



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διπλωματική εργασία με τίτλο:

## Μελέτη ηλεκτρολογικής εγκατάστασης εργοστασίου κατασκευής έτοιμων φαγητών

**Λέλης Παναγιώτης**

Επιβλέποντες καθηγητές:

**Τσουκαλάς Ελευθέριος**

Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

**Σταμούλης Γεώργιος**

Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Μαρτιος 2019



# UNIVERSITY OF THESSALY



Department of Electrical and Computer Engineering

University of Thessaly

Diploma Thesis:

## Electrical installation design for ready-meal factory

***Panagiotis Lelis***

Supervisors:

***Lefteris Tsoukalas***

Professor

***George Stamoulis***

Professor

March 2019

(ΥΠΟΓΡΑΦΗ)

ΤΣΟΥΚΑΛΑΣ  
ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Π.Θ

(ΥΠΟΓΡΑΦΗ)

ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ  
ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Π.Θ

(Υπογραφή)

Λέλης Παναγιώτης  
Διπλωματούχος Μηχανικός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών,  
Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων Πανεπιστημίου Θεσσαλίας



Στην οικογένειά μου και στους φίλους μου

## **Ευχαριστίες**

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας οφείλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στον κ. Τσουκαλά Ελευθέριο και στον κ. Σταμούλη Γεώργιο, καθηγητές Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τις συμβουλές τους, την υπομονή τους καθώς και το χρόνο που δαπάνησαν για την επίβλεψή της. Ιδιαίτερα τους ευχαριστώ για την στήριξή τους σε όλη τη πορεία των σπουδών μου τόσο σε επιστημονικό όσο και σε ανθρώπινο επίπεδο και την εμπιστοσύνη που έδειξαν στο πρόσωπό μου από την πρώτη στιγμή. Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κ. Νασιάκου Αντωνία για την πολύτιμη βοήθειά της και την άψογη συνεργασία που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια διόρθωσης αυτής της εργασίας.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	10
Abstract .....	11
Πίνακας συντομογραφιών.....	12
Πρόλογος.....	13
1. Μελέτη Ιδιωτικού Υποσταθμού υποβιβασμού τάσης.....	13
1.1. Γενικά.....	13
1.1.1. Υπολογισμός συντελεστή ισχύος.....	15
1.1.2. Υπολογισμός συνολικής απαιτούμενης ισχύος εγκατάστασης Pin.....	15
1.1.3. Υπολογισμός φαινόμενης ισχύος.....	17
1.2. Γενική συνδεσμολογία Υποσταθμού (ΥΣ) – Περιγραφή της παροχής της ΔΕΔΔΗΕ.....	18
1.3. Επιλογή και παραλληλισμός Μετασχηματιστών.....	24
1.4. Ο χώρος της ΜΤ.....	27
1.5. Εγκατάσταση και ψύξη μετασχηματιστών.....	28
1.6. Ο χώρος της ΧΤ.....	30
1.7. Επιλογή καλωδίων του Υποσταθμού.....	31
1.7.1. Σύνδεση δικτύου ΔΕΔΔΗΕ με πίνακα ΜΤ καταναλωτή.....	31
1.7.2. Καλώδιο παροχής από τους ζυγούς ΜΤ στο πρωτεύον του ΜΣ.....	35
1.7.3. Σύνδεση τυλιγμάτων ΧΤ δευτερεύοντος ΜΣ με ζυγούς Χ.....	37
1.8. Υπολογισμός διατομής ζυγών.....	39
1.8.1. Ζυγοί ΜΤ.....	39
1.8.2. Ζυγοί ΧΤ.....	42
1.9. Έλεγχος Πτώσης Τάσης.....	45
1.10. Επιλογή και εγκατάσταση Μέσων Προστασίας.....	40
1.10.1. Μέσα ζεύξης & Μέτρησης ΜΤ.....	40
1.10.2. Μέσα Προστασίας ΧΤ.....	50
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ1.....	52
2. Μελέτη κίνησης.....	54

2.1.	Εισαγωγή .....	54
2.2.	Υποπίνακες κίνησης.....	55
2.2.1.	1ος υποπίνακας κίνησης.....	55
2.2.2.	2ος υποπίνακας κίνησης.....	57
2.2.3.	3 <sup>ος</sup> υποπίνακας κίνησης .....	60
2.2.4.	4ος υποπίνακας κίνησης.....	62
2.2.5.	5ος υποπίνακας κίνησης.....	72
2.2.6.	6ος υποπίνακας κίνησης.....	74
2.2.7.	7ος υποπίνακας κίνησης.....	77
3.	Αντιστάθμιση .....	81
3.1.	Γενικά .....	81
3.2	Τοπική αντιστάθμιση στους μετασχηματιστές. ....	82
3.2.1	Επιλογή πυκνωτών αντιστάθμισης.....	82
3.2.2	Επιλογή καλωδίων .....	83
3.2.3	Επιλογή μέσων προστασίας .....	83
3.3	Κεντρική αντιστάθμιση στην εγκατάσταση .....	84
3.3.1	Επιλογή πυκνωτών .....	84
3.3.2	Επιλογή ρυθμιστή άεργου ισχύος.....	85
3.3.3	Επιλογή καλωδίων από τους πυκνωτές προς τον ζυγό του υποπίνακα αντιστάθμισης και μέσων προστασίας.....	85
3.3.4	Ζυγός πίνακα αντιστάθμισης.....	86
4.	Γείωση και αντικεραυνική προστασία .....	87
4.1.	Αντικεραυνική προστασία.....	87
4.1.1.	Επιλογή της στάθμης προστασίας.....	87
4.1.2.	Εξωτερική εγκατάσταση προστασίας.....	99
4.1.3.	Συλλεκτήριο σύστημα.....	100
4.1.3.1	Πλέγμα αγωγών.....	101
4.1.3.2	Εφαρμογή της μεθόδου κυλιόμενης σφαίρας στην εγκατάσταση .....	101
4.1.3.3	Μορφή συλλεκτηρίου συστήματος .....	102
4.1.4.	Σύστημα αγωγών καθόδου κτιρίου .....	104
4.2.	Γείωση .....	106
4.2.1.	Σύστημα γείωσης κτιρίου.....	106
4.2.2.	Αντίσταση γείωσης .....	111
4.2.3.	Ισοδυναμικές συνδέσεις .....	113



4.3.	Εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας .....	115
4.3.1.	Υπολογισμός ρεύματος κεραυνού που ρέει σε εξωτερικά αγωγίμα τμήματα και στα καλώδια εισερχόμενων παροχών της κατασκευής .....	118
4.3.2.	Ελάχιστη διατομή θωράκισης καλωδίων .....	122
4.3.3.	Διατάξεις προστασίας έναντι υπερτάσεων από πλήγμα κεραυνού.....	123
4.3.4.	Βασικά στοιχεία για τον συντονισμό των μονώσεων χαμηλής τάσης.....	124
4.3.5.	Γειτνίαση εξωτερικής ΕΑΠ με την κατασκευή.....	128
	Παράρτημα II.....	129
5.	Μελέτη φωτισμού και ρευματοδοτών.....	137
5.1.	Εσωτερικός φωτισμός.....	137
5.2.	Εξωτερικός φωτισμός.....	138
5.3.	Ρευματοδότες .....	138
5.4.	Παράδειγμα.....	139
5.5.	Υπόγειο.....	147
5.5.1	Χώρος κινητήρων .....	147
5.5.2	Αποθήκη I και II.....	149
5.5.3	Αποθήκη III και λεβητοστάσιο .....	151
5.5.4	Αποθήκες IV, V, σκάλες.....	154
5.5.5	Χώρος ΜΣ και διάδρομος .....	158
5.6	Ισόγειο.....	161
5.6.1	Αποδυτήρια I,II, Εστιατόριο, Σκάλες .....	161
5.6.2	Μικρός χώρος κινητήρων.....	165
5.6.3	Μεγάλος χώρος κινητήρων .....	167
5.7	Γραφεία.....	171
5.7.1	Αποθήκη (2,5x4) - WC – Γραφεία I και II - Αποθήκη (3x4) – Διάδρομος	171
5.7.2	Αποθήκη (2,5x4) - WC – Γραφεία III και IV - Αποθήκη (3x4) .....	177
5.8	Εξωτερικός φωτισμός.....	182
6	Συμπεράσματα.....	185
7	Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	187
	Παράρτημα III.....	188
	Βιβλιογραφία .....	209
	Εικόνες.....	210



## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται στις επιμέρους ηλεκτρολογικές μελέτες ενός εργοστασίου κατασκευής έτοιμων φαγητών. Πραγματοποιείται ανάλυση με κατάλληλα λογισμικά και προγράμματα προσομοίωσης, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις παρατίθεται και αναλυτική μέθοδος υπολογισμού μέσα από πίνακες και συγκεκριμένους τύπους, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.

Αρχικά, αποτυπώνεται η διαδικασία επιλογής του μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσης και ελέγχεται η πτώση τάσης στα επιτρεπτά όρια καθώς και τα κατάλληλα μέσα προστασίας. Το 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιλαμβάνει το σχεδιασμό της τροφοδότησης επιλεγμένων κινητήρων, όπως επίσης και τις διατάξεις ελέγχου και προστασίας τους. Έπειτα, συντελείται η διόρθωση του συντελεστή ισχύος σε επίπεδα που ορίζει ο κανονισμός, τοπικά στους μετασχηματιστές και κεντρικά στους ζυγούς χαμηλής τάσης του υποσταθμού.

Στο επόμενο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η αντικεραυνική προστασία του εργοστασίου. Η εξωτερική εγκατάσταση έχει σκοπό να συλλαμβάνει το κεραυνό πριν πλήξει το σύστημα και η εσωτερική να περιορίζει τις ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις του ρεύματος του κεραυνού στην κατασκευή. Εν συνεχεία, μελετάται η γείωση και η ηλεκτρική προστασία από τάσεις επαφής και βηματικές τάσεις, ενώ στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται σχεδιασμός των φωτιστικών στους εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους. Τέλος, εξάγονται τα συμπεράσματα μαζί με προτάσεις για μελλοντική έρευνα .

## Abstract

The aim of this thesis is to present the individual electrical studies of a ready-to-eat food factory. Analysis is carried out using appropriate software and simulation programs while, in some cases, a detailed method of calculation is provided using tables and specific formulas in accordance with the ELOT HD 384 standard.

In the first part, the selection process of a step-down transformer is demonstrated and the permissible voltage drop along with the suitable means of protection are tested. The second chapter includes the supplying design of specific engines as well as the control and protection provisions. Consequently, the correction of the power factor takes place in levels specified by the regulation, locally in the transformers and centrally in the low range scales of the substation.

The next chapter exhibits the lightning protection of the factory. The external installation aims at catching the lightning before striking the system and the internal one at restricting the electromagnetic effects of the lightning in the construction. Next, the earthing and electrical protection from step and contact voltages are considered while the light fixtures in the interior and exterior of the factory are designed in the fifth chapter. Finally, conclusions are drawn along with further research suggestions

## Πίνακας συντομογραφιών

Ακολουθεί πίνακας με όλες τις χρησιμοποιούμενες συντομογραφίες:

**ΔΕΔΔΗΕ:** Διαχειριστής ελληνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

**ΜΤ:** Μέση τάση

**ΧΤ:** Χαμηλή τάση

**ΥΣ:** Υποσταθμός

**Μ/Σ:** Μετασχηματιστής

**ΔΙ:** Διακόπτης ισχύος

**ΗΝ:** Ηλεκτρονόμος

**ΝΟ:** *Normal open* – επαφή κανονικά ανοιχτή

**ΝΣ:** *Normal closed* – επαφή κανονικά κλειστή

## Πρόλογος

Το θέμα της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης ενός εργοστασίου κατασκευής έτοιμων φαγητών. Η εργασία περιλαμβάνει επιμέρους μελέτες. Για την εκπόνηση των μελετών αυτών θα υπολογίσουμε όλες τις διαφορετικές καταστάσεις που μας ανησυχούν και στη συνέχεια θα διαστασιολογήσουμε τον εξοπλισμό λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες της ασφάλειας τόσο των ανθρώπων όσο και των μηχανημάτων καθώς επίσης και της οικονομίας.

