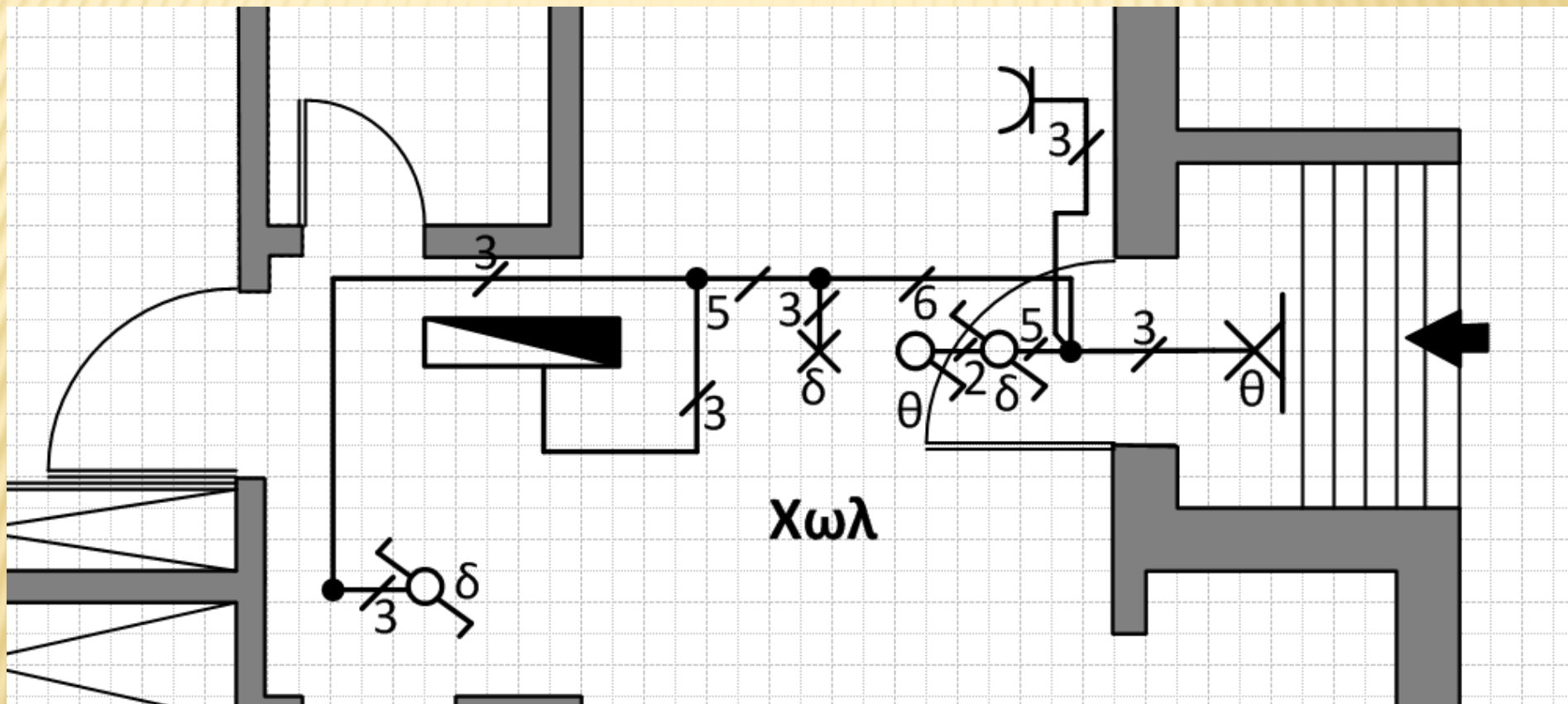


"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά",
Γ. Περαντζάκης

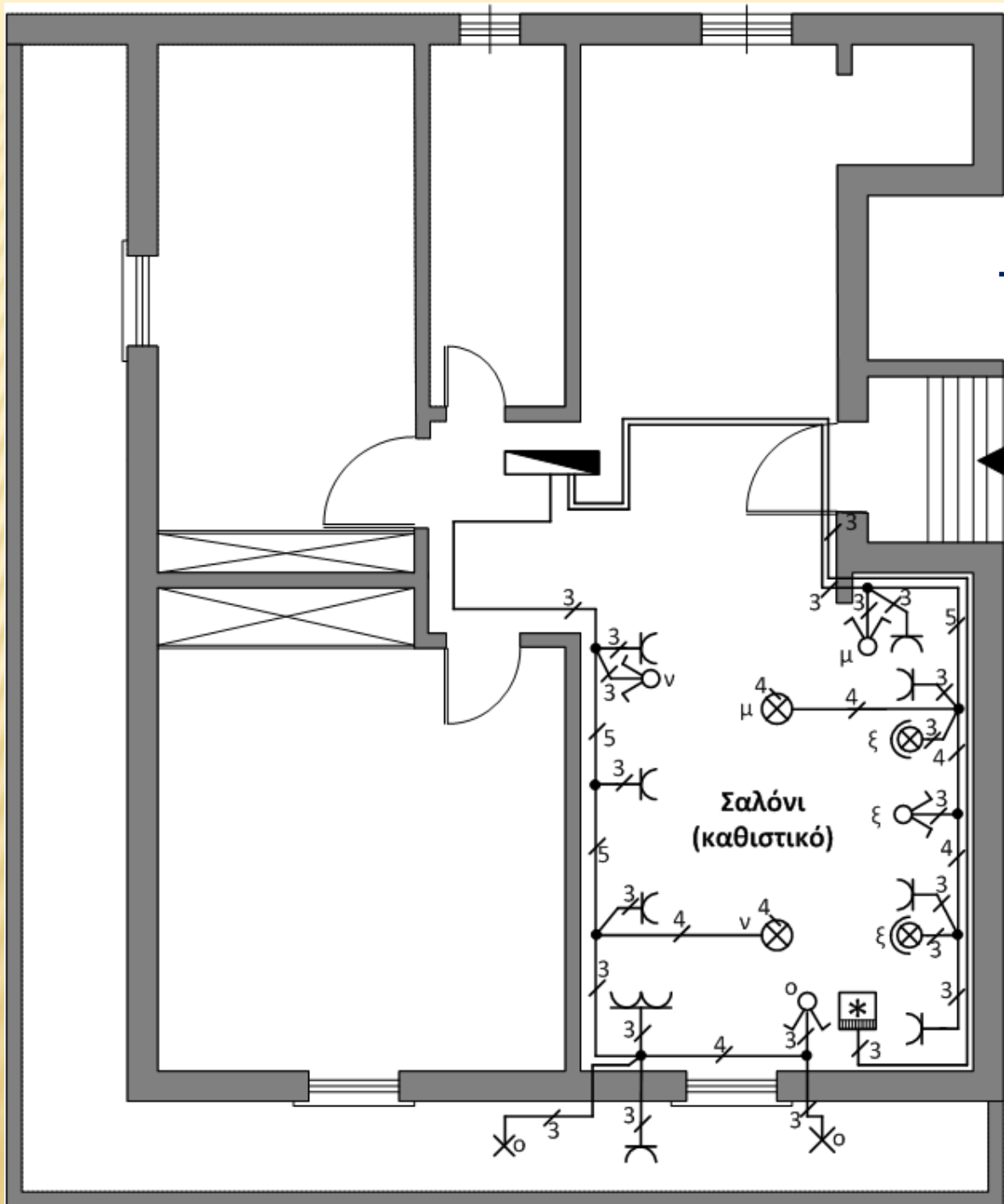
Μονογραμμικό ΕΗΕ, Χωλ

(1) Ένα κύκλωμα φωτισμού-ρευματοδοτών (μικτό κύκλωμα) που τροφοδοτεί:

- Ένα φωτιστικό σημείο αλλέ-ρετούρ (δ)
- Ένα απλό φωτιστικό σημείο (θ)
- Ένα ρευματοδότη με προστασία (γείωση)

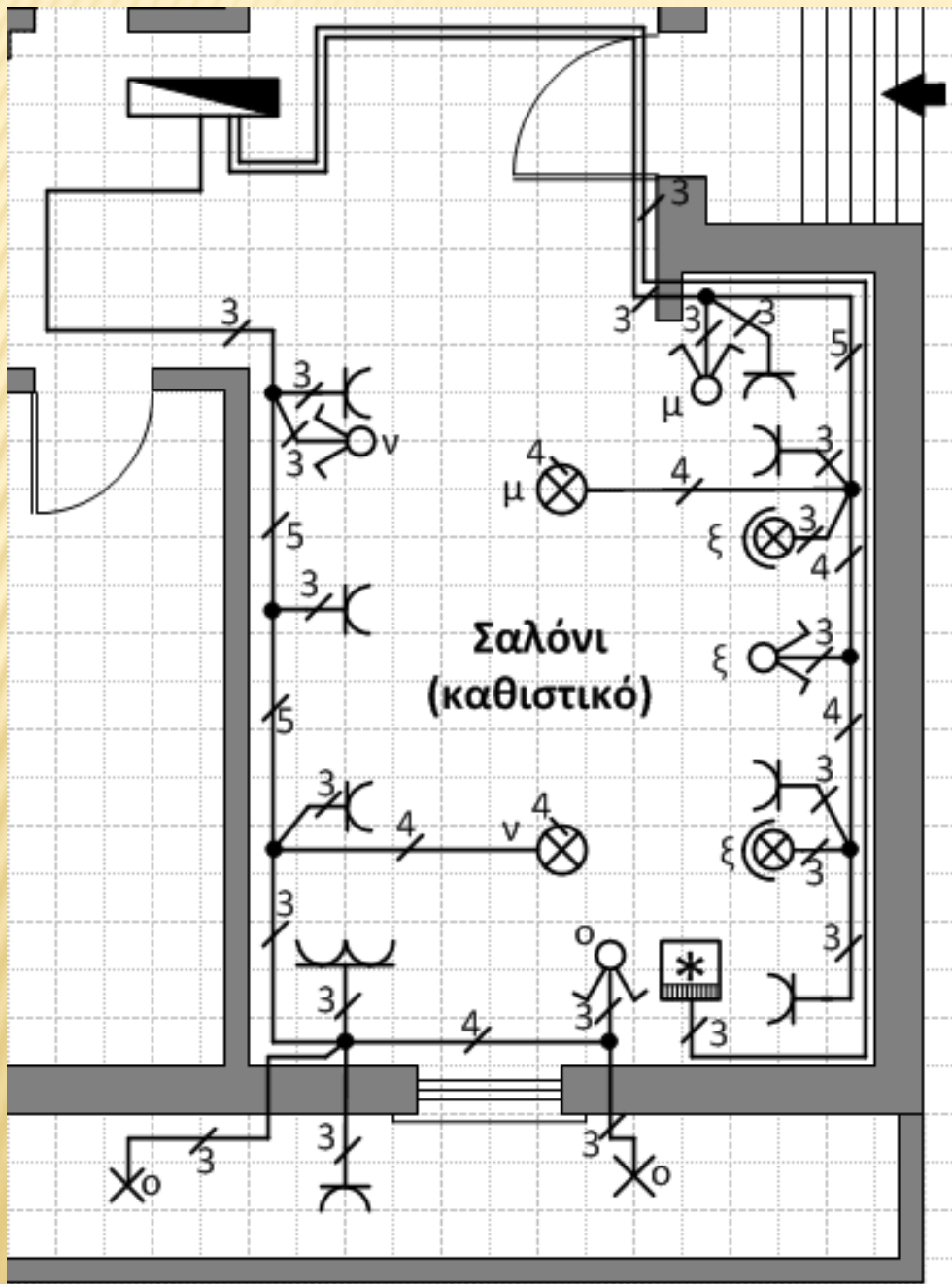


Μονογραμμικό ΕΗΕ, Σαλόνι



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά",
Γ. Περαντζάκης

Μονογραμμικό ΕΗΕ, Σαλόνι



(1) Ένα κύκλωμα φωτισμού-
ρευματοδοτών που τροφοδοτεί:

- Ένα πολύφωτο κομμιτατέρ (μ)
- Δύο φωτιστικά σημεία, απλίκες, κομμιτατέρ (ξ)
- Τέσσερις ρευματοδότες με προστασία (γείωση)

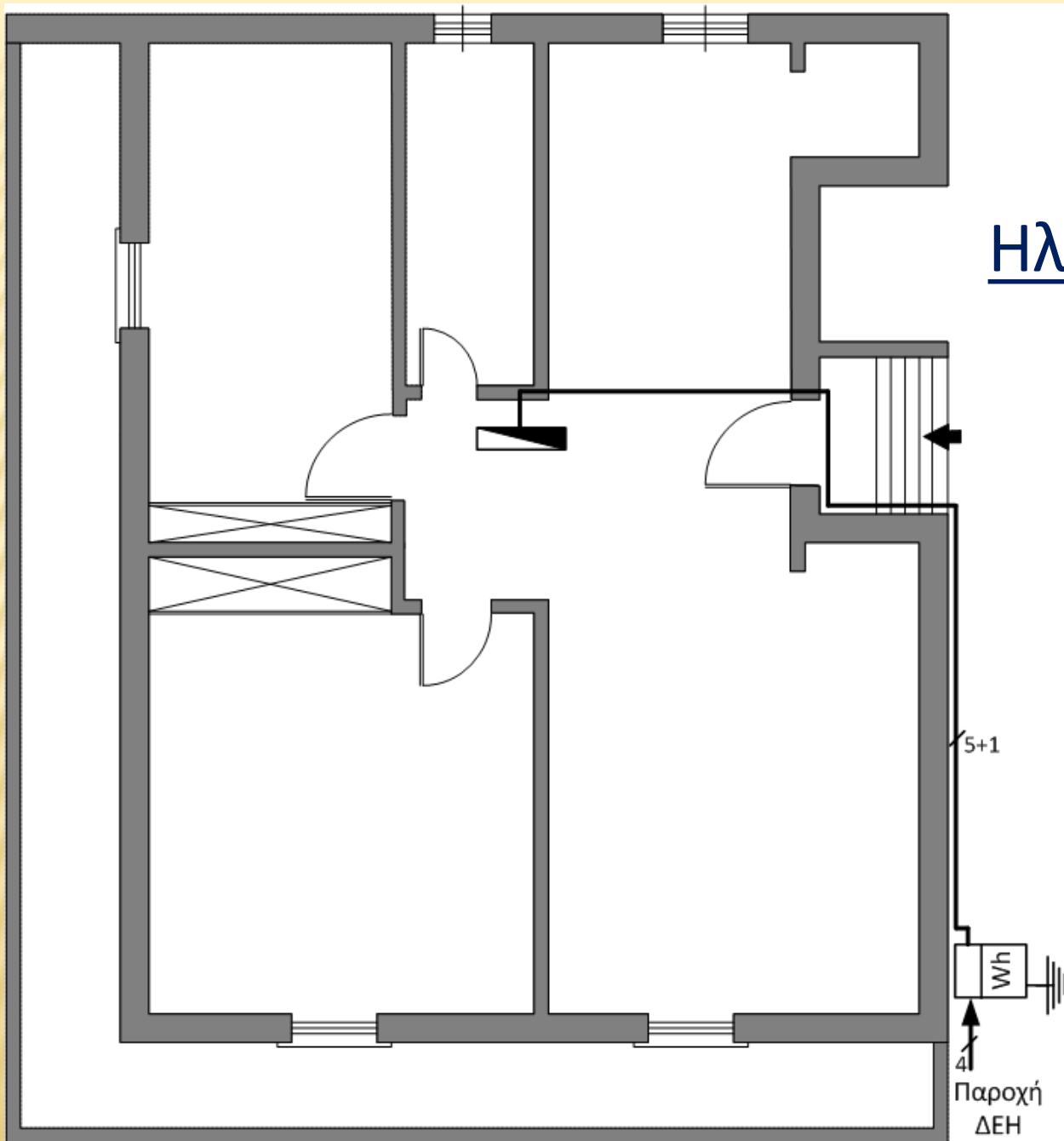
(2) Ένα κύκλωμα φωτισμού-
ρευματοδοτών που τροφοδοτεί:

- Ένα πολύφωτο κομμιτατέρ (ν)
- Δύο φωτιστικά σημεία κομμιτατέρ (ο)
- Έξι ρευματοδότες με προστασία (γείωση)

- (3) Μία ανεξάρτητη ενισχυμένη γραμμή για σύνδεση κλιματιστικής συσκευής

"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά",
Γ. Περραντζάκης

Ηλεκτρική Παροχή

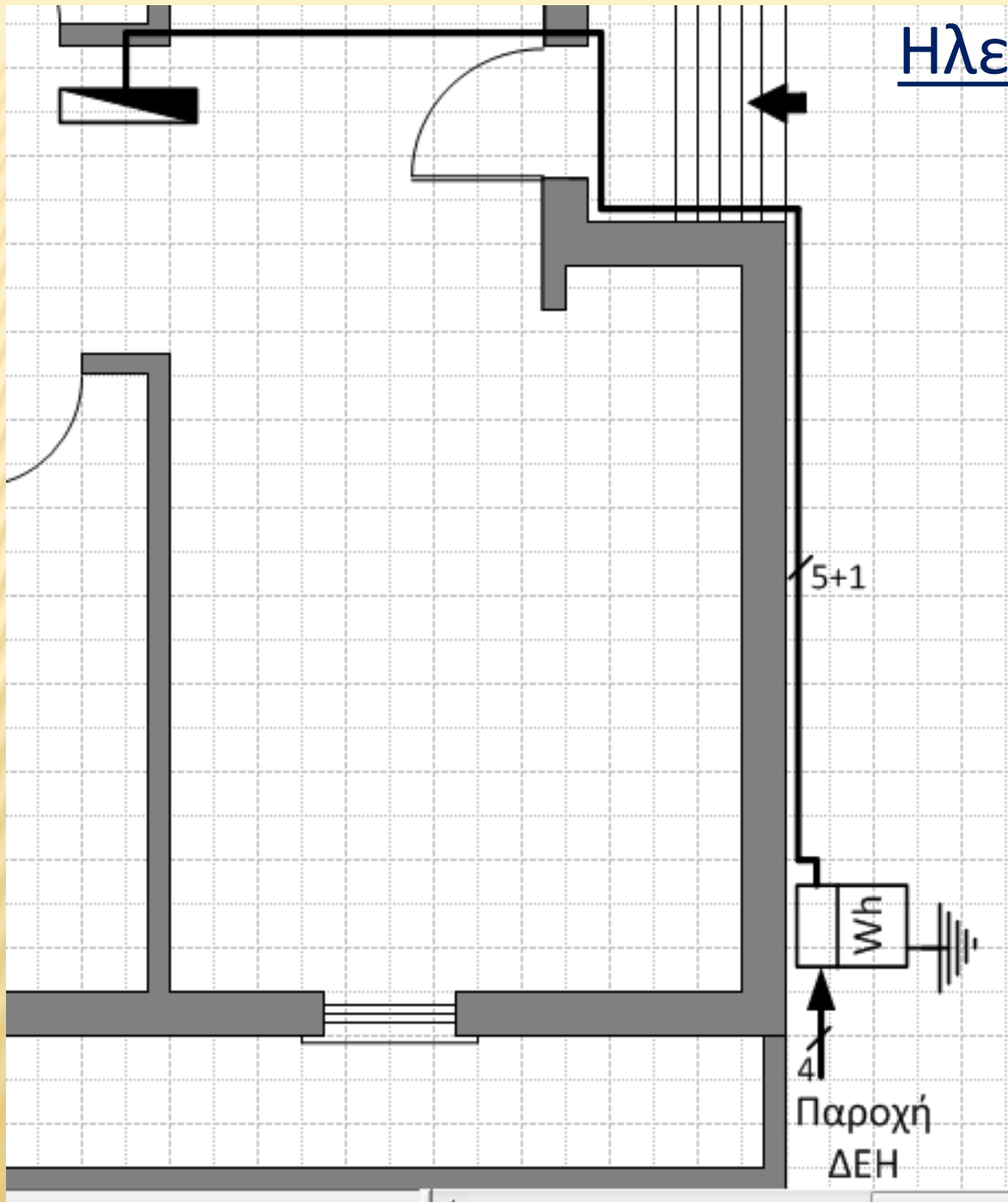


"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα
Ηλεκτροτεχνικά Υλικά»,
Γ. Περαντζάκης

Ηλεκτρική Παροχή ΕΗΕ

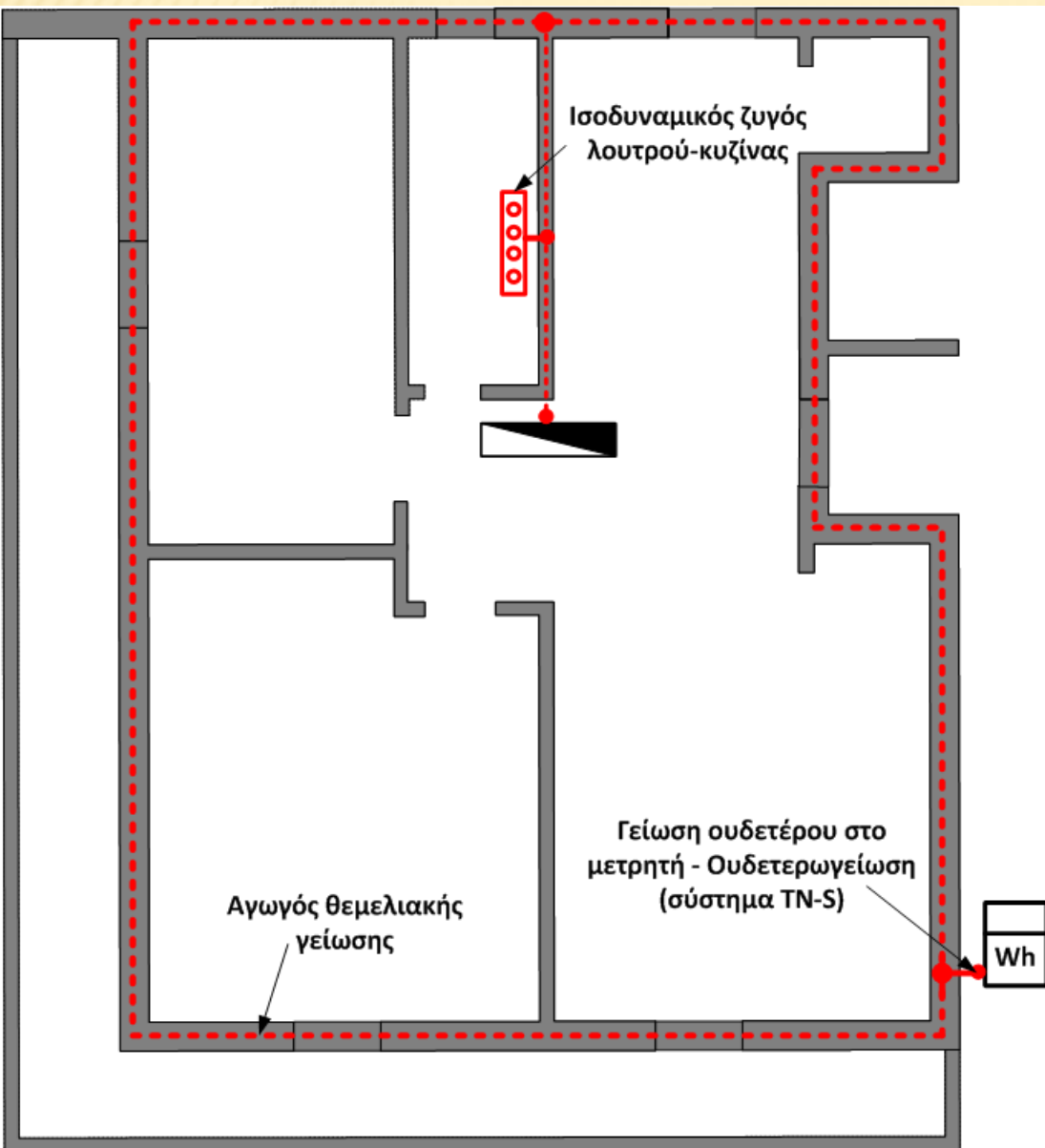
Ηλεκτρική παροχή σύνδεσης γενικού πίνακα ΕΗΕ-μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας.