### 1. Μελέτη Ιδιωτικού Υποσταθμού υποβιβασμού τάσης

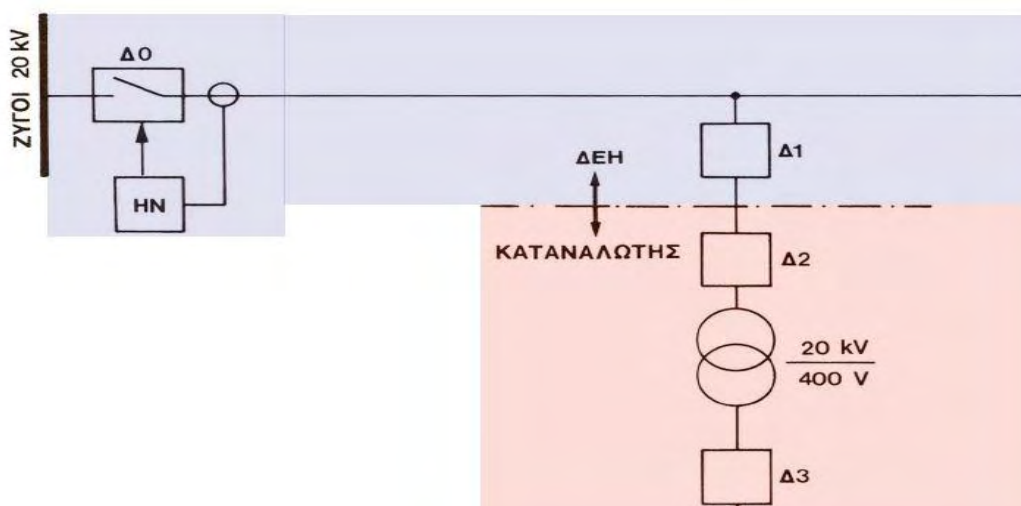
#### 1.1. Γενικά

Η μονάδα μας προβλέπεται να έχει μέγιστη ισχύ μεγαλύτερη από 135KVA. Θα χρειαστεί λοιπόν να κατασκευαστεί ιδιωτικός υποσταθμός υποβιβασμού τάσης προκειμένου και να συνδεθεί στο δίκτυο Μέσης Τάσης. Πρωταρχικός σκοπός της παρούσας μελέτης είναι ο σχεδιασμός και η πλήρης περιγραφή του υποσταθμού αυτού σύμφωνα με το σχέδιο ευρωπαϊκού προτύπου IEC 61936 για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις άνω του 1 kV που διέπει τις εγκαταστάσεις ονομαστικής τάσης άνω των 1000V εναλλασσόμενου τριφασικού ρεύματος για να εκδοθεί η απαραίτητη άδεια λειτουργίας και να συνδεθεί το εργοστάσιο με το δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ. Ανεξαρτήτως του επιπέδου επιλεγόμενης τάσης, επειδή στο μέλλον σχεδιάζεται όλα τα δίκτυα MT να μετατραπούν σε δίκτυα των 20 kV, θα πρέπει όλα τα υλικά των υποσταθμών MT να είναι για τάση 20 kV.

Οι εγκαταστάσεις σταθμών MT περιλαμβάνουν (α) την εγκατάσταση MT της ΔΕΔΔΗΕ, η οποία μπορεί να είναι στεγασμένη ή υπαίθρια σε υπόγεια ή εναέρια δίκτυα και (β) την εγκατάσταση του καταναλωτή η οποία είναι συνήθως στεγασμένη.

Η ισχύς από την παροχή μέσης τάσης των 20 kV της ΔΕΔΔΗΕ φτάνει στις κυψέλες όπου βρίσκεται ο ζυγός μέσης τάσης της εγκατάστασης. Πριν και μετά τον ζυγό εγκαθίστανται μέσα προστασίας. Στη συνέχεια τοποθετούνται οι μετασχηματιστές υποβιβασμού τάσης από τη μέση τάση 20KV στη χαμηλή 400V και καταλήγουν στο ζυγό χαμηλής τάσης. Η εγκατάσταση καταλήγει στο γενικό πίνακα ΧΤ, από όπου γίνεται η διανομή της ισχύος στους υποπίνακες των χώρων του εργοστασίου, όπου είναι απαραίτητο μεσολαβούν κατάλληλα διακοπτικά και μετρητικά στοιχεία όπως επίσης και στοιχεία προστασίας.

Η τυπική δομή του δικτύου τροφοδοσίας ΜΤ της ΔΕΔΔΗΕ παρουσιάζεται στην εικόνα 1:



Εικόνα 1: Δομή δικτύου τροφοδοσίας από ΜΤ(1)

## Υπολογισμός φαινόμενης ισχύος Εγκατάστασης

Αρχικά θα πρέπει να γνωρίζουμε την φαινόμενη ισχύ που απαιτεί η εγκατάσταση προκειμένου να επιλέξουμε τόσο την παροχή από τη ΔΕΔΔΗΕ όσο και τους κατάλληλους μετασχηματιστές για τον υποσταθμό. Γι' αυτό θα πρέπει να αθροιστεί η ισχύς εισόδου όλων των κινητήρων που θα χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία καθώς και η κατ' εκτίμηση ισχύς που απαιτείται για φωτισμό και λοιπές λειτουργίες, όπως γίνεται παρακάτω:

$$S = \frac{(P_{in} + P_{ext}) \times \sigma_1 \times \sigma_2}{\cos \varphi}$$

[14]

Όπου:

- $S$  είναι η ζητούμενη φαινόμενη ισχύς
- $P_{in}$  είναι η συνολική απαιτούμενη ισχύς των μηχανών και των λοιπών συσκευών που μας δίνονται για την εγκατάσταση
- $\sigma_1$  είναι ο συντελεστής ταυτοχρονισμού της εγκατάστασης με  $\sigma_1=65\%$
- $\sigma_2$  είναι ο συντελεστής μελλοντικής αύξησης φορτίου με  $\sigma_2 =120\%$
- $P_{ext}$  είναι η κατ' εκτίμηση ισχύς φωτισμού, ρευματοδοτών και αυτοματισμών, εν προκειμένω ίση με 110KW
- $\cos\phi$  είναι ο συντελεστής ισχύος.

Για να είναι πιο πλήρης η μελέτη θα πρέπει να ληφθεί υπόψη τόσο ένας συντελεστής ταυτοχρονισμού 65%, όσο και ένας συντελεστής μελλοντικής αύξησης φορτίου 20%, ώστε να μην χρειαστεί στο μέλλον να αντικατασταθούν καλώδια, διακόπτες και μετασχηματιστές σε ενδεχόμενη αύξηση του φορτίου της βιομηχανίας.

### 1.1.1. Υπολογισμός συντελεστή ισχύος

Για να γίνει εκτίμηση της φαινόμενης ισχύος της εγκατάστασης και άρα των ΜΣ, θα πρέπει να είναι γνωστός ο συντελεστής ισχύος. Ο αρχικός συντελεστής ισχύος της βιομηχανίας πριν την αντιστάθμιση είναι περίπου 0,7, ενώ μετά την προσθήκη πυκνωτών θέλουμε να είναι 0,9. Για λόγους οικονομίας θα χρησιμοποιηθεί ο μέσος όρος των δύο ως μια ασφαλής προσέγγιση, αφού μπορεί μεν ο τελικός συντελεστής ισχύος να είναι 0,9, μπορεί επίσης να ελαττωθεί από πιθανή απόζευξη συστοιχιών πυκνωτών λόγω σφάλματος, ωστόσο θεωρείται απίθανο να συμβεί ταυτόχρονο σφάλμα σε όλους τους πυκνωτές αντιστάθμισης. Θα είναι δηλαδή:

$$\cos \varphi = \frac{(0,7 + 0,9)}{2} = 0,8$$

### 1.1.2. Υπολογισμός συνολικής απαιτούμενης ισχύος εγκατάστασης $P_{in}$

**Προσδιορισμός ενεργής ισχύος**



Στον πίνακα που ακολουθεί έγινε η καταγραφή όλων των κινητήρων για 4 πολιτικούς επαγωγικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα του εργοστασίου. Συγκεντρωτικά θα έχουμε:

α/α	Ονομασία Μηχανήματος	Ισχύς (HP)	Ισχύς (KW)	Σύνολο μηχ.	Συνολική Ισχύς (HP)	Συνολική Ισχύς εξόδου(KW)	Συντ. απόδοση	Συνολική Ισχύς Εισόδου (KW)
1	Ψυκτικό Συγκρότημα	16,00	12,00	2,00	32,00	24,00	0,88	27,20
3	Μίξερ	2,00	1,50	1,00	2,00	1,50	0,75	2,00
4	Συμπιεστής	5,00	3,75	5,00	25,00	18,75	0,83	22,73
9	Πλυντήριο Πιάτων	-	110,00	1,00	-	110,00	-	110,00
10	Ψυγείο	0,50	0,38	1,00	0,50	0,38	0,66	0,57
11	Φούρνος	-	20,00	2,00	-	40,00	-	40,00
13	Γκριλ	-	14,00	4,00	-	56,00	-	56,00
17	Κουζίνα	-	30,00	4,00	-	120,00	-	120,00
21	Φούρνος	-	35,00	1,00	-	35,00	-	35,00
22	Ανατρεπόμενος Τηγάνι	-	10,00	8,00	-	80,00	-	80,00
30	Φριτέζα	-	16,00	6,00	-	96,00	-	96,00
36	Βραστήρας	-	10,00	2,00	-	20,00	-	20,00
38	Βραστήρας	-	30,00	3,00	-	90,00	-	90,00
41	Πλυντήριο Σκευών	-	26,00	1,00	-	26,00	-	26,00
42	Τούνελ Θερμοπλαστικό	-	4,00	1,00	-	4,00	-	4,00
43	Συγκολλητική	-	3,00	1,00	-	3,00	-	3,00
44	Μίξερ	5,00	3,75	4,00	20,00	15,00	0,83	18,18
48	Κόπτης	0,50	0,38	1,00	0,50	0,38	0,66	0,57
49	Ζαμπονομηχανή	1,00	0,75	3,00	3,00	2,25	0,74	3,04
52	Μηχανή κοπής λαχανικών	5,00	3,75	1,00	5,00	3,75	0,83	4,55
53	Μηχανή Πλύσης Λαχανικών	8,00	6,00	2,00	16,00	12,00	0,85	14,20
55	Στυπτήριο λαχανικών	2,00	1,50	2,00	4,00	3,00	0,75	4,00
57	Μηχανή Αποφλοιώσης	1,00	0,75	10,00	10,00	7,50	0,74	10,14

67	Αποφλοιωτικό	0,50	0,38	4,00	2,00	1,50	0,66	2,27
71	Κοπτικό Μπριζόλας	1,50	1,25	4,00	6,00	5,00	0,75	6,67
75	Κορδέλα Κοπής Κρέατος	3,00	2,25	1,00	3,00	2,25	0,79	2,85
76	Μηχανή μεριδοποίησης	25,00	18,75	2,00	50,00	37,50	0,91	41,44
78	Ζυμωτήριο	29,00	21,75	3,00	87,00	65,25	0,91	71,59
81	Αλεστικό	35,00	26,25	2,00	70,00	52,50	0,92	57,38
83	Κοπτική Μηχανή	5,00	3,75	1,00	5,00	3,75	0,83	4,55
84	Αεροψυκτήρες Κλιματισμού	20,00	15,00	2,00	40,00	30,00	0,89	33,71
86	Πύργος Ψύξης Νερού	15,00	11,25	2,00	30,00	22,50	0,88	25,57
88	Ηλεκτραντλία νερού απόψυξης	6,00	4,50	1,00	6,00	4,50	0,83	5,40
89	Ηλεκτραντλία νερού συμπύκνωσης	7,50	5,63	2,00	15,00	11,25	0,84	13,39
91	Συμπιεστής Αμμωνίας	25,00	18,75	1,00	25,00	18,75	0,91	20,72
92	Συμπιεστής Αμμωνίας	50,00	37,50	2,00	100,00	75,00	0,92	81,26
<b>Σύνολα Εγκατάστασης:</b>				<b>557HP</b>	<b>1098.25KW</b>	<b>1153.94KW</b>		

Πίνακας 1: Προσδιορισμός ισχύος μηχανών

### 1.1.3. Υπολογισμός φαινόμενης ισχύος

Έχοντας υπολογίσει όλες τις παραμέτρους μπορούμε να βρούμε την φαινόμενη ισχύ :

$$S = \frac{(P_{in} + P_{ext}) \times \sigma_1 \times \sigma_2}{\cos \varphi} = \frac{(1153,94 + 110) \times 0,65 \times 1,2}{0,8} = 1232,34kVA$$

## 1.2. Γενική συνδεσμολογία Υποσταθμού (ΥΣ) – Περιγραφή της παροχής της ΔΕΔΔΗΕ

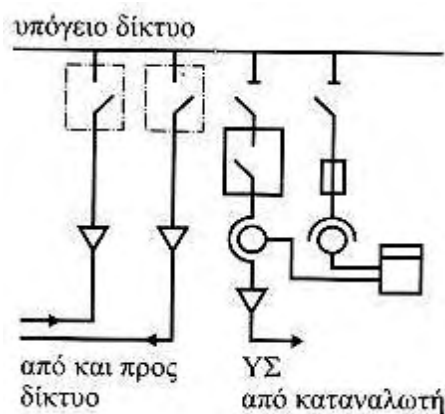
Η εγκατάσταση από την πλευρά της ΔΕΔΔΗΕ είναι στεγασμένη. Υπολογίσαμε την εγκατεστημένη μας ισχύ  $S = 1232.34$  KVA, δηλαδή μικρότερη από το μέγιστο όριο των 1250 KVA που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε στην παροχή B1. Στην παροχή B1 ο καταναλωτής μπορεί μεν να εγκαταστήσει περισσότερους του ενός ΜΣ ισχύος που θα πρέπει όμως να λειτουργούν μόνιμα παράλληλα, γεγονός που σε περίπτωση βλάβης σε μετασχηματιστή συνεπάγεται μέρες ή και εβδομάδες καθυστέρησης προτού αποκατασταθεί εκ νέου η τροφοδοσία. Λόγω της ιδιαιτερότητας του εργοστασίου απαιτείται σχεδόν αδιάλειπτη παροχή ισχύος ικανή τουλάχιστον για τη συντήρηση των τροφίμων. Ο τύπος της παροχής μας λοιπόν σε κάθε περίπτωση θα είναι B2 και μάλιστα από το βροχοειδές υπόγειο δίκτυο.

Από όλες τις διαθέσιμες συνδεσμολογίες, εμείς θα παραλληλίσουμε τους ΜΣ σε κοινό και ενιαίο ζυγό στη Χαμηλή Τάση, φροντίζοντας για τα κατάλληλα διακοπτικά στοιχεία και μέσα προστασίας. Σε αυτή την περίπτωση, μέχρι το ονομαστικό φορτίο κάθε ΜΣ θα είναι μόνον ο ένας μετασχηματιστής εντός, από εκεί και πέρα θα μπαίνει και ο δεύτερος στο κύκλωμα και θα φορτίζονται ομοιόμορφα. Η συνδεσμολογία αυτή απαιτεί έλεγχο για το εάν έχουμε ανεπίτρεπτες βυθίσεις τάσης σε όλα τα κυκλώματα ΧΤ κατά την εκκίνηση κινητήρων καθώς οι ΜΣ είναι πλήρως παραλληλισμένοι. Μειονέκτημα επίσης αυτού του τρόπου σύνδεσης το γεγονός πως σε περίπτωση σφάλματος σε κάποιον ΜΣ αρχικά τίθεται όλο το σύστημα εκτός και μόνον κατόπιν χειρισμών τίθενται οι υπόλοιποι ΜΣ εκ νέου σε λειτουργία. Αυτό επηρεάζει την επιθυμητή αδιάλειπτη λειτουργία, όχι όμως σημαντικά αφού ο χρόνος των χειρισμών αυτών είναι σχετικά μικρός. Το πρόβλημα αυτό θα μπορούσε να εξαλειφθεί εντελώς με την εκπόνηση επιπρόσθετης μελέτης και εγκατάστασης συστημάτων αδιάλειπτης λειτουργίας, μελέτες που δεν καλύπτονται στην παρούσα διπλωματικής εργασία.

Η άλλη διαθέσιμη συνδεσμολογία όπου διαφορετικοί ΜΣ μπορούν να συνδέονται σε ξεχωριστούς ζυγούς ΧΤ δεν προτείνεται καθώς θα είχαμε μεν συνεχή τροφοδοσία ισχύος ακόμη και σε περίπτωση σφάλματος, αλλά οι ανομοιόμορφες

φορτίσεις των ΜΣ και η μη οικονομική τους λειτουργία δεν θα αντισταθμιζε τα όποια οφέλη.

Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται το μονογραμμικό διάγραμμα που περιγράφει την παροχή τύπου Β2 για υπόγειο δίκτυο:



Εικόνα 2 Συνδεσμολογία παροχής Β2 για υπόγειο δίκτυο

Το εγκατεστημένο μέσο προστασίας στην πλευρά της ΔΕΔΔΗΕ στα 20KV είναι διακόπτης ισχύος (ΔΙ) συνήθως πτωχού ελαίου με δοσμένο χρόνο αποκοπής, σε εμάς 1sec. Ο ΔΙ διεγείρεται από ηλεκτρονόμο (ΗΝ) που τροφοδοτείται μέσω ΜΣ έντασης από το δίκτυο. Ο ΗΝ παρακολουθεί το ρεύμα κι αν αυτό είναι ανεπίτρεπτα μεγάλο, στέλνει στο ΔΙ εντολή να ανοίξει. Με τα μέσα προστασίας που η ΔΕΔΔΗΕ εγκαθιστά στα σημεία διακλάδωσης των καταναλωτών, σε περίπτωση σφάλματος μετά την παροχή απομονώνεται πρώτα ο καταναλωτής και όχι ολόκληρη η γραμμή της μέσης τάσης. Εξασφαλίζεται έτσι η εύρυθμη λειτουργία των υπολοίπων καταναλωτών της ΜΤ. Ταυτόχρονα στην παροχή Β2 το μέσο προστασίας Δ1 που εγκαθιστά η ΔΕΔΔΗΕ από μόνο του επαρκεί για την πλήρη προστασία του καταναλωτή, ως εκ τούτου δεν χρειαζόμαστε επιπρόσθετη προστασία για τους ΜΣ. Εξαιρεση αποτελεί η περίπτωση όπου ο υποσταθμός έχει εγκατεστημένους πολύ μικρούς ΜΣ με ονομαστικό ρεύμα μικρότερο του 10% της ρύθμισης των ΗΝ και μάλιστα συνδεδεμένους σε ξεχωριστούς ζυγούς στη ΧΤ, όπου εκεί θα έπρεπε να εγκατασταθούν επιπλέον μέσα προστασίας, πχ ασφάλειες. Κάτι τέτοιο όμως στην μελέτη μας δεν υφίσταται.

Οι ΔΙ της ΔΕΔΔΗΕ στην παροχή Β2 εκτός από τους ΗΝ σταθερού χρόνου για την προστασία από υπερφόρτιση διαθέτουν και στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας για το βραχυκύκλωμα. Σε κάθε περίπτωση λοιπόν ο καταναλωτής είναι προστατευμένος. Έχουμε δυο ρεύματα οριακά  $I1 < I2$ . Για τα ρεύματα πάνω από  $I1$  υπάρχει διέγερση. Η διέγερση γίνεται για οποιαδήποτε ρεύματα μεταξύ  $I1$  και  $I2$  σε χρόνο  $t1$  ρυθμιζόμενο. Για οποιαδήποτε ρεύματα πάνω από  $I2$  έχουμε διέγερση σε σταθερό χρόνο  $t2$ . Οι ΗΝ μπορεί να είναι εφοδιασμένοι και με στοιχείο γης.

Αξίζει να αναφερθεί πως κατά κανόνα ο ΗΝ ενός ΔΙ σε εναέρια δίκτυα ακολουθεί κύκλους επαναφοράς, δίνεται εντολή δηλαδή να ανοίξει και να κλείσει ο ΔΙ σε καθορισμένους χρόνους, επαναλαμβανόμενους. Αν στο μεταξύ το σφάλμα αποκατασταθεί, ο ΔΙ κλείνει και παραμένει έτσι, σε αντίθετη περίπτωση απομονώνει το τμήμα αυτό στο οποίο συνεχίζει να υφίσταται το σφάλμα. Αντίθετα, στα υπόγεια δίκτυα ο ΗΝ δεν ακολουθεί κύκλους. Αυτό γίνεται γιατί στις υπόγειες γραμμές δεν μπορούν να συμβούν παροδικά σφάλματα, αλλά αποκλειστικά μόνιμα σφάλματα. Γι' αυτό και γενικότερα στα υπόγεια δίκτυα το κύριο μέσο προστασίας είναι αυτό που εγκαθιστά η ΔΕΔΔΗΕ, όπου μπορεί να ελέγχει τους διακόπτες των καταναλωτών. Εφόσον ρυθμίζει το μέσον αυτό η ΔΕΔΔΗΕ, μπορεί να ρυθμίσει με επιτυχία και την επιλεκτικότητα με τα μέσα της αναχώρησης ακριβώς όπως τη θέλει και επομένως να χρησιμοποιήσει τους φθηνότερους ΗΝ.

Η ΔΕΔΔΗΕ επίσης στις αναχωρήσεις των καλωδίων στα υπόγεια δίκτυα συνήθως χρησιμοποιεί ΗΝ σταθερού χρόνου που είναι πιο εύχρηστοι και φθηνοί από τους ΗΝ αντίστροφου χρόνου. Οι ΗΝ αντίστροφου χρόνου αν και δίνουν μεγαλύτερη ελαστικότητα λόγω του μεγαλύτερου χρόνου αντίδρασης σε μικρότερα ρεύματα σφάλματος, δεν βοηθούν στην επιλεκτικότητα εξίσου καλά όπως κατορθώνουν στα εναέρια δίκτυα γι' αυτό και προτιμώνται σε περιπτώσεις όπου οι ίδιοι οι καταναλωτές εγκαθιστούν και ρυθμίζουν τα κεντρικά μέσα προστασία τους.

Η εγκατάσταση του υποσταθμού χωρίζεται σε δύο σύνολα:

Το πρώτο αποτελεί την εγκατάσταση ΜΤ της ΔΕΔΔΗΕ η οποία περιέχει αποζεύκτη, ΔΙ με ΗΝ για την προστασία της παροχής, Μ/Σ μέτρησης και

μετρητές. Τα στοιχεία αυτά περιέχονται μεταξύ των ζυγών μέσης τάσης της ΔΕΔΔΗΕ και του καταναλωτή, εντός προκατασκευασμένου μεταλλικού πίνακα τύπου ΔΕΔΔΗΕ ΒΚΙΙ που εγκαθιστά η ίδια η ΔΕΔΔΗΕ.

Στο δεύτερο σύνολο, την εγκατάσταση του καταναλωτή, η προστασία των Μ/Σ σε βραχυκυκλώματα και υπερφορτίσεις γίνεται από το Δ/Ι της ΔΕΔΔΗΕ για την επιλεγμένη μας παροχή. Ο καταναλωτής μπορεί να έχει πολλούς κλάδους και κάθε κλάδος πρέπει να είναι αποζεύξιμος για να μπορεί να αποχωριστεί ένας Μ/Σ. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται διακόπτες φορτίου σε συνδυασμό με αποζεύκτες ή εναλλακτικά διακόπτες φορτίου με ορατές επαφές. Αντί διακοπών φορτίου μπορεί να χρησιμοποιηθούν Δ/Ι με αποζεύκτες. Αυτό εφαρμόζεται αν προστατεύσουμε επιπρόσθετα τον κλάδο με διαφορετική προστασία, Η/Ν Buchholz, θερμίστορες ή Η/Ν υπερέντασης. Η ΔΕΔΔΗΕ ωστόσο δε συνιστά Η/Ν υπερέντασης γιατί υπάρχει δυσκολία στη συνεργασία με τον Η/Ν του Δ/Ι της παροχής. Μπορούμε όμως να χρησιμοποιήσουμε Η/Ν Buchholz ή άλλα μέσα και να τα συνδέσουμε με το Δ/Ι της παροχής, αφού η ΔΕΔΔΗΕ το επιτρέπει στον καταναλωτή.