Πρόκειται για καλώδιο με θερμοπλαστική μόνωση από PVC, το οποίο φέρει 5+1 αγωγούς (τριφασική παροχή με δυνατότητα μειωμένου τιμολογίου)



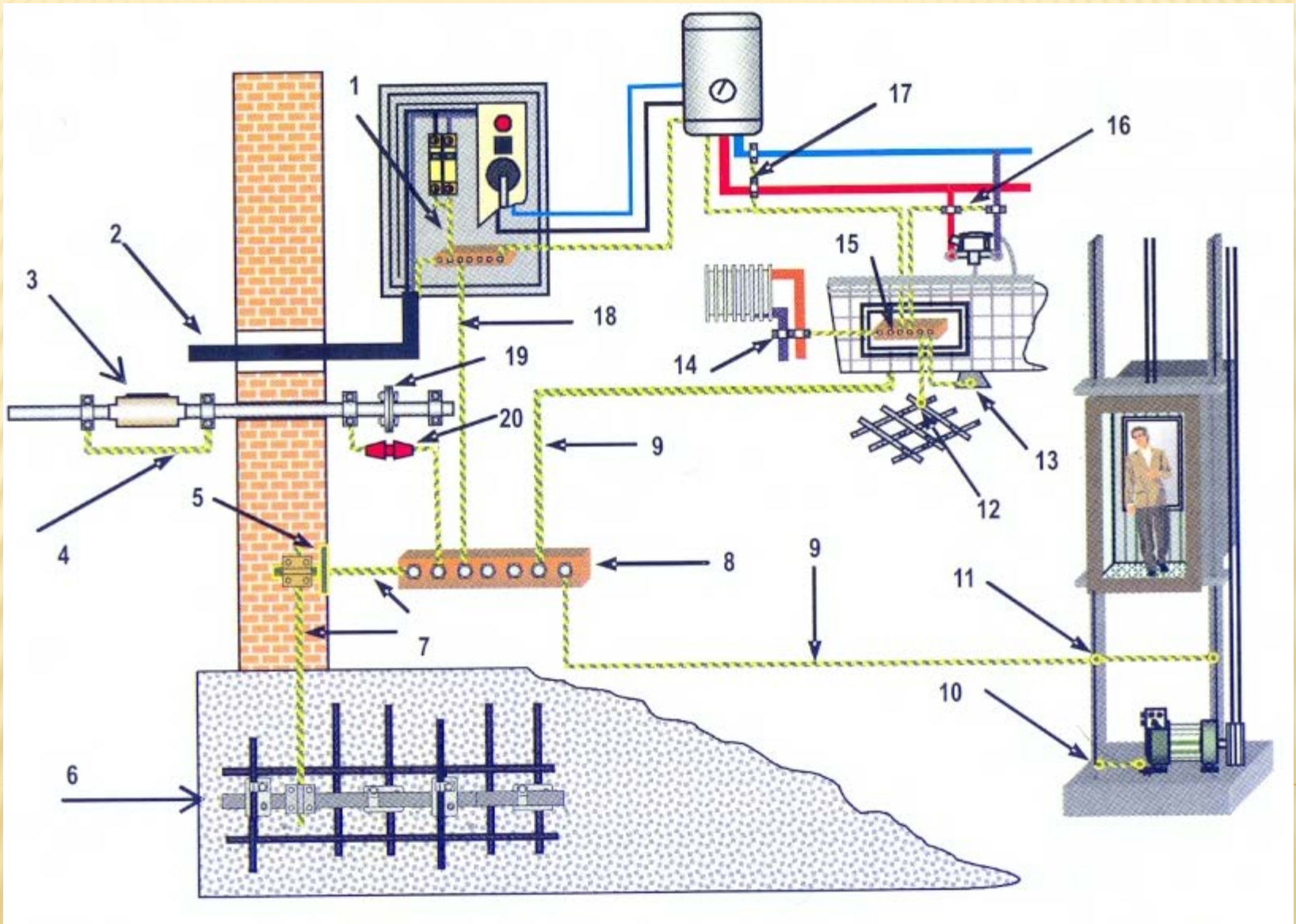
"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά",
Γ. Περναντζάκης

Θεμελιακή Γείωση ΕΗΕ



- Θεμελιακός γειωτής:
Χαλύβδινη ταινία που τοποθετείται στα θεμέλια της οικοδομής. Απαιτείται χαμηλή αντίσταση γείωσης για την αποτελεσματική προστασία των ατόμων από επικίνδυνες τάσεις επαφής.
- Ισοδυναμικός ζυγός:
Συνδέονται οι μεταλλικές εγκαταστάσεις του κτιρίου για λόγους προστασίας.
- Ουδετερογειωμένο δίκτυο:
Είναι το δίκτυο γείωσης της ΔΕΗ.

Παράδειγμα Ισοδυναμικής Σύνδεσης Κτηρίου



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης

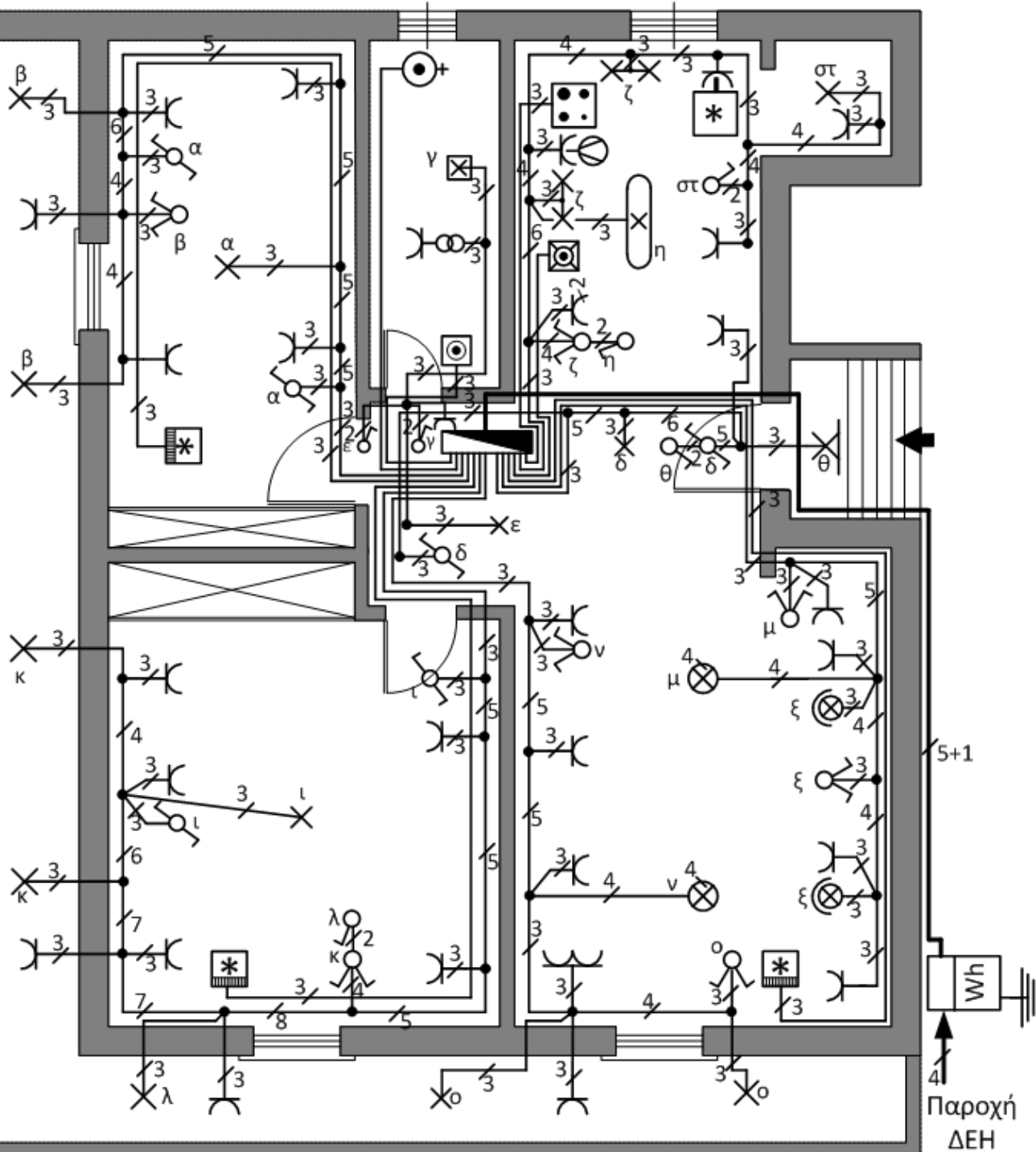
Υπόμνημα

1. Αγωγός γείωσης απαγωγών κρουστικών υπερτάσεων
2. Καλώδιο ηλεκτρικής παροχής
3. Υδρομετρητής
4. Ισοδυναμική σύνδεση άκρων υδρομετρητή
5. Κύριος ακροδέκτης γείωσης
6. Θεμελιακή γείωση με ηλεκτρόδιο χάλκινης ή χαλύβδινης ταινίας
7. Αγωγός γείωσης
8. Κύριος αγωγός γείωσης
9. Αγωγοί κύριας ισοδυναμικής σύνδεσης
10. Συμπληρωματική γείωση ταυτόχρονα προσιτών μερών
11. Ισοδυναμική σύνδεση ξένων αγώγιμων στοιχείων
12. Συμπληρωματική, τοπική ισοδυναμική σύνδεση οπλισμού δαπέδου λουτρού