Ο καταναλωτής επιτρέπεται επίσης να χειριστεί το Δ/Ι της ΔΕΔΔΗΕ χωρίς να χρειαστεί να την καλέσει ή να την πληροφορήσει. Έτσι μπορεί να θέσει την εγκατάστασή του εκτός τάσης. Για να μπορέσουν όμως να γίνουν εργασίες εντός του Υ/Σ είναι απαραίτητο να γίνει και απόζευξη ,με ορατές επαφές, με αποζεύκτη ζυγών. Επιλέγουμε λοιπόν Διακόπτες Φορτίου, έναν σε κάθε κλάδο και πριν τους Μετασχηματιστές.

Στην πλευρά τέλος της χαμηλής τάσης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε ασφάλειες είτε Διακόπτες Ισχύος. Ο καθορισμός των παραμέτρων τους εξαρτάται από τη ρύθμιση του ΗΝ φάσεων του προτεταμένου Διακόπτη Ισχύος. Θα χρησιμοποιήσουμε ΔΙ για λόγους που θα αναφερθούν στη συνέχεια.

Ένας ΔΙ, σε περίπτωση σφάλματος, μπορεί να ανοίξει και να κλείσει με δύο τρόπους:

- Όταν διεγείρεται είτε από το θερμικό στοιχείο είτε από το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο του διακόπτη. Η προστασία με αυτόν τον τρόπο λέγεται «πρωτογενής προστασία»

- Παίρνοντας εντολή από έναν ΗΝ υπερέντασης, οπότε έχουμε την «δευτερογενή προστασία».

Στην πρωτογενή προστασία το θερμικό στοιχείο είναι ένα έλασμα το οποίο θερμαίνεται σιγά-σιγά λόγω μιας μικρής αύξησης του ρεύματος, μαλακώνει και έτσι ανοίγει ο ΔΙ. Το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο λειτουργεί όταν υπάρχει μια απότομη αύξηση του ρεύματος πολλαπλάσια του ονομαστικού του διακόπτη και ανοίγει ακαριαία τον διακόπτη.

Η δευτερογενής προστασία είναι ακριβότερη από την πρωτογενή. Όταν όμως ένας καταναλωτής χρησιμοποιήσει σαν μέσο προστασίας ΔΙ τότε ένας ΔΙ με δευτερογενή προστασία συνεργάζεται καλύτερα με τα μέσα της ΔΕΔΔΗΕ από ότι ένας με πρωτογενή προστασία.

Όταν οι ΔΙ δεν έχουν ορατές επαφές πρέπει να τοποθετείται πάντα ένας αποζεύκτης, ο οποίος να μανταλώνεται με τον ΔΙ. Και στην περίπτωση αυτή πρέπει να γίνονται χειρισμοί με τη σωστή σειρά όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Όταν συμβεί κάποιο βραχυκύκλωμα και ανοίξει ο ΔΙ πρέπει στην συνέχεια να ελέγχεται η κατάσταση του διακόπτη σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Οι ρυθμίσεις του ΔΙ της κυψέλης ΒΚ ΙΙ δεν μπορούν να τυποποιηθούν με κάποιο συγκεκριμένο τρόπο αλλά προκύπτουν ύστερα από μελέτη που κάνει η ΔΕΔΔΗΕ. Οι ρυθμίσεις, αυτές, εξαρτώνται από την δομή του δικτύου ΜΤ στην περιοχή της εγκατάστασης και την Ισχύ του καταναλωτή ΜΤ. Πιο συγκεκριμένα εξαρτώνται από τους τύπους, τις διατομές και τα μήκη των καλωδίων ΜΤ καθώς επίσης και από τις ρυθμίσεις που υπάρχουν στον Διακόπτη αναχώρησης της γραμμής από την οποία και θα τροφοδοτηθεί ο καταναλωτής.

Οι ρυθμίσεις που θα προκύψουν θα πρέπει να είναι «κάτω» από τις ρυθμίσεις των μέσων προστασίας που βρίσκονται πριν από τον καταναλωτή έτσι ώστε να συνεργάζονται επιλεκτικά. Επίσης θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η ισχύς του καταναλωτή έτσι ώστε να προσφέρεται συνεχώς σε αυτόν η ισχύς που έχει συμφωνήσει με την ΔΕΔΔΗΕ.

Αρχικά οι ρυθμίσεις υπολογίζονται από την ΔΕΔΔΗΕ σύμφωνα με την ισχύ του καταναλωτή. Στην συνέχεια οι ρυθμίσεις εισάγονται σε ειδικά προγράμματα στον Η/Υ που διαθέτει η ΔΕΔΔΗΕ. για να διαπιστωθεί αν με αυτές υπάρχει επιλεκτική

συνεργασία του ΔΙ με τα μέσα προστασίας που βρίσκονται πριν από αυτόν. Στα προγράμματα αυτά έχουν εισαχθεί όλα τα πραγματικά στοιχεία του δικτύου ΜΤ μιας μεγάλης περιοχής (π.χ. Θεσσαλίας-Φθιώτιδας). Τα στοιχεία αυτά είναι οι τύποι, οι διατομές, τα μήκη και οι χαρακτηριστικές έντασης-χρόνου των καλωδίων της περιοχής, τα μέσα προστασίας και οι χαρακτηριστικές έντασης –χρόνου όλων των μέσων προστασίας κ.α.

Με την εισαγωγή ορισμένων δεδομένων προκύπτουν το διάγραμμα αλληλουχίας στο οποίο υπάρχουν όλες οι χαρακτηριστικές των μέσων προστασίας της γραμμής που θα τροφοδοτήσει τον καταναλωτή καθώς επίσης και οι χαρακτηριστικές καμπύλες έντασης χρόνου του ΔΙ. Από το διάγραμμα αυτό ελέγχεται η επιλεκτική συνεργασία. Σε περίπτωση που με τις αρχικές ρυθμίσεις δεν υπάρχει επιλεκτική συνεργασία χαράσσονται πάνω στο διάγραμμα οι χαρακτηριστικές του ΔΙ για τις οποίες θα υπάρχει επιλεκτική συνεργασία. Έτσι προκύπτουν οι νέες τιμές των ρυθμίσεων από το διάγραμμα.

Για τη ρύθμιση των Η/Ν της ΔΕΔΔΗΕ στο σημείο της παροχής λαμβάνονται υπόψη οι εξής απαιτήσεις:

- Συνεργασία με τον Η/Ν αναχώρησης της γραμμής

Στην περίπτωση Η/Ν αναχώρησης σταθερού χρόνου πρέπει να υπάρχει συνεργασία του Δ/Ι της παροχής με το Δ/Ι της αναχώρησης. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση Η/Ν αναχώρησης αντιστρόφου χρόνου.

- Εξασφάλιση προστασίας των Μ/Σ σε βραχυκυκλώματα

Στην περίπτωση που οι Η/Ν αναχώρησης είναι σταθερού χρόνου η προστασία Μ/Σ θεωρείται εξασφαλισμένη όταν η ρύθμιση των Η/Ν φάσεων της παροχής είναι το πολύ δεκαπλάσια της ονομαστικής έντασης του Μ/Σ. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση Η/Ν αναχώρησης αντιστρόφου χρόνου.

- Ο Δ/Ι δεν πρέπει να ανοίγει από τα ρεύματα ζεύξης.

Στην περίπτωση που οι Η/Ν αναχώρησης είναι σταθερού χρόνου η αδράνεια του Δ/Ι στην παροχή σε ρεύματα ζεύξης είναι εξασφαλισμένη όταν τα στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας του Η/Ν στην παροχή έχουν ρεύμα ρύθμισης πάνω από το δεκαπλάσιο του ρεύματος που αντιστοιχεί στο σύνολο των ονομαστικών ρευμάτων



όλων των Μ/Σ. Αν δεν είναι δυνατή αυτή η ρύθμιση τα στοιχεία στιγμιαίας λειτουργίας τίθενται εκτός λειτουργίας. Η ρύθμιση χρόνου της χρονικής καθυστέρησης είναι τόσο μεγάλη ώστε να μην επηρεάζεται από τα ρεύματα ζεύξης που διαρκούν λιγότερο χρόνο. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση Η/Ν αναχώρησης αντιστρόφου χρόνου.

- Συνεργασία με τα μέσα προστασίας του καταναλωτή

Ο Δ/Ι πρέπει να συνεργάζεται με τα μέσα προστασίας που εγκαθιστά ο καταναλωτής. Στην περίπτωση που οι Η/Ν αναχώρησης είναι σταθερού χρόνου, αν υπάρχουν μέσα προστασίας στην ΜΤ ανά Μ/Σ τότε πρέπει να ελεγχθεί η συνεργασία τους με το Δ/Ι της παροχής. Ομοίως και για τα μέσα στην πλευρά της ΧΤ κάθε Μ/Σ. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση Η/Ν αναχώρησης αντιστρόφου χρόνου.

- Ο Δ/Ι δεν πρέπει να ανοίγει σε βραχυχρόνιες αυξήσεις του φορτίου.

Στην περίπτωση που οι Η/Ν αναχώρησης είναι σταθερού χρόνου, για να μην έχουμε πτώση του Δ/Ι της παροχής από υπερφορτίσεις, η ρύθμιση της χρονικής καθυστέρησης στους Η/Ν φάσεων στην είσοδο της παροχής πρέπει να είναι 2-4 φορές η ένταση που αντιστοιχεί στην συμφωνημένη ισχύ του καταναλωτή. Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση Η/Ν αναχώρησης αντιστρόφου χρόνου.

### 1.3. Επιλογή και παραλληλισμός Μετασχηματιστών

Η επιλογή του μετασχηματιστή γίνεται με βάση την απαιτούμενη φαινόμενη ισχύ, η οποία έχει υπολογιστεί, την επικινδυνότητα της εγκατάστασης για πυρκαγιές και εκρήξεις, και την αναγκαιότητα εφεδρείας και αξιόπιστης λειτουργίας της βιομηχανίας ακόμη και σε περίπτωση βλάβης ή συντήρησης. Επιλέγεται η φαινόμενη αυτή ισχύς να διαμοιραστεί σε δύο μετασχηματιστές. Η χρήση ενός μετασχηματιστή για την κάλυψη όλων των αναγκών θα είχε σημαντικά μικρότερο κόστος εγκατάστασης, όμως η χρήση δύο μετασχηματιστών είναι πιο ευσταθής λύση, αφού μπορεί μετά από σφάλμα η βιομηχανία να λειτουργεί ενδεχομένως με τον έναν από τους δύο. Ακόμη, σε περίπτωση χαμηλού φορτίου μπορεί να θέτει τον

έναν εκτός, ώστε να μειώσει τις απώλειες ισχύος στους μετασχηματιστές. Για όμοιους μετασχηματιστές η ισχύς που επωμίζεται καθένας θα είναι:

$$S_{MT} = \frac{S}{2} = 616,17kVA$$

Οι ΜΣ στην περίπτωση μας παραλληλίζονται με τον τρόπο που αναφέρθηκε στο προηγούμενο τμήμα, δηλαδή σε κοινούς ζυγούς ΜΤ και ΧΤ. Επίσης, επειδή οι σύγχρονοι ΜΣ ελαίου δεν είναι τοξικοί όπως ίσχυε παλιότερα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εσωτερικούς χώρους. Ο χώρος του ΥΣ δεν διατρέχει άμεσο κίνδυνο πυρκαγιάς ούτε μπορούμε να τον θεωρήσουμε εκρηκτικό όπου μονόδρομος θα ήταν η χρήση Μετασχηματιστών ξηρού τύπου, οι οποίοι έχουν σχεδόν διπλάσιο κόστος αγοράς από τους κοινούς ελαίου.

Με αυτά τα κριτήρια επιλέγουμε δύο όμοιους ελαιόψυκτους ΜΣ τύπου Minera χαμηλών απωλειών και μικρής σύνθετης αντίστασης εκ της εταιρείας Schneider Electric των 630KVA ο καθένας, των οποίων η συνολική ισχύς προστιθέμενη υπερκαλύπτει τις ανάγκες ισχύος της βιομηχανίας.

Μικρή σύνθετη αντίσταση και χαμηλές απώλειες ισοδυναμούν με μικρότερη πτώση τάσης πάνω στον ΜΣ και βελτιωμένη απόδοση.

Η απόδοση ενός ΜΣ δίνεται από τον τύπο :

$$\eta_1 = \frac{S \cdot \cos \varphi}{S \cdot \cos \varphi + \text{Απώλειες(Κενού)} + \text{Απώλειες (ΥπόΦορτίο)} \cdot (S/S_B)^2}$$

Όπου  $S_B$  η ονομαστική ισχύς και  $S$  η ισχύς που ζητάει ο ΜΣ τη δεδομένη στιγμή.

Είναι φανερό πως ΜΣ με μικρές απώλειες θα έχει καλύτερο συντελεστή απόδοσης και μικρότερο κόστος λειτουργίας.

Όσον αφορά τον επιτυχή παραλληλισμό και για να έχουμε ομοιόμορφη φόρτιση πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Η σχέση των ισχύων τους να είναι μεταξύ 1 και 3. Εμείς έχουμε επιλέξει δύο ίδιους Μ/Σ των 630 kVA με λόγο 1, οπότε πληρούμε την συνθήκη.

- Οι ονομαστικές τάσεις στη ΜΤ και οι ρυθμίσεις να είναι ίσες. Στους ΜΣ που επιλέξαμε, εφόσον είναι όμοιοι, έχουμε 20kV στην ΜΤ ονομαστική, και ο λόγος μετασχηματισμού μπορεί να μεταβληθεί μέσω μεταγωγέα (tap changer) που βρίσκεται στην πλευρά της ΜΤ (χειρισμός όχι υπό φορτίο) με ανοχή  $\pm 2 \times 2.5\%$  στα 20kV. Ο χειρισμός γίνεται σε έως έξι βήματα.

- Οι ονομαστικές τάσεις βραχυκύκλωσης να είναι ίσες με ανοχή 10% επί της τάσης βραχυκύκλωσης. Σε αντίθετη περίπτωση, η τελική συνολική ισχύς των ΜΣ δεν θα ισούται με το άθροισμα των ονομαστικών εγκατεστημένων ισχύων των ΜΣ αλλά θα είναι μικρότερη – θα έχουμε μη οικονομική λειτουργία. Εμείς έχουμε επιλέξει δύο όμοιους ΜΣ με τάση βραχυκύκλωσης 4% pu.

- Να έχουν ίδιες συνδεσμολογίες και να συνδεθούν με τους ανάλογους ακροδέκτες U-U, V-V, W-W. Αν δεν είναι ίδιες συνδεσμολογίες επιτρέπεται ο παραλληλισμός Dyn 05 και Dyn 05 όταν συμπίπτουν οι τάσεις τους με κατάλληλη αντιστοίχιση ακροδεκτών (1):πιν.15.3 βιβλίο σελ.712.

Έχουμε επιλέξει δύο μετασχηματιστές ίδιου τύπου Dyn05 οπότε θα συνδέσουμε τους όμοιους ακροδέκτες. Επειδή είναι όμοιοι δεν υπάρχει πρόβλημα στον παραλληλισμό. Ωστόσο, μπορούμε πριν τον παραλληλισμό των ΜΣ να κάνουμε έλεγχο για τυχόν σφάλματα στη συνδεσμολογία. Συνδέονται οι ΜΣ στην ΜΤ και με βολτόμετρα γίνεται μέτρηση των τάσεων μεταξύ των ακροδεκτών που θα συνδεθούν στη ΧΤ, με ενωμένους τους ουδέτερους. Η διαφορά των βολτομέτρων πρέπει να είναι το πολύ 0.5 ‰ τάση, δηλαδή 0,2 V.

Βλέπουμε επίσης ότι από τις διαστάσεις τους δεν προκύπτει πρόβλημα εγκατάστασής τους στον προκαθορισμένο χώρο του εργοστασίου μας. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειώσουμε πως ο ουδέτερος των ΜΣ συνδέεται με τη θεμελιακή γείωση του κτιρίου μέσω καλωδίου τύπου H05V-R, διατομής 35mm<sup>2</sup> αγωγού χαλκού μόνωσης PVC, πολύκλωνου (μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διατομή 25 mm<sup>2</sup>, όμως επιλέγουμε μεγαλύτερο για λόγους στιβαρότητας).

#### 1.4. Ο χώρος της ΜΤ

Στη παράγραφο 15.8.5 του βιβλίου Ηλεκτρικές εγκατάστασεις Καταναλωτών (Ντοκόπουλος) αναγράφεται ότι: Η εγκατάσταση ΜΤ του καταναλωτή γίνεται σχεδόν κατά αποκλειστικότητα σε κλειστούς χώρους. Πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής:

- Πρέπει να γίνονται χειρισμοί απέξω, χωρίς κίνδυνο της ζωής, και να φαίνονται απ' έξω οι ορατές επαφές των αποζευκτών.
- Πρέπει, σε σφάλματα, το τόξο να περιορίζεται και να μη προκαλεί ζημιές στις γειτονικές συσκευές.
- Πρέπει να υπάρχει δυνατότητα εκτόνωσης των αερίων σε σφάλματα.
- Πρέπει να υπάρχει αρκετός χώρος για την εκτέλεση εργασιών.

Έτσι, όλες οι αναχωρήσεις των καλωδίων και τα μέσα ζεύξης και προστασίας ΜΤ εγκαθίστανται σε κυψέλες ΜΤ που λέγονται και πεδία ή πίνακες ΜΤ. Κάθε αναχώρηση απασχολεί μια ιδιαίτερη κλειστή κατασκευή, την κυψέλη. Οι κυψέλες τοποθετούνται η μία πλάι στην άλλη. Έχουν τρία τμήματα. Στο πρώτο, το κάτω τμήμα έχουμε τα στοιχεία της αναχώρησης ή της άφιξης π.χ. καλώδια, γειωτές, αποζεύκτες. Πιο πάνω στο δεύτερο τμήμα της κυψέλης είναι οι ζυγοί, οι οποίοι συνδέονται με τις κυψέλες με μονωτήρες διέλευσης που είναι πάνω στην οροφή του δεύτερου τμήματος. Το τρίτο τμήμα περιέχει όργανα και ηλεκτρονόμους. Τα τοιχώματα των κυψελών είναι από λαμαρίνα χαλύβδινη, πάχους 1,5 mm τουλάχιστον. Πολλές κατασκευές γίνονται με 3 mm πάχος για λόγους στιβαρότητας και αντοχής στο ηλεκτρικό τόξο. Ψιλή λαμαρίνα μπορεί να λιώσει αν πέσει πάνω της το ηλεκτρικό τόξο. Επειδή οι κυψέλες είναι χωρισμένες με λαμαρινένιους τοίχους, οι ζημιές από το ηλεκτρικό τόξο περιορίζονται σε εκείνη τη κυψέλη που υπάρχει και το σφάλμα. Οι κυψέλες για 20 kV έχουν συνήθως διαστάσεις: πλάτος: 0,70-1,20m , μήκος: 1,00-1,20m , ύψος: 2,00-2,50m. Στο κάτω μέρος της κυψέλης εισέρχονται τα καλώδια, για αυτό πρέπει να έχουμε ένα χαντάκι από όπου αυτά θα οδεύουν. Το χαντάκι γίνεται λαμβάνοντας υπόψη ότι τα καλώδια πρέπει να οδηγηθούν από τη γη στη κυψέλη και ότι τα καλώδια έχουν μια ελάχιστη ακτίνα κάμψης 15x εξωτερική διάμετρο ( $\approx 400\text{...}600\text{mm}$ ). Το χαντάκι καταλαμβάνει όλο το κάτω μέρος των κυψελών. Συνήθως αρκεί ένα βάθος ίσο με την ελάχιστη ακτίνα κάμψης ( $\approx 600\text{mm}$  για καλώδια  $70\text{mm}^2$

). Πρέπει να μην λιμνάζει νερό εκεί με βοήθεια αποχέτευσης και κατάλληλης κλίσης.

### 1.5. Εγκατάσταση και ψύξη μετασχηματιστών

Η εγκατάσταση των δύο Μ/Σ μας θα είναι στεγασμένη, σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους στον υποσταθμό μέσης τάσης. Αυτό επιλέγουμε για λόγους χωροταξικούς αλλά και για λόγους ασφάλειας και ψύξης των μετασχηματιστών. Οι Μ/Σ μας είναι ελαιόψυκτοι, καθένας από τους οποίους θα πατάει πάνω σε ράγες και θα τοποθετηθεί πάνω από κατάλληλο στεγανό λάκκο από σκυρόδεμα με χαλίκια με σκοπό να μην μπορεί να διαρρεύσει λάδι στο έδαφος και σε περίπτωση διαρροής να μειωθεί η ποσότητα του λαδιού που μπορεί να καεί σε περίπτωση έκρηξης ή πυρκαγιάς.

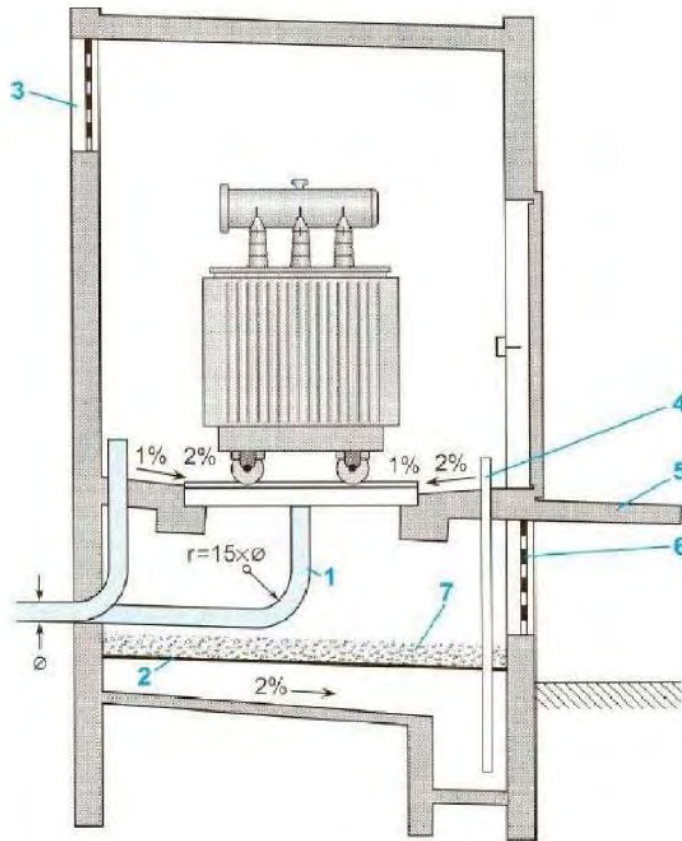
Το πλάτος και το βάθος πρέπει να εξασφαλίζουν διάδρομο 0,7 m τουλάχιστον, κατά προτίμηση 1.5 m. Δεδομένων των διαστάσεων και της κλίμακας που απεικονίζονται στην κάτοψη του εργοστασίου μας για τον χώρο του υποσταθμού συμπεραίνουμε ότι έχουμε αρκετό χώρο για να ικανοποιήσουμε την παραπάνω συνθήκη.