Υπόμνημα

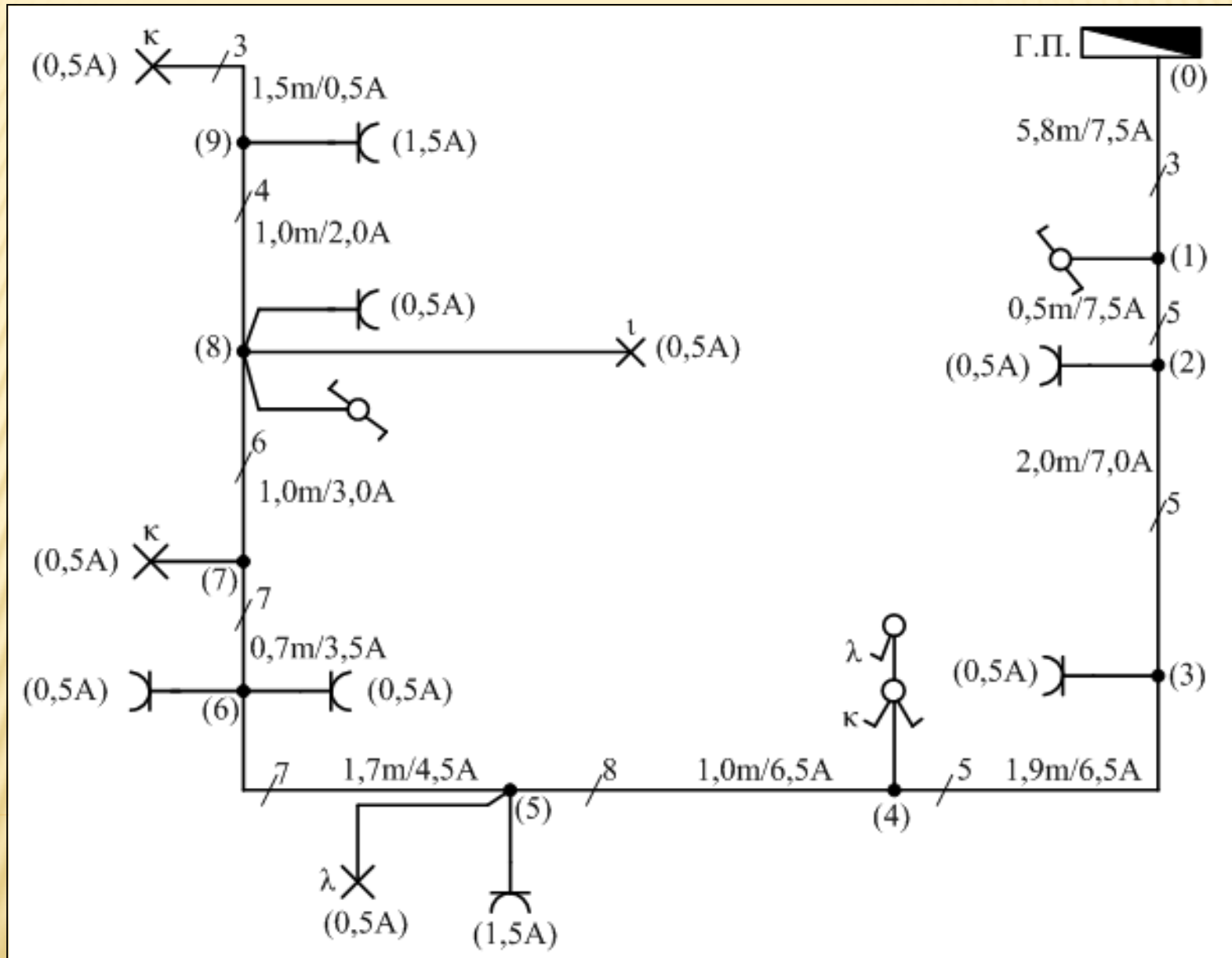
13. Συμπληρωματική, τοπική ισοδυναμική σύνδεση λουτήρα
14. Συμπληρωματική, τοπική ισοδυναμική σύνδεση δικτύου θέρμανσης λουτρού
15. Συμπληρωματικός, τοπικός ισοδυναμικός ζυγός εντοιχισμένος
16. Συμπληρωματική, τοπική ισοδυναμική σύνδεση σωλήνων νερού λουτρού
17. Συμπληρωματική, τοπική ισοδυναμική σύνδεση σωλήνων νερού και θερμοσίφωνα
18. Αγωγός προστασίας (γείωσης, PE)
19. Μονωτική φλάντζα για την προστασία των σωλήνων νερού από διάβρωση
20. Σπινθηριστής απομόνωσης για προστασία διάβρωσης σωλήνων νερού

Παράδειγμα
Μονογραμμικό
Σχέδιο ΕΗΕ
στην Κάτοψη
Κατοικίας



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά",
Γ. Περαντζάκης

Διατομή Κυκλώματος Διακλάδωσης: Υπνοδωμάτιο 2



"Εισαγωγή στο Σχέδιο και τα Ηλεκτροτεχνικά Υλικά», Γ. Περαντζάκης

Διατομή Κυκλώματος Διακλάδωσης: Υπνοδωμάτιο 2

➤ Παραδοχές

- ✓ Θερμοκρασία περιβάλλοντος: 35°C
- ✓ Γραμμή κυκλώματος: Πλαστικός ηλεκτρολογικός σωλήνας κατάλληλης διαμέτρου εντοιχισμένος σε μονωμένο τοίχο. Παράλληλα με το κύκλωμα διακλάδωσης οδεύει και το καλώδιο του κυκλώματος του κλιματιστικού μηχανήματος. Τα δύο κυκλώματα βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους μεγαλύτερη από το διπλάσιο της διαμέτρου του καλωδίου.
- ✓ Επιτρεπτή πτώση τάσης από το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το δυσμενέστερο φορτίο: $\varepsilon=2,5\%$. Δυσμενέστερο κύκλωμα διακλάδωσης θεωρείται αυτό που παρουσιάζει τη μεγαλύτερη πτώση τάσης.

Διατομή Κυκλώματος Διακλάδωσης: Υπνοδωμάτιο 2

➤ Παραδοχές

- ✓ Ειδική αντίσταση του χαλκού: $\rho=0,01785 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$
- ✓ Συντελεστής ισχύος: 1.0
- ✓ Ονομαστική τάση δικτύου: 400V/230V(RMS)/50Hz
- ✓ Τύπος αγωγών κυκλώματος διακλάδωσης: H 07 V - U

Διατομή Κυκλώματος Διακλάδωσης: Υπνοδωμάτιο 2

➤ Διατομή ασφαλούς λειτουργίας του κυκλώματος

- Συντελεστής διόρθωσης λόγω θερμοκρασίας (Πίνακας 4): $f_{\theta}=0,94$.
- Συντελεστής πλήθους κυκλωμάτων μέσα στο ίδιο κανάλι (Πίνακας 5): $f_n=1$.
- Συντελεστής πλήθους ρευματοφόρων αγωγών μέσα στον ίδιο σωλήνα (Πίνακας 6): $f_c=0,7$. Στο τμήμα (4-5) είναι επτά ρευματοφόροι αγωγοί (1 φάση, 5 επιστρεφόμενοι αγωγοί και ο ουδέτερος αγωγός) και ο αγωγός προστασίας.
- Ένταση ρεύματος κυκλώματος: $I_b=7,5A$.
- Ένταση ρεύματος αναφοράς διατομής καλής λειτουργίας:

$$I'_b = \frac{I_b}{f_{\theta} f_n f_c} = \frac{7,5}{0,94 \cdot 1,0 \cdot 0,7} = 11,4A$$

Διατομή Κυκλώματος Διακλάδωσης: Υπνοδωμάτιο 2

- Από τον Πίνακα 1, 4^η στήλη, επιλέγεται διατομή ασφαλούς λειτουργίας $1,5 \text{ mm}^2$ με ένταση αναφοράς $14,5\text{A} > 11,4\text{A}$ και επομένως γίνεται αρχικά αποδεκτή.

Παρατηρήσεις:

1. Ο Πίνακας 1 αναφέρεται σε δύο ενεργούς αγωγούς (φάσης και ουδετέρου) εντός του σωλήνα. Στην περίπτωση του κυκλώματος που εξετάζεται, ο μέγιστος αριθμός των ρευματοφόρων αγωγών στο τμήμα (4-5) είναι επτά και αυτό ελήφθη υπόψη με το συντελεστή πλήθους ρευματοφόρων αγωγών μέσα στον ίδιο σωλήνα, f_c .
2. Ο συντελεστής πλήθους κυκλωμάτων, f_n , ελήφθη ίσος με 1, διότι τα κυκλώματα δεν είναι σε επαφή, αλλά σε ικανή απόσταση μεταξύ τους, οπότε και ψύχονται ικανοποιητικά.

Διατομή Κυκλώματος Διακλάδωσης: Υπνοδωμάτιο 2

➤ Έλεγχος διατομής ασφαλούς λειτουργίας σε πτώση τάσης

$$\varepsilon\% = \Delta u\% = \frac{\Delta u_{ph}}{U_{ph}} 100$$

$$\frac{\Delta u_{ph}}{U_{ph}} = \frac{2\rho \cdot \cos\phi_m}{q_{\Delta\Delta} U_{ph}} \sum_{i=1}^n l_i \cdot I_i'$$

$$\frac{\Delta u_{ph}}{U_{ph}} = \frac{2 \cdot 0,01785 \cdot 1,0}{1,5 \cdot 230} \left(5,8 \cdot 7,5 + 0,5 \cdot 7,5 + 2,0 \cdot 7,0 + 1,9 \cdot 6,5 + 1,0 \cdot 6,5 + \right. \\ \left. + 1,7 \cdot 4,5 + 0,7 \cdot 3,5 + 1,0 \cdot 3,0 + 1,0 \cdot 2 + 1,5 \cdot 0,5 \right)$$

$$\frac{\Delta u_{ph}}{U_{ph}} = 0,0099 \cong 0,01$$

$$\varepsilon_{\Upsilon\pi\nu.2} = \frac{\Delta u_{ph}}{U_{ph}} 100 = 0,01 \cdot 100 = 1\%$$

Διατομή Κυκλώματος Διακλάδωσης: Υπνοδωμάτιο 2

- Έλεγχος διατομής ασφαλούς λειτουργίας σε πτώση τάσης
- ✓ Από το αποτέλεσμα προκύπτει ότι:
 - Η διατομή των αγωγών του κυκλώματος διακλάδωσης στο Υπνοδωμάτιο 2 είναι $1,5 \text{ mm}^2$. Η διατομή αυτή είναι διατομή ασφαλούς και καλής λειτουργίας.
 - Η πτώση τάσης στο εν λόγω κύκλωμα διακλάδωσης από το γενικό πίνακα μέχρι το δυσμενέστερο φορτίο (φωτιστικό σημείο κ στο τέλος της γραμμής) του κυκλώματος είναι 1% ή 2,3V.
- Εσωτερική διάμετρος σωλήνων τμημάτων κυκλώματος
- ✓ Από τον Πίνακα 7, 3^ηστήλη, προκύπτει:
 - Για το τμήμα (4-5), εσωτερική διάμετρος σωλήνα 23 mm
 - Για τα υπόλοιπα τμήματα, εσωτερική διάμετρος σωλήνα 16 mm.

Διατομή Υπόλοιπων Κυκλωμάτων Διακλάδωσης

- Ο υπολογισμός της διατομής των αγωγών των υπόλοιπων κυκλωμάτων διακλάδωσης της ΕΗΕ, καθώς και ο προσδιορισμός της πτώσης τάσης σε αυτά, πραγματοποιείται ακριβώς με την ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε προηγουμένως για τον προσδιορισμό της διατομής των αγωγών και της πτώσης τάσης του κυκλώματος διακλάδωσης στο Υπνοδωμάτιο 2. Η εργασία αυτή αφήνεται στους φοιτητές ως εξάσκηση.
- Μετά τον τελικό προσδιορισμό των διατομών των αγωγών και της πτώσης τάσης στα κυκλώματα διακλάδωσης, προσδιορίζεται το διαθέσιμο ποσοστό πτώσης τάσης στην ηλεκτρική παροχή της ΕΗΕ, δηλαδή τη γραμμή που συνδέει το μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας με το γενικό πίνακα διανομής.