Πρέπει να ελέγξουμε επίσης τις περιβαλλοντικές συνθήκες της εγκατάστασης, και κυρίως τη θερμοκρασία καθώς μπορεί να μειώσει την επιτρεπόμενη ισχύ των μετασχηματιστών. Γενικά η επιτρεπόμενη ισχύς των μετασχηματιστών ταυτίζεται με την ισχύ διαστασιολόγησης αν ισχύουν οι παρακάτω συνθήκες:

- Θερμοκρασία περιβάλλοντος  $-25^{\circ}\text{C}$  έως  $40^{\circ}\text{C}$
- Μέση ημερήσια θερμοκρασία μικρότερη των  $30^{\circ}\text{C}$
- Μέση ετήσια θερμοκρασία μικρότερη των  $20^{\circ}\text{C}$
- Υψόμετρο της εγκατάστασης μέχρι 1000m

Οι συνθήκες αυτές ικανοποιούνται γενικά στην Ελλάδα και στη συγκεκριμένη μελέτη μας.

Ακολουθεί στην Εικόνα 3 η τομή του υπογείου όπου θα εγκατασταθούν οι ΜΣ:



Εικόνα 3 Τομή υπογείου εγκατάστασης ΜΣ

όπου:

1. Οδηγός Καλωδίων 2. Λαμαρίνα γαλβανισμένου χάλυβα. 3. Έξοδος αέρα, 4. Σωλήνας άντλησης ελαίου 5. Δάπεδο. 6. Είσοδος αέρα. 7. Χαλίκια

Σημαντικό είναι ακόμα να εξασφαλιστεί η ψύξη του μετασχηματιστή. Να τονιστεί ότι ο επιλεγμένος ΜΣ είναι ελαιόψυκτος – αερόψυκτος O.N.A.N. (Oil natural – air natural). Ένα άνοιγμα υπάρχει κάτω από τον Μ/Σ και ένα άνοιγμα πάνω από τον Μ/Σ σε κατάλληλο ύψος. (1): σελ. 727, Σχήμα 15.22β.

Επειδή ο ΥΣ είναι εγκατεστημένος σε υπόγειο, τα ανοίγματα αυτά δεν είναι ανάγκη να «βλέπουν» στο εξωτερικό περιβάλλον, επομένως μπορούμε να τα αφήσουμε από την πλευρά του εσωτερικού του εργοστασίου. Ο αέρας εισέρχεται από το κάτω άνοιγμα και εξέρχεται από το άνω.

Ο χώρος του υποσταθμού που μας δίνεται έχει ύψος 5 μέτρα. Θα πρέπει να υφίστανται 4 ανοίγματα, δύο για κάθε Μ/Σ.

Έστω ότι το κέντρο του άνω ανοίγματος έχει ύψος περίπου 4.2 μέτρα. Το ύψος του Μ/Σ που επιλέξαμε είναι  $H = 1501\text{mm}$ , ενώ το μέσο ύψος του Μ/Σ είναι  $\frac{H}{2} = 750,5\text{mm}$

Άρα  $h = [\text{ύψος κέντρου ανοίγματος}] - [\text{μέσο ύψος Μ/Σ}] = [4,2 - 0,750] = 3,45$  μέτρα. Από το παραπάνω σχήμα ((1): σελ. 728, σχήμα 15.22γ) η επιφάνεια εξόδου θα πρέπει να έχει εμβαδό τουλάχιστον  $0.7 \text{ m}^2$ . Το άνοιγμα θα έχει σχισμές οπότε η επιφάνεια αυξάνεται κατά 10% σε  $0.77\text{m}^2$ . Η επιφάνεια εισόδου είναι 10% μικρότερη, δηλαδή,  $0.9 \times 0.77 = 0.7\text{m}^2$ . Επειδή ο χώρος των ΜΣ στην περίπτωση μας δεν θα είναι διαμπερής, θα αυξήσουμε τα ανοίγματα κατά 20% επιπλέον, δηλαδή θα έχουμε  $0,92 \text{ m}^2$  για την έξοδο και  $0,83 \text{ m}^2$  στην είσοδο.

Ο επιλεγμένος μετασχηματιστής διαθέτει δύο ρελέ τα οποία προστατεύουν τον ΜΣ θέτοντάς τον εκτός φορτίου αν λειτουργεί εκτός των αποδεκτών. Τα ρελέ δέχονται εντολές από τα παρακάτω μέσα προστασίας του ΜΣ:

- δύο αισθητήρια θερμοκρασίας: το πρώτο ενεργοποιεί alarm και το δεύτερο τριπάρει τον ΔΙ μετασχηματιστή. Τα όρια για ενεργοποίηση του alarm και του tripping είναι ρυθμιζόμενα.
- αισθητήριο πίεσης, ρυθμισμένο να τριπάρει τον ΔΙ του μετασχηματιστή όταν η πίεση στο εσωτερικό του ΜΣ ξεπεράσει τα  $200\text{hPa}$
- Τέλος, ένας ηλεκτρονόμος Buchholz, μπορεί να τριπάρει τον ΔΙ της ΔΕΔΔΗΕ σε περίπτωση έλλειψης λαδιού ή υπερβολικής ανόδου της θερμοκρασίας του λαδιού η οποία προκαλεί αύξηση της πίεσης του λαδιού.

## 1.6. Ο χώρος της ΧΤ

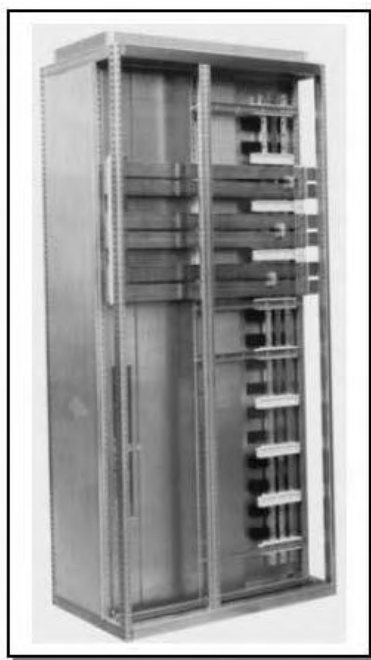
Ο γενικός πίνακας της ΧΤ είναι από τα πιο σημαντικά στοιχεία της εγκατάστασης μας και πρέπει να προστατεύεται από σκόνη, υγρασία και οτιδήποτε άλλο μπορεί να τον επηρεάσει. Θα χρησιμοποιήσουμε πίνακα πεδίων, ο οποίος θα εμπεριέχει όπως αναλύσαμε παραπάνω, τους ζυγούς χαμηλής τάσης, τα μέσα προστασίας, μέσα ελέγχου, χρονοδιακόπτες ρελέ, όργανα μέτρησης, αμπερόμετρα

και βολτόμετρα. Όλα τα στοιχεία που πρέπει να χειρίζονται όπως διακόπτες και όργανα μέτρησης είναι στο εμπρόσθιο μέρος του πίνακα. Για λόγους ασφάλειας είναι προσπελάσιμος μόνο από τη μπροστινή πλευρά.

Από τον κεντρικό πίνακα αναχωρούν καλώδια για:

- Τους υποπίνακες κίνησης
- Τους υποπίνακες φωτισμού
- Την αντιστάθμιση

Το κύριο σύστημα ζυγών (χάλκινες μπάρες) βρίσκεται στην πλάτη των πεδίων σε ειδικό χώρο:



*Εικόνα 4: Ζυγοί Χ.Τ.*

## **1.7. Επιλογή καλωδίων του Υποσταθμού**

### **1.7.1. Σύνδεση δικτύου ΔΕΔΔΗΕ με πίνακα ΜΤ καταναλωτή**

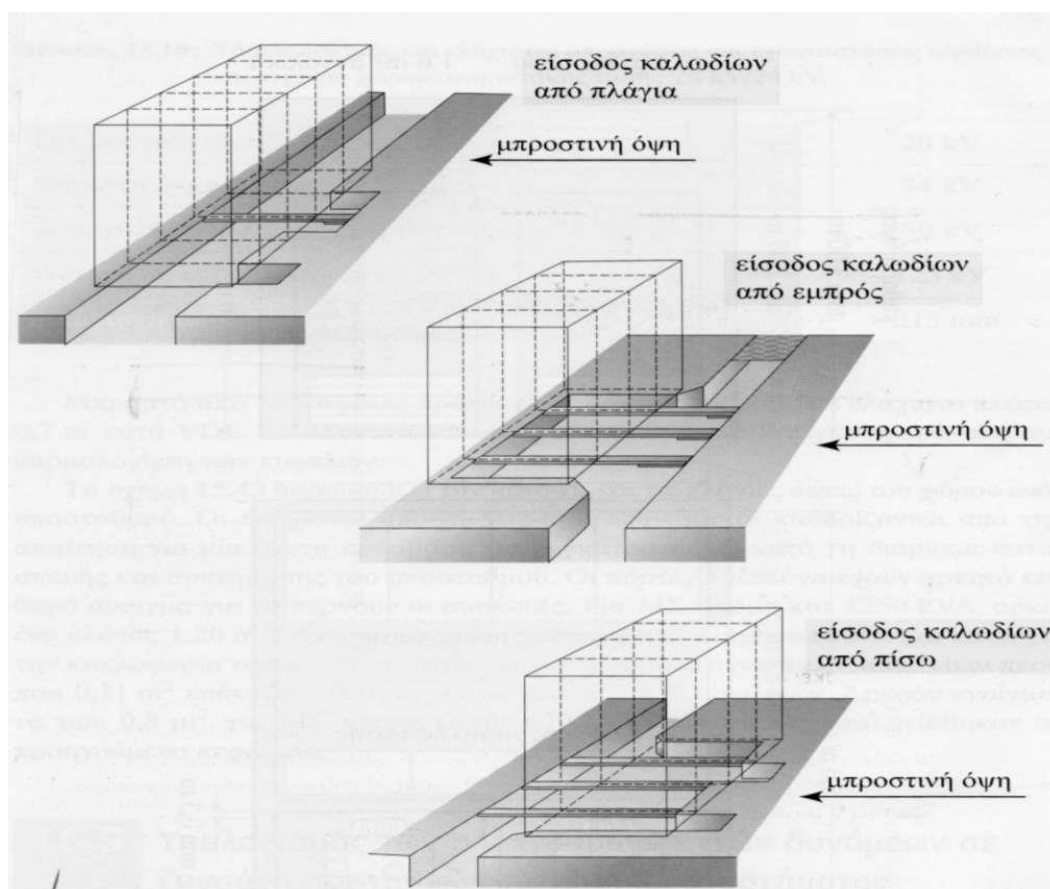
Η επιλογή καλωδίου παροχής μέσης τάσης, δηλαδή του καλωδίου που συνδέει την παροχή της ΔΕΔΔΗΕ με τον πίνακα μέσης τάσης του υποσταθμού μας επιλέγεται



με βάση το πρότυπο VDE 0298, το οποίο βέβαια καλύπτει και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για καλώδια κατασκευασμένα κατά HD384. Εξάλλου, το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 ισχύει μόνον για τάσεις <math><1000V</math>. Για το τριφασικό σύστημα απαιτούνται τρία (3) μονοφασικά καλώδια, σε παράλληλη οριζόντια διάταξη (το ένα δίπλα στο άλλο).

Τα καλώδια ξεκινούν από την υπόγεια εγκατάσταση της ΔΕΔΔΗΕ στα 11μ όπως φαίνεται στις κατόψεις και ακολουθώντας υπόγεια την περίμετρο του κτηρίου καταλήγουν στον Αποζεύκτη (ΑΠΖ) των ζυγών ΜΤ του Υποσταθμού (ΥΣ) του καταναλωτή. Τα καλώδια είναι θαμμένα σε παράλληλη οριζόντια διάταξη, όπως φαίνεται στην Εικόνα 5. Επιπλέον, κάθε καλώδιο οδεύει μέσα σε σωλήνα Φ140.

Καλώδια χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των κυψελών ΜΤ με τις απολήξεις ΜΤ του Μ/Σ. Τα καλώδια αυτά είναι επίσης σε παράλληλη οριζόντια διάταξη, μέσα σε ειδικά αυλάκια στο δάπεδο του υποσταθμού, προστατευμένα κάτω από σχάρες, όπως φαίνεται στην εικόνα 5. Έχουμε ένα ενταφιασμένο τριφασικό σύστημα σε οριζόντια διάταξη.



Εικόνα 5 Διατάξεις χαντακιών καλωδίων κάτω από τον πίνακα ΜΤ.

Η απαιτούμενη τάση αντοχής των καλωδίων είναι 20kV πολική, : 12kV φασική. Θα χρησιμοποιήσουμε καλώδια N(A)2XSΥ χαλκού (Cu) και μόνωσης XLPE, ένα για κάθε φάση, τοποθετημένα υπόγεια μέσα σε προστατευτικούς σωλήνες. Θα χρησιμοποιήσουμε ένα επιπλέον εφεδρικό καλώδιο όμοιο με τα υπόλοιπα, το οποίο δεν θα συνδέεται πουθενά, σε περίπτωση που σε κάποιο από τα υφιστάμενα καλώδια παρουσιαστεί βλάβη είτε κατά την κατασκευή του ΥΣ είτε μετέπειτα και χρειαστεί κάποιο καλώδιο να αντικατασταθεί. Συνολικά λοιπόν τέσσερα (4) στον αριθμό.

Τα καλώδια αυτά εσωτερικά θα συνδέονται με ακροκεφαλές χυτές ή με λάστιχο σιλικόνης. Ο μανδύας των καλωδίων συνδέεται από τη μία στη γείωση της ΔΕΔΔΗΕ στο σύλο και από την άλλη στη γείωση ΜΤ (θεμελιακή γείωση του κτιρίου). Αν είχαμε εξωτερικές συνδέσεις θα χρησιμοποιούσαμε ακροκεφαλές πορσελάνης εξωτερικού χώρου.

Ακόμη, το δίκτυό μας είναι υπόγειο, υποφέρει από εσωτερικές υπερτάσεις που προκαλούνται από χειρισμούς, τις οποίες όμως αντέχουν οι ΜΣ, οπότε δεν χρειάζεται να εγκατασταθούν απαγωγείς τάσεων μεταξύ φάσεων και γης. Η σύνδεση με τους ζυγούς πίνακα γίνεται μέσω Αποζεύκτη ζυγών στη ΜΤ.

Η διατομή των καλωδίων για αντοχή σε βραχυκυκλώματα καθορίζεται από τον τύπο:

$$A = \frac{1000 \cdot S_k}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot k} \cdot \sqrt{t} (mm^2)$$

Όπου  $t = 1 \text{ sec}$ , η διάρκεια βραχυκυκλώματος, η οποία ισούται με το χρόνο αποκοπής των διακοπών της ΔΕΔΔΗΕ στο δίκτυο ΜΤ, ενώ η φαινόμενη ισχύ βραχυκύκλωσης ισούται με  $S_k = 250 \text{ MVA}$ . Τέλος ισχύει για τη σταθερά  $k = 143$ , με βάση τον τύπο των καλωδίων που επιλέξαμε.

Οπότε θα έχουμε :

$$A = \frac{1000 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 143} \cdot \sqrt{1} = 50,467 mm^2$$

Οι συνθήκες βραχυκύκλωσης είναι αυτές που προσδιορίζουν τη διατομή του καλωδίου στη ΜΤ και όχι το συνεχές φορτίο. Επιλέγουμε το Ν(Α)2ΧSΥ ονομαστικής διατομής 70mm<sup>2</sup> που αντέχει στο έδαφος μέσα σε σωλήνες σε συνεχή φόρτιση I<sub>0</sub>=304Α με βάση τον πίνακα 7.29 σελ.249 (1) (οριζόντια διάταξη καλωδίων, για θερμοκρασία εδάφους 200C, m = 0,7, σ = 1Km/W).

Για την ειδική αντίσταση εδάφους: παίρνουμε σ=1 K\*m/W, καθώς δεχόμαστε ότι η περιοχή στην οποία βρίσκεται η εγκατάστασή μας παρουσιάζει κανονική βροχόπτωση και το έδαφος είναι υγρό. Επιπλέον, δεχόμαστε θερμοκρασία εδάφους 20 °C.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη διαρκής φόρτιση για θαμμένα καλώδια είναι:

$$I_{\max} = I_0 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$$

Για τον συντελεστή φόρτισης:

$$m = \frac{E}{P_{\max} T_0} = 0,59727$$

Όπου E = συνολική κατανάλωση = 301025 kWh

P<sub>max</sub> = μέγιστη ισχύς = 700KW

T<sub>0</sub> = 24h\*30,

Όπου:

- f<sub>1</sub>=συντελεστής για διαφορετικά θ, m και σ. Εδώ είναι f<sub>1</sub>=1,02 γιατί έχουμε m=0,6.
- f<sub>2</sub>=1 αφού υπάρχει ένα ενταφιασμένο τριφασικό σύστημα
- f<sub>3</sub>=0,85 αφού τα καλώδια είναι ενταφιασμένα σε σωλήνα πάνω από 6 μέτρα μήκος
- f<sub>4</sub>=1 γιατί δεν υπάρχουν προστατευτικά που εγκλείουν αέρα
- f<sub>5</sub>=1 γιατί δεν έχουμε πολυπολικά καλώδια με περισσότερους από τρεις αγωγούς

Τα καλώδια είναι γειωμένα στα 2 τους άκρα, δηλαδή έχουν συμπεριληφθεί τα ρεύματα μανδυών στα μονοπολικά μας καλώδια.

και γίνεται:

$$I_{max} = 304 \cdot 1,02 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 = 263,568A$$

Η αντίστοιχη ισχύς για τη συγκεκριμένη φόρτιση προκύπτει:

$$S = \sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 263,57 = 9,13MVA$$

Το ρεύμα συνεχούς φόρτισης για τους δύο ΜΣ ( $S_r=630kVA$  έκαστος) είναι :

$$I_N = \frac{S_r}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2 \cdot 630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 36,37A < 263,57(= I_{max})A$$

( $I_{max}$  είδαμε αντέχει η επιλεγμένη διατομή για αντοχή σε βραχυκυκλώματα)

Στην πράξη βέβαια, για τον υπολογισμό του ρεύματος συνεχούς φόρτισης πρέπει να βάλουμε τη συμφωνημένη ισχύ που ζητάμε από τη ΔΕΔΔΗΕ,  $S=1233KVA$ , από όπου προκύπτει  $I=35,59A$ , χρησιμοποιώντας όμως την ονομαστική είμαστε στην πλέον ασφαλή πλευρά στους υπολογισμούς και στο έλεγχό μας.

Έτσι η επιλεγμένη διατομή των  $70mm^2$  ικανοποιεί τις απαιτήσεις για το ρεύμα τροφοδοσίας των ΜΣ.

### 1.7.2. Καλώδιο παροχής από τους ζυγούς ΜΤ στο πρωτεύον του ΜΣ

Εδώ έχουμε το ίδιο μέσο προστασίας όπως και πριν, το ΔΙ που εγκαθιστά η ΔΕΔΔΗΕ.

Οπότε θα έχουμε πάλι:

$$A = \frac{1000 \cdot 250}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 143} \cdot \sqrt{1} = 50,467mm^2$$

Και εδώ οι συνθήκες βραχυκύκλωσης καθορίζουν τη διατομή, μπορούμε λοιπόν να χρησιμοποιήσουμε αγωγό διατομής  $70mm^2$ .

Η απαιτούμενη τάση αντοχής των καλωδίων είναι επίσης 20kV πολική, : 12kV φασική. Θα χρησιμοποιήσουμε καλώδια N(A)2XSΥ χαλκού (Cu), δύο (2) τριάδες

καλωδίων, μία τριάδα για κάθε Μ/Σ, έξι (6) καλώδια συνολικά. Κάθε ομάδα καλωδίων οδεύει σε ξεχωριστό αυλάκι στο δάπεδο μέσα σε σχάρες και εγκατεστημένα στον ελεύθερο αέρα. Στα καλώδια θα εφαρμοστούν οι ακροκεφαλές και οι ακροδέκτες του. Δεν πρέπει να συγκολλούνται οι ακροδέκτες σε καλώδιο μέσης τάσης με πλαστική μόνωση γιατί μπορεί αυτή να καταστραφεί.

Για τη διατομή αυτή ισχύει:

$$I_{max} = I_0 \times n_1 \times n_2 \times n_3$$

Η μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 40°C άρα  $n_1 = 0.91$  ( (1) :πιν. 7.20). Έχουμε ένα σύστημα τριφασικών καλωδίων (ένα για κάθε Μ/Σ, σε κάθε χαντάκι) σε οριζόντια διάταξη σε απόσταση από τον τοίχο > 2cm, χωρίς άλλα υπερτιθέμενα συστήματα, δεν απαιτείται διόρθωση για γειτνιάζοντα συστήματα δηλαδή, άρα  $n_2 = 1$

Τα καλώδια είναι μονοπολικά άρα  $n_3 = 1$

Οι μανδύες είναι ενωμένοι και γειωμένοι και στα δύο άκρα. Έτσι είναι  $I_0 = 347A$  και  $I_{max} = 315.77A$

Το μέγιστο ρεύμα που διαρρέει κάθε έναν μετασχηματιστή είναι :

$$I_N = \frac{S_r}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 18,19A < I_{MAX}$$

δηλαδή η επιλεγμένη διατομή αντέχει τη φόρτιση των ΜΣ.

Σε οποιαδήποτε περίπτωση πάντως, και επειδή η απόσταση από τους ζυγούς στον ΜΣ είναι μικρή επομένως η διαφορά κόστους μικρή, προτείνεται να χρησιμοποιηθούν όμοια καλώδια με αυτά από την εγκατάσταση της ΔΕΔΔΗΕ ως τον ΥΣ. Θα είχαμε επομένως ίδια ανταλλακτικά με την παροχή, ευκολία τόσο στην εγκατάσταση όσο και στη συντήρηση ή επισκευή.

### 1.7.3. Σύνδεση τυλιγμάτων ΧΤ δευτερεύοντος ΜΣ με ζυγούς Χ

Επιλέγουμε γενικά χάλκινα καλώδια J1VV-R, πολύκλινα, με μόνωση από PVC. Τα καλώδια αυτά συνδέουν τους μετασχηματιστές με τον πίνακα ΧΤ και οδεύουν σε αυλάκια καλυμμένα με σχάρες, αραιά και σε οριζόντια διάταξη, με απόσταση μεταξύ τους ίση με το 0,3 της διαμέτρου τους και 2cm από τον τοίχο. Ανάμεσά στους ΜΤ και τους ζυγούς παρεμβάλλονται μέσα προστασίας, ένα για κάθε μετασχηματιστή. Οι διακόπτες αυτοί δεν χρειάζεται να διακόπτουν βραχυκυκλώματα ή υπερφορτίσεις καθώς στην παροχή Β2 όπως είδαμε αυτό γίνεται από αυτά που εγκαθιστά η ΔΕΔΔΗΕ. Τους χρησιμοποιούμε όμως τόσο για επιπρόσθετη προστασία του ΜΣ όσο και του δικτύου ΧΤ.

Σε αντίθεση με τα καλώδια μέσης τάσης, στα καλώδια αυτά το καθοριστικό μέγεθος για τη διατομή τους είναι το ρεύμα μόνιμης λειτουργίας και όχι το ρεύμα βραχυκυκλώματος. Για την επιλογή της κατάλληλης διατομής καλωδίου αρχικά θα υπολογίσουμε το ρεύμα στην μόνιμη κατάσταση λειτουργίας για καθένα από τους δύο ΜΣ.

$$I_{nLV} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{nLV}} = 909,3A$$

Χρησιμοποιούμε την ονομαστική φαινόμενη ισχύ του ΜΣ καθώς υπάρχει το ενδεχόμενο της αυτόνομης λειτουργίας ενός ΜΣ υπό το ονομαστικό του φορτίο.