Υπολογισμός Πτώσης Τάσης στην Ηλεκτρική Παροχή

- Εντοπίζεται το κύκλωμα διακλάδωσης, το οποίο παρουσιάζει τη μεγαλύτερη πτώση τάσης (δυσμενέστερο κύκλωμα διακλάδωσης).
- Για τις ανάγκες του παραδείγματος, θεωρείται ότι το κύκλωμα διακλάδωσης στο Υπνοδωμάτιο 2 είναι το δυσμενέστερο κύκλωμα. Επομένως, η διαθέσιμη πτώση τάσης στην ηλεκτρική παροχή είναι:

$$\varepsilon_{\text{ΗΠ}} = 2,5\% - 1\% = 1,5\%$$

- Με βάση αυτό το ποσοστό πτώσης τάσης θα επιβεβαιωθεί η διατομή ασφαλούς λειτουργίας της παροχής.
- Για τον υπολογισμό της διατομής ασφαλούς λειτουργίας της ηλεκτρικής παροχής, πρέπει προηγουμένως να προσδιοριστεί η μέγιστη ταυτόχρονη ζήτηση της ηλεκτρικής παροχής.

Μέγιστη Ταυτόχρονη Ισχύς Ζήτησης Ηλεκτρικής Παροχής

➤ Παραδοχές

1. Η ηλεκτρική παροχή θα είναι καλώδιο τύπου: A 05 V V – U με αγωγούς κατάλληλης διατομής.
 - Πλήθος αγωγών για τριφασική παροχή: Πέντε αγωγοί (L_1, L_2, L_3, N, PE) χωρίς μετρητή μειωμένης κατανάλωσης ή πέντε αγωγοί και ένας αγωγός διατομής $1,5 \text{ mm}^2$ με μετρητή μειωμένης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Επιλέγεται η δεύτερη περίπτωση.
2. Το καλώδιο της ηλεκτρικής παροχής εντοιχίζεται μόνο του σε μονωμένο τοίχο.
3. Υπολογισμός ρεύματος φόρτισης της ηλεκτρικής παροχής με βάση τη δυσμενέστερη φάση και το συντελεστή ταυτοχρονισμού.

Μέγιστη Ταυτόχρονη Ισχύς Ζήτησης Ηλεκτρικής Παροχής

➤ Χαρακτηριστικές τιμές ηλεκτρικών συσκευών

A/ A	Είδος Ηλεκτρικής Συσκευής	Ηλεκτρική Ισχύς (kW)	Συντελεστής Ζήτησης (ΣΖ)	Συντελεστής Ισχύος (ΣΙ)	Αριθμός Φάσεων
1	Ηλεκτρικό Μαγειρείο	10	0,80	1,0	3
2	Ηλεκτρικός Θερμοσίφωνας 80 lit	4	1,0	1,0	1
3	Κλιματιστικά Μηχανήματα	3,0	1,0	0,85	1
4	Πλυντήριο Ρούχων	3,5	0,90	0,90	1
5	Πλυντήριο Πιάτων	3,5	1,0	0,90	1

Μέγιστη Ταυτόχρονη Ισχύς Ζήτησης Ηλεκτρικής Παροχής

➤ Υπολογισμός μέγιστης έντασης κυκλωμάτων διακλάδωσης

1. Υπνοδωμάτιο 1 (4 ρευματοδότες και 3 απλά φωτιστικά σημεία):
 $I_{\max} = (1,5 + 3 * 0,5) + (3 * 0,5) = 4,5 \text{ A}$. Επιλέγεται μικροαυτόματος ονομαστικής έντασης 10A.
2. Υπνοδωμάτιο 2 : $I_{\max} = 7,5 \text{ A}$. Επιλέγεται μικροαυτόματος ονομαστικής έντασης 10A.
3. Κουζίνα (6 ρευματοδότες και 6 απλά φωτιστικά σημεία): $I_{\max} = [(1,5 + 3 * 0,5) + (1,5 + 0,5)] + (6 * 0,5) = 8,0 \text{ A}$. Επιλέγεται μικροαυτόματος ονομαστικής έντασης 10A.
4. Λουτρό-WC (2 ρευματοδότες και 2 απλά φωτιστικά σημεία): $I_{\max} = (1,5 + 0,5 + (2 * 0,5)) = 3,0 \text{ A}$. Επιλέγεται μικροαυτόματος ονομαστικής έντασης 10A.

Μέγιστη Ταυτόχρονη Ισχύς Ζήτησης Ηλεκτρικής Παροχής

5. Χωλ (1 ρευματοδότη και 2 απλά φωτιστικά σημεία): $I_{\max}=(1,5)+(2*0,5)=2,5$ A. Επιλέγεται μικροαυτόματος ονομαστικής έντασης 10A.
6. Σαλόني-Καθιστικό (το ένα κύκλωμα έχει 4 ρευματοδότες, ένα πολύφωτο και 2 απλά φωτιστικά σημεία και το άλλο κύκλωμα έχει 6 ρευματοδότες, ένα πολύφωτο και δύο απλά φωτιστικά σημεία):
 $I_{\max} = [(1,5+3*0,5)+(1,5+0,5)]+(1,5+2*0,5)=7,5$ A για το ένα κύκλωμα και για το άλλο κύκλωμα:
 $I_{\max}=(1,5+3*0,5)+(1,5+2*0,5)=5,5$ A. Επιλέγεται και για τα δύο κυκλώματα μικροαυτόματος ονομαστικής έντασης 10A

Μέγιστη Ταυτόχρονη Ισχύς Ζήτησης Ηλεκτρικής Παροχής

7. Ηλεκτρικό μαγειρείο: Μέγιστη ένταση λειτουργίας συσκευής,

$$I_b = \frac{P \cdot (\Sigma Z)}{\sqrt{3} U_{l-l} \cos \varphi} = \frac{10.000 \cdot 0,8}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 11,56 \text{ A}$$

Επιλέγεται τετραπολικός διακόπτης 4*25A και τριπολικός μικροαυτόματος 3*16^A.

8. Ηλεκτρικός θερμοσίφωνα:

$$I_b = \frac{P \cdot (\Sigma Z)}{U_{ph} \cos \varphi} = \frac{4.000 \cdot 1,0}{230 \cdot 1} = 17,40 \text{ A}$$

Επιλέγεται διπολικός διακόπτης 2*32A και μικροαυτόματος 1*20^A.

Μέγιστη Ταυτόχρονη Ισχύς Ζήτησης Ηλεκτρικής Παροχής

9. Κλιματιστικά μηχανήματα:

$$I_b = \frac{P \cdot (\Sigma Z)}{U_{ph} \cos \varphi} = \frac{3.000 \cdot 1,0}{230 \cdot 0,85} = 15,35 \text{ A}$$

Επιλέγεται διπολικός διακόπτης 2*25A και μικροαυτόματος 1*20A.

10. Πλυντήριο ρούχων:

$$I_b = \frac{P \cdot (\Sigma Z)}{U_{ph} \cos \varphi} = \frac{3.500 \cdot 0,9}{230 \cdot 0,9} = 15,92 \text{ A}$$

Επιλέγεται διπολικός διακόπτης 2*25A και μικροαυτόματος 1*20A.

Μέγιστη Ταυτόχρονη Ισχύς Ζήτησης Ηλεκτρικής Παροχής

11. Πλυντήριο πιάτων:

$$I_b = \frac{P \cdot (\Sigma Z)}{U_{ph} \cos \varphi} = \frac{3.500 \cdot 1,0}{230 \cdot 0,9} = 17,00 \text{ A}$$

Επιλέγεται διπολικός διακόπτης 2*25A και μικροαυτόματος 1*20A.

- Κατανομή των ηλεκτρικών κυκλωμάτων διακλάδωσης στις τρεις φάσεις L_1, L_2, L_3
- ✓ Η κατανομή των κυκλωμάτων διακλάδωσης γίνεται με βάση την ονομαστική ένταση των ασφαλειών/μικροαυτομάτων.
- ✓ Προσδιορίζεται η (δυσμενέστερη) φάση με τη μεγαλύτερη φόρτιση ρεύματος. Με βάση την ένταση αυτή προσδιορίζεται η διατομή ασφαλούς λειτουργίας των αγωγών της παροχής.

Α/Α	Κυκλώματα Διακλάδωσης	I _F (A)	Κατανομή Ασφαλειών ανά Φάση-Μέγιστη ένταση γραμμής					
			L ₁		L ₂		L ₃	
			I _F (A)	I _{l,max}	I _F (A)	I _{l,max}	I _F (A)	I _{l,max}
1	Υπνοδωμάτιο 1	10	10	4,5				
2	Υπνοδωμάτιο 2	10			10	7,5		
3	Σαλόνι-Καθιστικό 1	10					10	7,5
4	Σαλόνι-Καθιστικό 2	10	10	5,5				
5	Κουζίνα-Αποθήκη	10			10	8,0		
6	Λουτρό-WC	10					10	3,0
7	Χωλ	10					10	2,5
8	Ηλεκτρικό Μαγειρείο	3*16	16	11,6	16	11,6	16	11,6
9	Ηλ. Θερμοσίφωνας	20	20	17,4				
10	Κλιματιστικά (3)	3*20	20	15,4	20	15,4	20	15,4
11	Πλυντήριο Ρούχων	20			20	16		
12	Πλυντήριο Πιάτων	20					20	17
Σύνολο			76	54,4	76	58,5	86	57

Υπολογισμός Διατομής Ηλεκτρικής Παροχής

- Μέγιστη ονομαστική ένταση ρεύματος παροχής
- ✓ Το καλώδιο εγκαθίσταται μόνο του, $f_n=1,0$
- ✓ Μέσος $\Sigma I \approx 0,9$
- ✓ Η δυσμενέστερη φάση με τη μεγαλύτερη ένταση φόρτισης είναι η φάση L_2 με ένταση ρεύματος 58,5A.
- ✓ Μέγιστη ένταση ρεύματος παροχής,

$$I_b = I_{L_2} g = 58,5 \cdot 0,8 = 46,8 \text{ A.}$$

- ✓ Ένταση ρεύματος, με βάση την οποία προσδιορίζεται η διατομή ασφαλούς λειτουργίας της παροχής,

$$I'_b = \frac{I_b}{f_\theta f_n} = \frac{46,8}{0,94 \cdot 1,0} = 49,78 \text{ A}$$

Υπολογισμός Διατομής Ηλεκτρικής Παροχής

- ✓ Η διατομή ασφαλούς λειτουργίας επιλέγεται από τον Πίνακα 1, 3^η στήλη,

$$q_{\text{ΑΛ}} = 16 \text{ mm}^2, \quad I_o = 56 \text{ A} > I'_b = 49,78 \text{ A.}$$

- Έλεγχος διατομής ασφαλούς λειτουργίας σε πτώση τάσης

$$\varepsilon\% = \Delta u\% = \frac{\Delta u_{l-l}}{U_{l-l}} 100, \quad \frac{\Delta u_{l-l}}{U_{l-l}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \phi}{q_{\text{ΑΛ}} U_{l-l}}$$

- $\varepsilon_{\text{ΗΠ}} = 1,5\%$, $P = 0,01785 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$, $l = 16 \text{ m}$, $\cos \phi \approx 0,9$,

$$\frac{\Delta u_{l-l, \text{παρ.}}}{U_{l-l}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot l \cdot I \cdot \cos \phi}{q_{\text{ΑΛ}} U_{l-l}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,01785 \cdot 16 \cdot 46,8 \cdot 0,9}{16 \cdot 400} = 0,0033$$

$$\varepsilon\% = \Delta u\% = \frac{\Delta u_{l-l}}{U_{l-l}} 100 = 0,0033 \cdot 100 = 0,33\%$$

Επιλογή Καλωδίου Ηλεκτρικής Παροχής

- ✓ Επειδή είναι: $\varepsilon_{\text{ΗΠ}} = 0,33\% < 1,5\%$, η διατομή των αγωγών της παροχής είναι 16mm^2 .
- ✓ Επιλέγεται, τελικώς, καλώδιο τύπου:

$$A05VV - U - 5 * 16\text{mm}^2 + 1,5\text{mm}^2$$

➤ Φαινόμενη ισχύς

- ✓ Η φαινόμενη ισχύς που απορροφά τριφασική, S_3 , και μονοφασική, S_1 , ΕΗΕ υπολογίζεται από τις σχέσεις,

$$S_3 = \sqrt{3} \cdot U_{l-l} \cdot I_l, \quad S_1 = U_{ph} \cdot I_l$$

- S_3, S_1 σε VA. $1\text{kVA} = 1.000\text{VA}$.

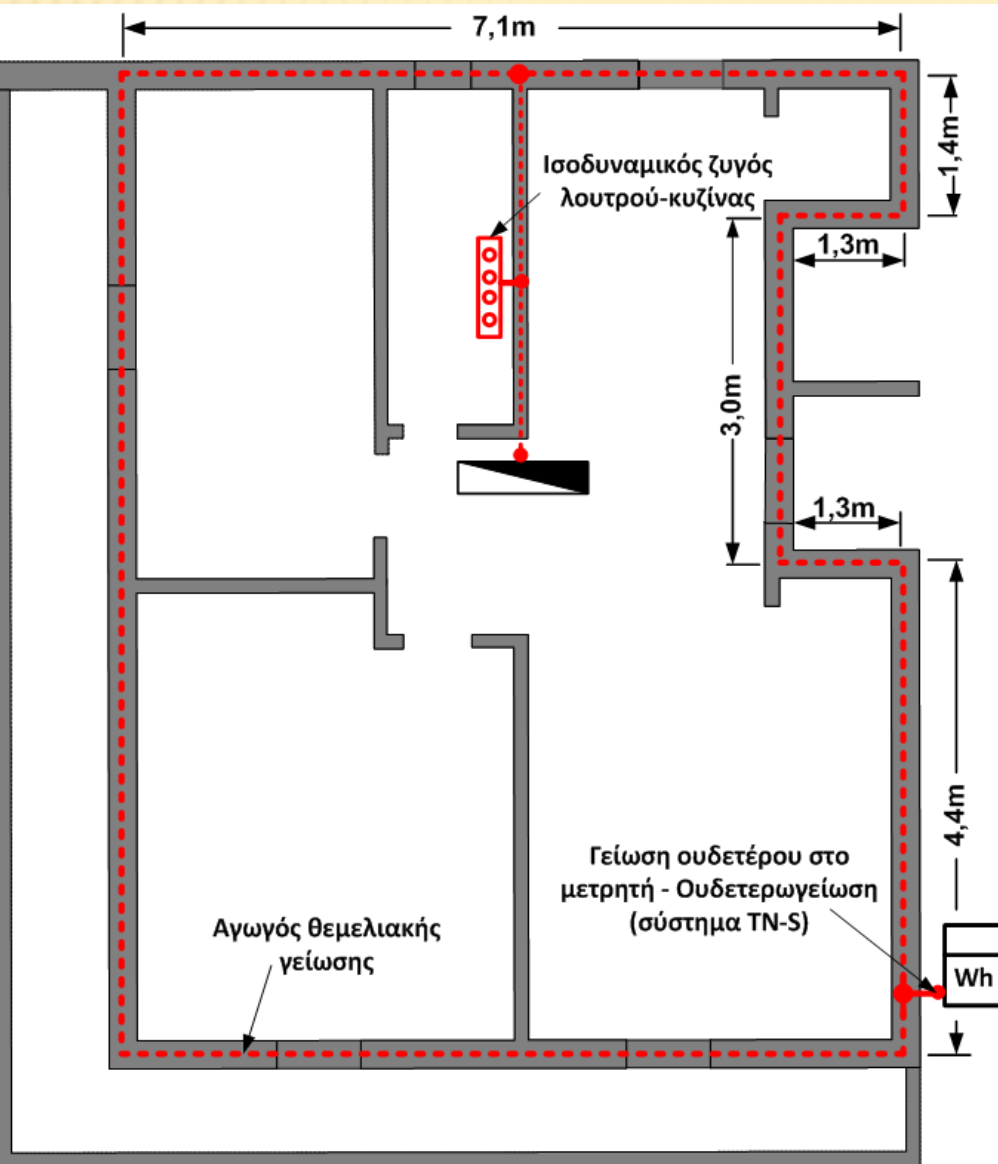
Εκλογή Τύπου Παροχής

- Μέγιστη φαινόμενη ισχύς ζήτησης ΕΗΕ
- ✓ Προσδιορίζεται με βάση την ένταση ρεύματος της δυσμενέστερης φάσης. Είναι:

$$S_3 = \sqrt{3} \cdot U_{l-l} \cdot I_{L_2, \max} = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 46,8 = 32.424 \text{VA} = 32,43 \text{kVA}$$

- ✓ Επιλέγεται τύπος τριφασικής παροχής ΧΤ: N3, με τα εξής χαρακτηριστικά:
 - Ισχύς παροχής: 35kVA
 - Συμφωνημένη ισχύς: 30kVA
 - Γενικές ασφάλειες τήξεως: 3*63^A
 - Καλώδιο ηλεκτρικής παροχής γενικού πίνακα-μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας: 5*16mm².
- ✓ Τιμολόγιο: Οικιακό, Γ1N, με μειωμένο νυκτερινό τιμολόγιο.

Υπολογισμός Αντίστασης Θεμελιακής Γείωσης



- ❑ Τα σημεία της κάτοψης του κτιρίου απέχουν απόσταση μικρότερη από 10m από την περιμετρική ταινία της θεμελιακής γείωσης (ΘΓ). Επομένως, δεν απαιτούνται πρόσθετά τμήματα ταινιών.
- ❑ Προβλέπονται τρεις απολήξεις της ΘΓ: 1 για τη σύνδεση του ισοδυναμικού ζυγού για τη γεφύρωση των σωλήνων του υδραυλικού δικτύου στην Κουζίνα και στο Λουτρό. 1 Για τη σύνδεση της γείωσης στο γενικό πίνακα. 1 Για τη γείωση του ουδέτερου αγωγού πριν το μετρητή της ΔΕΗ.

Υπολογισμός Αντίστασης Θεμελιακής Γείωσης

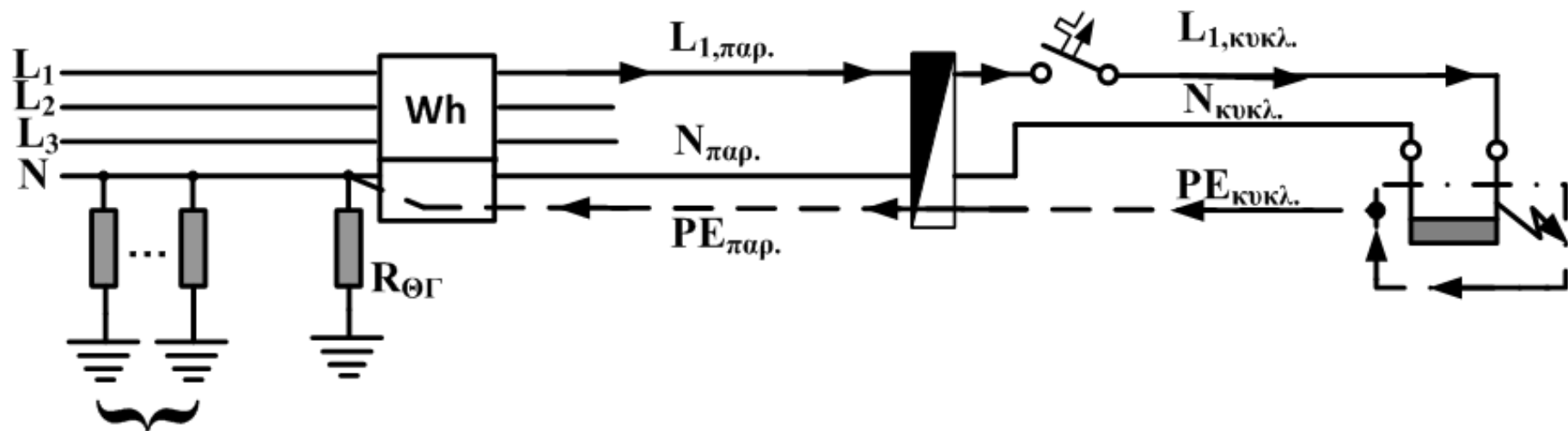
- ✓ S: Επιφάνεια κάτοψης κτιρίου m²
- ✓ Ειδική αντίσταση εδάφους, ρ=100Ωm
- ✓ S=[7,1*(1,4+3,0+4,4)]-(1,3*3,0)=62,48-3,9=58,58m²

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 58,58}{\pi}} = 8,64m$$
$$R_A = \frac{2}{\pi} \frac{\rho}{D} = \frac{2}{\pi} \frac{100}{8,64} = 7,34\Omega$$

Έλεγχος ΕΗΕ σε Συνθήκες Σφάλματος

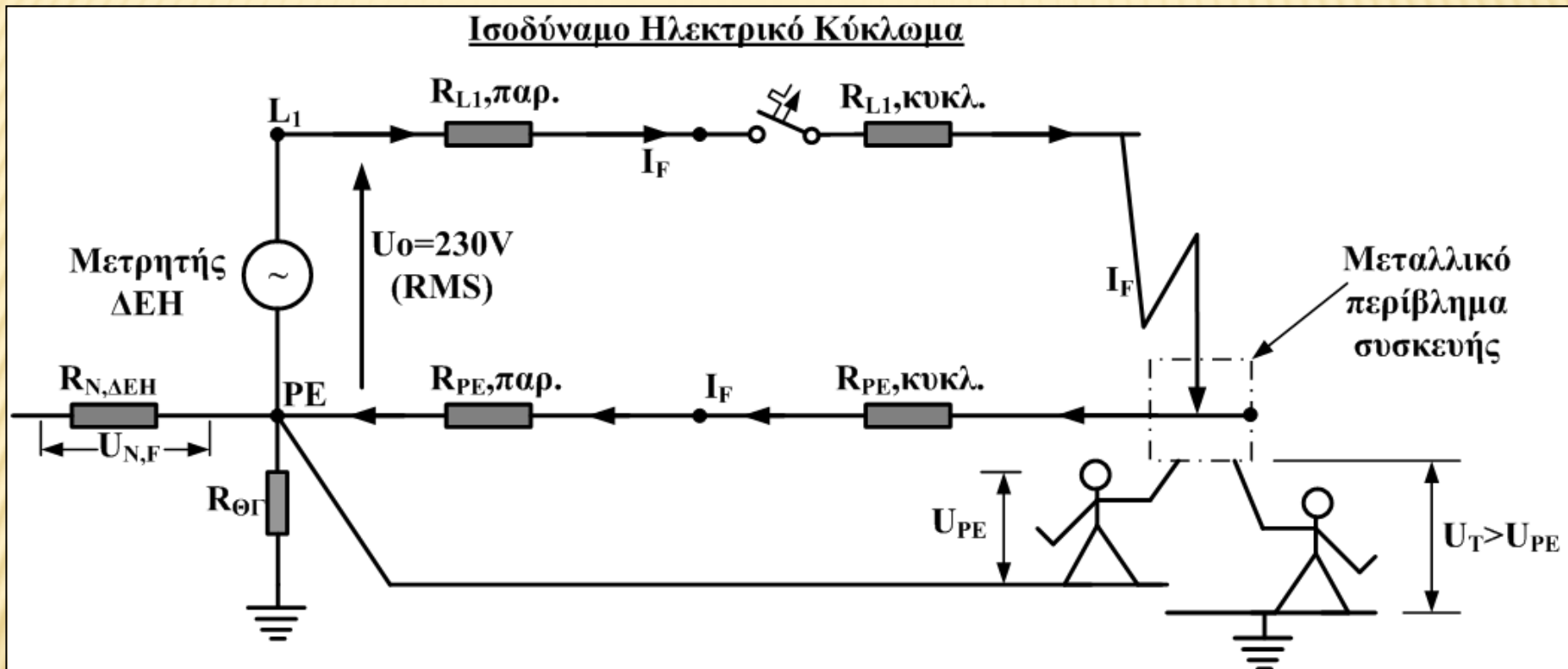
- Ελέγχεται ο χρόνος διακοπής του μικροαυτόματου διακόπτη, όταν στο δυσμενέστερο κύκλωμα (εδώ θεωρείται το κύκλωμα διακλάδωσης στο Υπνοδωμάτιο 2) συμβεί στέρεο βραχυκύκλωμα μεταξύ της φάσης και του μεταλλικού περιβλήματος της πλέον απομακρυσμένης ηλεκτρικής συσκευής (εδώ το φωτιστικό σημείο κ). Στέρεο βραχυκύκλωμα συμβαίνει, όταν συνδεθεί η φάση, π.χ. λόγω καταστροφής της μόνωσης του αγωγού, άμεσα, χωρίς την παρεμβολή αντίστασης, με το γειωμένο μεταλλικό περίβλημα συσκευής.
- Το ρεύμα σφάλματος ρέει μέσα από τον αγωγό της φάσης και επιστρέφει προς την πηγή μέσα από τον αγωγό προστασίας.

Έλεγχος ΕΗΕ σε Συνθήκες Σφάλματος



R_N : Συνολική
γείωση ουδέτερου
αγωγού δικτύου
 $\Delta E\text{H}$

Έλεγχος ΕΗΕ σε Συνθήκες Σφάλματος



$$I_F = \frac{U_o}{R_{tot.}} = \frac{U_o}{R_{L_1,παρ.} + R_{L_1,κυκλ.} + R_{PE,παρ.} + R_{PE,κυκλ.}}$$

Έλεγχος ΕΗΕ σε Συνθήκες Σφάλματος

➤ Ένταση ρεύματος στο βρόχο σφάλματος

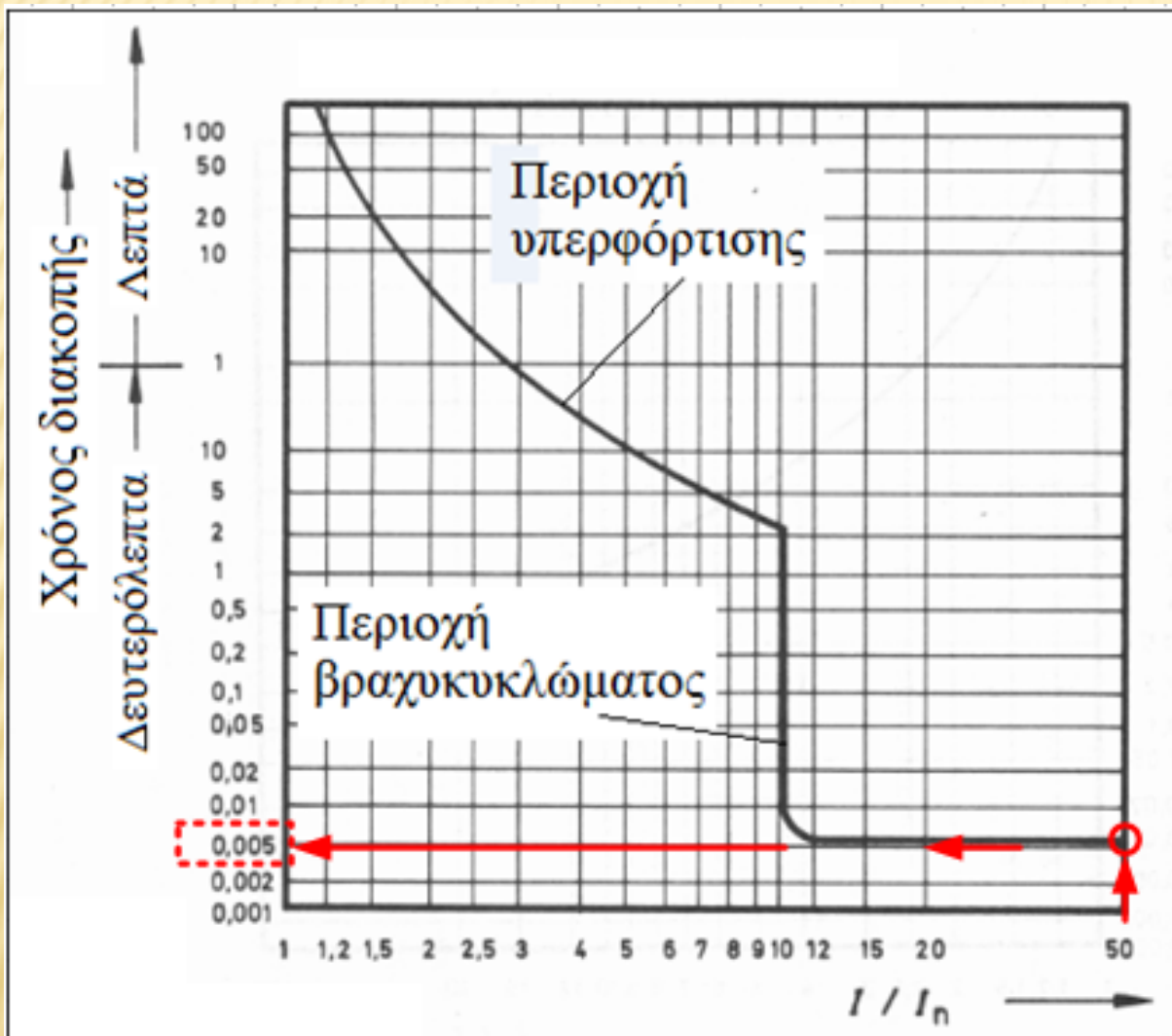
$$R_{L_1, \text{παρ.}} = R_{PE, \text{παρ.}} = \rho \frac{l_{\text{παρ.}}}{q_{\text{παρ.}}} = 0,01785 \frac{16}{16} \cong 0,018 \Omega$$

$$R_{L_1, \text{κυκλ.}} = R_{PE, \text{κυκλ.}} = \rho \frac{l_{\text{παρ.}}}{q_{\text{παρ.}}} = 0,01785 \frac{17,1}{1,5} = 0,203 \Omega$$

$$I_F = \frac{U_o}{R_{\text{tot.}}} = \frac{230}{2(0,018 + 0,203)} = 520,4 \text{ A}$$

Έλεγχος ΕΗΕ σε Συνθήκες Σφάλματος

➤ Χρόνος διακοπής μικροαυτόματου

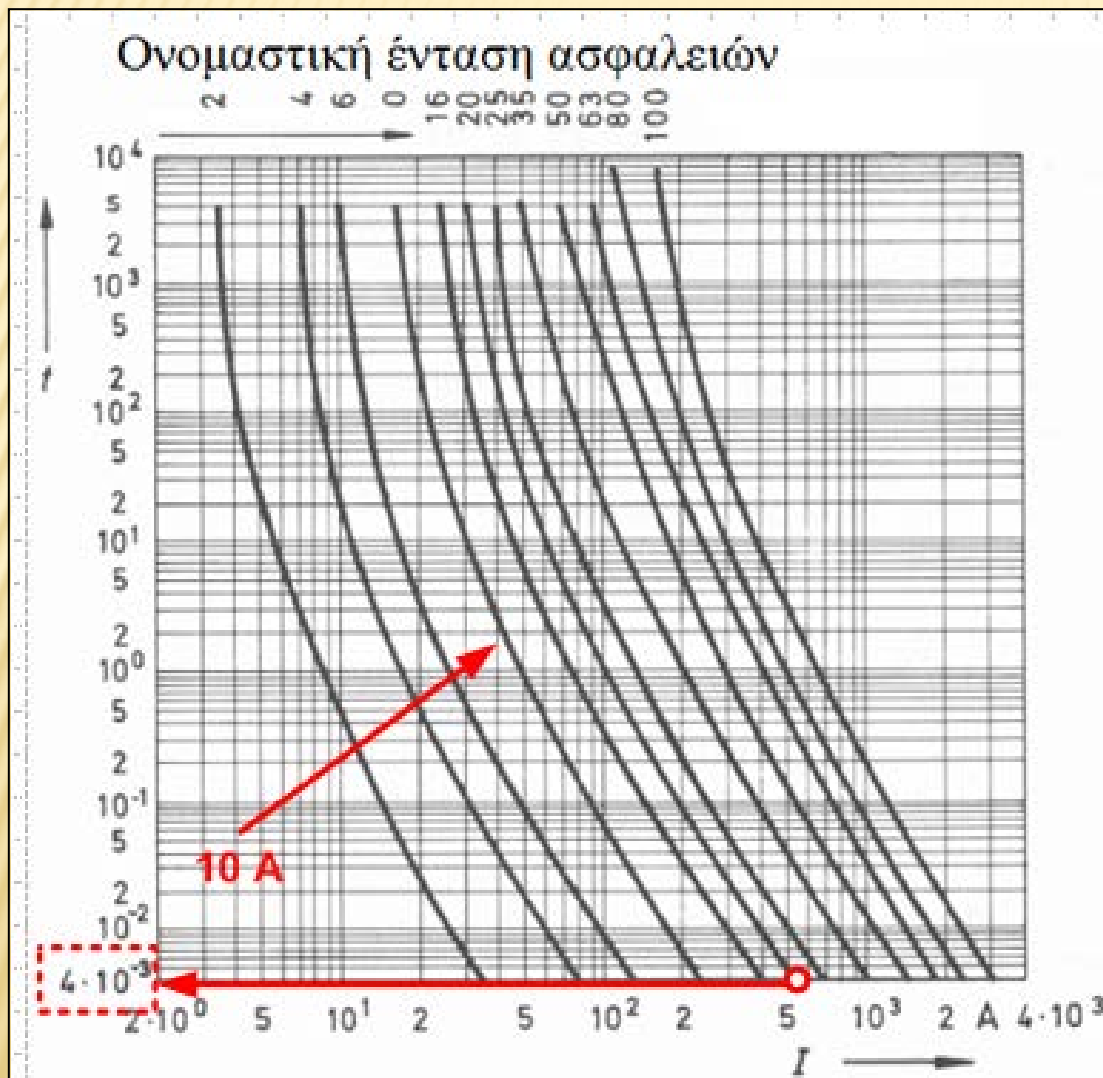


$$\frac{I_F}{I_N} = \frac{520,4}{10} \cong 52$$
$$t = 0,005 \text{ sec} = 5 \text{ ms}$$

Για φασική τάση 230V, ο επιτρεπτός χρόνος διακοπής πρέπει να είναι μικρότερος από 0,4sec, για φορητές συσκευές και 5sec για σταθερές συσκευές.

Έλεγχος ΕΗΕ σε Συνθήκες Σφάλματος

➤ Χρόνος διακοπής ασφαλεία τήξης



$$I_F = 520,4 \text{ A}$$

$$t = 0,004 \text{ sec} = 4 \text{ ms}$$

Για φασική τάση 230V, ο επιτρεπτός χρόνος διακοπής πρέπει να είναι μικρότερος από 0,4sec, για φορητές συσκευές και 5sec για σταθερές συσκευές.

Έλεγχος ΕΗΕ σε Συνθήκες Σφάλματος

➤ Τάση σφάλματος στο μεταλλικό περίβλημα συσκευής

$$U_T = U_{PE} + U_{N,\Delta E\text{H}} \frac{R_{\Theta\Gamma}}{R_{\Theta\Gamma} + R_{N,\Delta E\text{H}}}$$

$$U_{PE} = I_F \left(R_{PE,\pi\alpha\rho.} + R_{PE,\kappa\upsilon\kappa\lambda.} \right)$$

□ $U_{N,\Delta E\text{H}}$: Διαφορά δυναμικού στα άκρα του αγωγού του ουδετέρου αγωγού από το ΜΣ στον υποσταθμό ΜΤ/ΧΤ της ΔΕΗ μέχρι τον καταναλωτή. Σε συνθήκες στέρεου μονοφασικού βραχυκυκλώματος, είναι $U_{N,\Delta E\text{H}} \approx U_0/2$, αφού η φασική τάση U_0 επιμερίζεται στους αγωγούς της φάσης και του ουδετέρου, οι οποίοι έχουν την ίδια διατομή. Στην πράξη, είναι λίγο μικρότερη (συνήθως 90~105V). Εδώ, λαμβάνεται ίση με: **$U_{N,\Delta E\text{H}}=95\text{V}$** .

□ Συνολική αντίσταση γείωσης ουδετέρου στη θέση του καταναλωτή:
 $R_N=10\Omega$

Έλεγχος ΕΗΕ σε Συνθήκες Σφάλματος

- Τάση επαφής, U_{PE} , μεταξύ μεταλλικού περιβλήματος και αγώγιμου αντικειμένου (π.χ. μεταλλικό δίκτυο νερού), το οποίο συνδέεται αγώγιμα σε ισοδυναμικό ζυγό του κτιρίου

$$U_{PE} = I_F (R_{PE,παρ.} + R_{PE,κυκλ.}) = 520,4(0,018 + 0,203) = 115V$$

- Μέγιστη τάση επαφής, U_T , μεταξύ μεταλλικού περιβλήματος και «άπειρης γης»,

$$U_T = U_{PE} + U_{N,\Delta E H} \frac{R_{\Theta \Gamma}}{R_{\Theta \Gamma} + R_{N,\Delta E H}}$$

$$U_T = 115 + 95 \frac{7,34}{7,34 + 10} = 115 + 40,2 = 155,2V \gg 50V$$

Συμπεράσματα Λειτουργίας ΕΗΕ σε Συνθήκες Σφάλματος

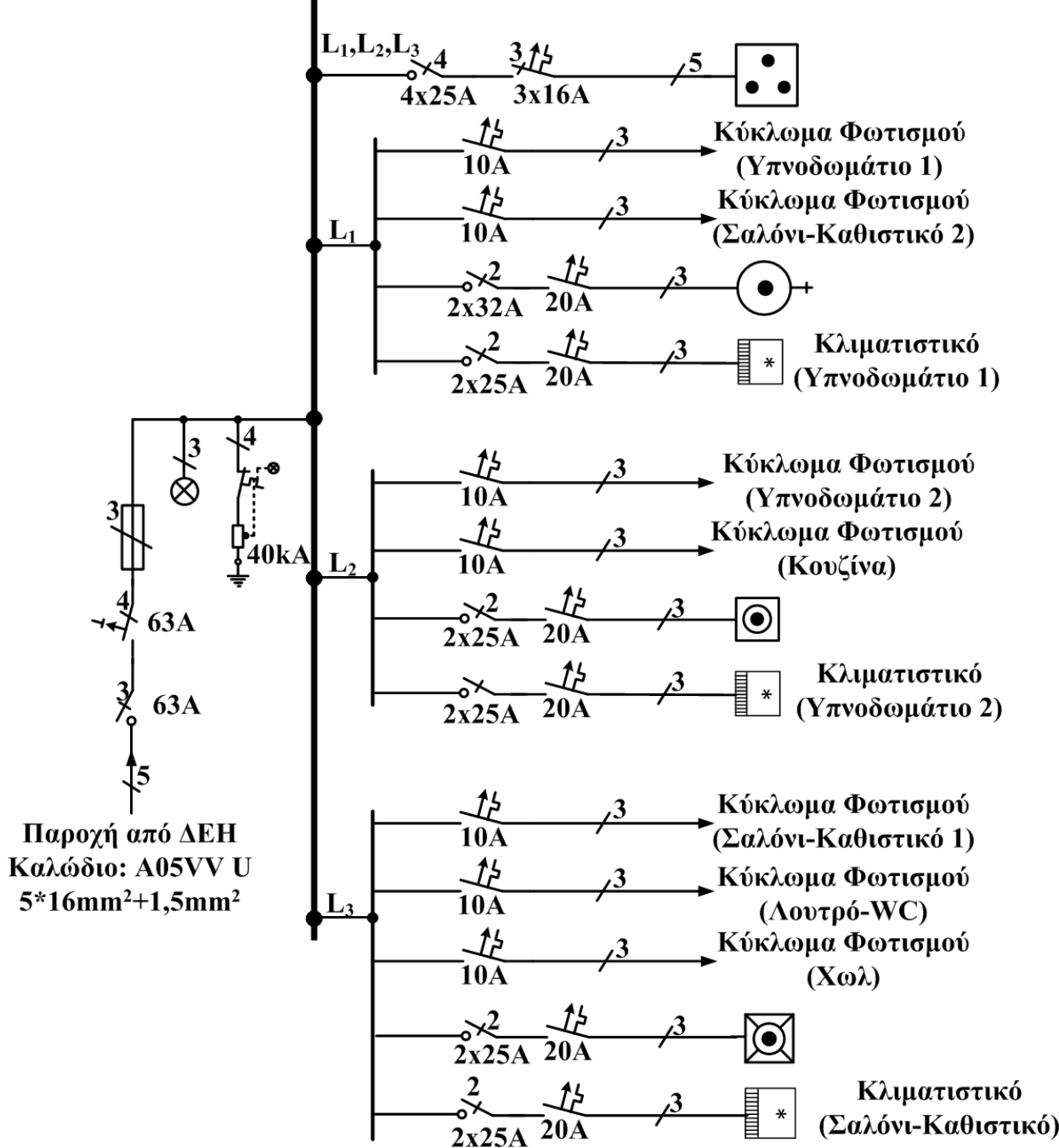
➤ Συμπεράσματα

1. Σε συνθήκες στέρεου μονοφασικού βραχυκυκλώματος το αυτόματο διακοπτικό μέσο, ασφάλεια τήξης ή μίροαυτόματος, διακόπτει ακαριαία το κύκλωμα σε χρόνο περίπου 5ms, απομονώνοντας έτσι το κύκλωμα από την πηγή.
2. Ο ΔΔΡ πρέπει να διακόψει, σε περίπτωση που αστοχήσει το αυτόματο διακοπτικό μέσο, ακαριαία, αμέσως μόλις το ρεύμα σφάλματος, το οποίο είναι και ρεύμα διαρροής, ξεπεράσει την τιμή των 30mA.
3. Μέχρι να διακοπεί το κύκλωμα, τα μεταλλικά περιβλήματα των συσκευών αποκτούν επικίνδυνα υψηλή τάση επαφής. Την τάση αυτή δέχεται άτομο ή ζώο που έρχεται σε επαφή με μεταλλικό περίβλημα συσκευής. Οι κανονισμοί επιβάλλουν, το κύκλωμα να διακόπτεται σε χρόνο μικρότερο από 0,4sec, σε περίπτωση που η τάση επαφής γίνει μεγαλύτερη από 50V.

Συμπεράσματα Λειτουργίας ΕΗΕ σε Συνθήκες Σφάλματος

4. Άτομο ή κατοικίδιο ζώο που έρχεται σε επαφή με μεταλλικό περίβλημα συσκευής και με μεταλλικό δίκτυο, το οποίο συνδέεται σε ισοδυναμικό ζυγό, π.χ. σωλήνες νερού, δέχεται τάση περίπου $U_{PE}=115V$.
4. Άτομο ή κατοικίδιο ζώο που έρχεται σε επαφή με μεταλλικό περίβλημα συσκευής δέχεται τάση επαφής ως προς την «άπειρη γη» ίση με: $U_T=155,2V$, η οποία είναι και η μέγιστη τάση επαφής.
5. Αν και οι τάσεις επαφής που εμφανίζονται είναι υψηλές, εντούτοις το κύκλωμα διακόπτεται ακαριαία είτε με την επέμβαση του αυτόματου διακοπτικού μέσου είτε μέσω του ΔΔΡ, αποφεύγοντας έτσι τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.
6. Περαιτέρω μείωση της τάσης επαφής επέρχεται με τη μείωση της τάσης U_{PE} . Τούτο επιτυγχάνεται με τη μείωση της αντίστασης του αγωγού προστασίας είτε μειώνοντας το μήκος του αγωγού (επανασχεδίαση της ΕΗΕ) είτε με την αύξηση της διατομής.

Μονογραμμικό Διάγραμμα Ηλεκτρικού Πίνακα



Σε κάθε κύκλωμα διακλάδωσης πρέπει να αναγράφεται επιπλέον ο τύπος του καλωδίου ή των αγωγών που τοποθετούνται μέσα σε σωλήνα, η διάμετρος του σωλήνα, καθώς και ο τρόπος εγκατάστασής της γραμμής διακλάδωσης. Ακόμη, πρέπει να παρατίθεται το υπόμνημα συμβόλων.

Βιβλιογραφία

1. «Τεχνικό Σχέδιο», Σ. Γ. Μουρούτσος, Γ. Μάλιαρης, Εκδόσεις ΤΣΟΤΡΑΣ, Ξάνθη, 2013.
2. «Θεμελιακή Γείωση», Τέταρτη Έκδοση, Δ. Κόκκινος, Εκδόσεις ΕΛΕΜΚΟ, Αθήνα, 2008.
3. «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Κτιρίων», Σ. Τουλόγλου, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2004.
4. «Οδηγός Επιλογής και Εφαρμογής Απαγωγών Κρουστικών Υπερτάσεων», ΕΛΕΜΚΟ.
5. «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών», Π. Ντοκόπουλος, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 2005.
6. Κτιριακές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις», Ν. Μ. Κιμουλάκης, Εκδόσεις ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ, Αθήνα, 2006.
7. «Ηλεκτρολογικό Σχέδιο», 12^η Έκδοση, Ι. Β. Καρατράσογλου, Εκδόσεις ΙΩΝ, 1998.