Για να βρούμε τι ρεύμα αντέχουν οι διάφορες διατομές θα πρέπει να υπολογίσουμε τους συντελεστές διόρθωσης για τις συνθήκες που έχουμε. Για τα καλώδια χαμηλής τάσης ισχύει :

$$I_{MAX} = I_0 * f_{\theta} * f_n$$

όπου:

- $I_0$  το ρεύμα αναφοράς καλωδίου για θερμοκρασία 30°C
- $f_{\theta}$  συντελεστής θερμοκρασία περιβάλλοντος
- $f_n$  συντελεστής πλήθους κυκλωμάτων

Για μόνωση PVC και θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C θα είναι  $f_{\theta}=0,87$  ( (1): πίνακας 7.5) ενώ  $f_n=1$  λόγω του τρόπου εγκατάστασης που επιλέξαμε.

Με αυτά τα δεδομένα, από τον πίνακα 7.4 (1), θα έχουμε  $I_o= 1045,17A$ , το οποίο θα ήθελε αγωγούς πολύ μεγάλης διατομής. Για καλύτερη ευκαμψία στα καλώδια, ευκολότερη εγκατάσταση και συντήρηση θα χρησιμοποιήσουμε 3 καλώδια μικρότερης διατομής ανά φάση. Έτσι για ρεύμα  $I_o/3=348,39A$  και τον πίνακα 7.4 (1), επιλέγουμε καλώδιο J1VV-R ( αγωγού χαλκού και μόνωσης PVC) σε αραιή διάταξη που περιγράψαμε παραπάνω και διατομής  $120mm^2$ . Η διατομή αυτή αντέχει  $I_o=396A$  και μας καλύπτει.

Ο ουδέτερος θα μπορούσε να έχει τη μισή διατομή, λόγω όμως του ότι ίσως υπάρχουν και ορισμένα φορτία που αυξάνουν το ρεύμα στη γραμμή αυτή (πχ ηλεκτρονικά ισχύος, υπολογιστές μηχανημάτων/γραφείων, λαμπτήρες οικονομίας κλπ.), ορθή επιλογή είναι η χρήση 3 καλωδίων του ίδιου τύπου και  $70mm^2$  διατομής το καθένα. Συνολικά θα χρησιμοποιήσουμε  $9+9=18$  καλώδια για τους αγωγούς φάσεων των ΜΣ και  $3+3=6$  καλώδια ουδετέρου.

Στη ΧΤ δεν είναι πλέον τα βραχυκυκλώματα που καθορίζουν τη διατομή των καλωδίων. Αν θέλαμε όμως να υπολογίσουμε τη διατομή βάση του ρεύματος βραχυκύκλωσης, αναφέρουμε επιγραμματικά πως αυτό θα μπορούσε να γίνει. Από

την ισχύ διέλευσης στο δευτερεύον του ΜΣ,  $S_{k2} = \frac{S_r}{U_k} = \frac{630 \cdot 10^3}{0,04} =$

$15,75MVA$ , βρίσκουμε το ρεύμα βραχυκύκλωσης:

$$I_{k2} = \frac{I_r}{U_k} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n2} \cdot u_k} = \frac{630 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400 \times 0,04} = \frac{S_{k2}}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{15,75MVA}{\sqrt{3} \cdot 400V} = 22,733kA$$

από όπου προκύπτει  $A = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t}}{k} = \frac{22,733kA \cdot \sqrt{1}}{115} = 65,89mm^2$  τιμή ελάχιστης

διατομής για 3 καλώδια ανά φάση όπως χρησιμοποιήσαμε, φυσικά μικρότερης διατομής από ότι υπολογίσαμε στα προηγούμενα. Είναι  $k=115$  γιατί τώρα έχουμε αγωγούς από PVC και  $t=1$  γιατί ο ΔΙ της ΔΕΔΔΗΕ προστατεύει και στη ΧΤ από βραχυκυκλώματα. Για τον υπολογισμό αυτό θεωρήσαμε την παροχή της ΔΕΔΔΗΕ ως άκαμπτο ζυγό ο οποίος παρέχει άπειρη ισχύ βραχυκύκλωσης.

## 1.8. Υπολογισμός διατομής ζυγών

### 1.8.1. Ζυγοί MT

Οι ζυγοί που θα χρησιμοποιηθούν στις κυψέλες MT θα είναι χάλκινοι, παραλληλεπίπεδης διατομής η οποία θα προσδιοριστεί από το ρεύμα του φορτίου, το ρεύμα βραχυκύκλωσης και τη μέγιστη τάση κάμψης των αγωγών. Υπολογίζουμε επίσης τις κάθετες δυνάμεις που ασκούνται σε περίπτωση βραχυκυκλώματος στους μονωτήρες στήριξης των ζυγών. Θα χρειαστούν τουλάχιστον 4 κυψέλες: μία για την άφιξη, δύο για τις αναχωρήσεις των μετασχηματιστών, και μία για τα όργανα.

#### A) Μέγιστη τάση κάμψης αγωγών

Το στάσιμο ρεύμα βραχυκύκλωσης σε περίπτωση τριφασικού βραχυκυκλώματος είναι:

$$I_k = S_k / (\sqrt{3} * U_n) = 250 * 10^6 / (\sqrt{3} * 20 * 10^3) = 7,217 \text{ kA}$$

Θεωρώντας ότι  $R/X=0,25$ , όπου  $R$  η αντίσταση και  $X$  η αντίδραση του δικτύου υπολογίζουμε το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης:

$$i_{max} = \kappa * \sqrt{2} * I_k = 1,481 * \sqrt{2} * 7,217 = 15,116 \text{ kA}$$

με κρουστικό συντελεστή:

$$\kappa = 1,02 + 0,9798 * e^{-3,0182R/x} = 1,02 + 0,9798 * e^{-3,0182 \cdot 0,25} = 1,481$$

Με άνοιγμα στήριξης  $l=1\text{m}$  και απόσταση φάσεων  $a=230\text{mm}$  η μέγιστη δύναμη που ασκείται στη μπάρα κατά μήκος του ανοίγματος στήριξης είναι:

$$F_{m3} = \frac{\sqrt{3}}{10} \cdot 10^{-6} \cdot i_{max}^2 \cdot \frac{l}{a} = 0,1 \cdot \sqrt{3} \cdot 15,116^2 \cdot \frac{1}{0,23} = 172,07 \text{ N}$$

Επιλέγουμε διατομή  $30 \times 5 \text{ mm}^2$  και ελέγχουμε την τάση κάμψης των ζυγών:



- ροπή αντίστασης  $W \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{30 \cdot 5^2}{6} = 125 \text{mm}^2$
- τάση κάμψης  $\sigma = 0,73 \cdot \nu_1 \cdot \frac{F_{m3} \cdot l}{8 \cdot W} = 0,73 \cdot 1 \cdot \frac{172,07 \cdot 1000}{8 \cdot 125} = 125,6 \text{N/mm}^2$

( $\nu_1=1$  επειδή έχουμε υπόγειο δίκτυο – ο Διακόπτης Ισχύος είναι χωρίς επαναφορά)

Ικανοποιείται και η προϋπόθεση για την επιθυμητή τάση κάμψης σύμφωνα με την οποία πρέπει :

$$\sigma_m \leq 1,5R_{p0,2} = 300 \text{N/mm}^2$$

( $R_{p0,2} = 200 \text{N/mm}^2$  για χαλκό F25 που έχουμε επιλέξει)

Άρα η επιλεγμένη διατομή  $30 \times 5 \text{ mm}^2$  μας ικανοποιεί.

Για την αμέσως μικρότερη διατομή,  $25 \times 3 \text{ mm}^2$  έχουμε:

- ροπή αντίστασης  $W \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{30 \cdot 5^2}{6} = 37,5 \text{mm}^2$
- τάση κάμψης  $\sigma = 0,73 \cdot \nu_1 \cdot \frac{F_{m3} \cdot l}{8 \cdot W} = 0,73 \cdot 1 \cdot \frac{172,07 \cdot 1000}{8 \cdot 125} = 125,6 \text{N/mm}^2$

Άρα δεν ικανοποιείται η προϋπόθεση για την επιθυμητή τάση κάμψης σύμφωνα

με την οποία πρέπει :

$$\sigma_m \leq 1,5R_{p0,2} = 300 \text{N/mm}^2$$

## B) Θερμική Καταπόνηση

Ελέγχουμε αν οι ζυγοί αντέχουν το ρεύμα που θα περνάει στην ονομαστική τους λειτουργία.

Το ρεύμα λειτουργίας είναι:

$$I_r = \frac{S_r}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 20} = 36,37 \text{A}$$

Επίσης η μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση για τις χάλκινες μπάρες διατομής  $30 \times 5$  δίνεται, κατά DIN 43670 και DIN 43671, στα 447 A για μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος  $\theta_p=35^\circ\text{C}$  (μέγιστη τους  $65^\circ\text{C}$ ) και ταχύτητα ανέμου 0,6 m/s. Σε συνθήκες ήρεμου αέρα υπάρχει μείωση της τιμής αυτής κατά 30%, δηλαδή το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα θα είναι  $I_{\max}=0,7 \times 447=312,9 \text{A} > 36,37 \text{A}$ . Συνεπώς η

επιλεχθείσα διατομή αρκεί, διότι είναι σύμφωνη με τους πίνακες επιτρεπόμενων θερμικών ρευμάτων (1):πίνακας 7.37):

**Πίνακας 7.37:** Μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση ζυγών χαλκού και αλουμινίου παραλληλεπιπέδου διατομής κατά DIN 43670 και DIN 43671. Ισχύει για θερμοκρασία περιβάλλοντος  $\theta_p=35\text{ }^\circ\text{C}$ , ανύψωση θερμοκρασίας κατά  $\Delta\theta=30\text{ }^\circ\text{C}$  και ταχύτητα αέρα 0,6 m/s. Για ήρεμο αέρα οι τιμές μειώνονται κατά 30%. Οι μπάρες είναι εγκατεστημένες με την πλατειά πλευρά τους κατακόρυφα. Τα σήματα "-", "~" σημαίνουν Σ.Ρ. και Ε.Ρ.

Διαστάσεις σε mm×mm	Διατομή σε mm <sup>2</sup>	Μία μπάρα				Δύο μπάρες σε απόσταση ίση με το πάχος τους				
		οξειδωμένη		βαμμένη		οξειδωμένη		βαμμένη		
		-	~	-	~	-	~	-	~	
Χαλκός	12×2	24	108	108	123	123	182	182	202	202
	15×2	30	123	123	148	148	212	212	240	240
	15×3	45	162	162	187	187	282	282	316	316
	20×3	60	204	204	237	237	348	348	394	394
	25×3	75	245	245	287	287	412	412	470	470
	30×5	150	380	379	448	447	672	672	766	760
	40×5	200	484	482	576	573	836	836	966	952
	50×5	250	588	583	703	697	994	994	1170	1140
	40×10	400	728	715	865	850	1290	1290	1530	1470
	50×10	500	875	852	1050	1020	1510	1510	1830	1720
Αλουμίνιο	12×2	24	84	84	97	97	142	142	160	160
	15×2	30	100	100	118	118	166	166	190	190
	15×3	45	126	126	148	148	222	222	252	252
	20×3	60	159	159	188	188	272	272	312	312
	25×3	75	191	190	228	228	322	322	372	372
	30×5	150	296	295	356	356	528	526	608	606
	40×5	200	376	376	457	456	662	658	766	762
	50×5	250	456	455	558	556	794	786	924	916
	40×10	400	561	557	682	677	1040	1030	1200	1108
	50×10	500	674	667	824	815	1250	1210	1440	1400
60×10	600	787	774	966	951	1450	1390	1680	1610	
80×10	800	1010	983	1250	1220	1840	1720	2150	2000	
100×10	1000	1240	1190	1540	1480	2250	2050	2630	2390	

Εικόνα 6:Μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση ζυγών χαλκού/αλουμινίου

### Γ) Δυνάμεις στους μονωτήρες

Οι μονωτήρες θα πρέπει να έχουν τις κατάλληλες προδιαγραφές ώστε να αντέχουν σε δύναμη που εφαρμόζεται στην κεφαλή τους και συγκεκριμένα κάθετα στον άξονα τους :

- $F_d = V_f V_r \alpha F_{m3} = 1 \cdot 1,1 \cdot 172,07 = 260,26 \text{ N}$

- $V_f \cdot V_t = 1,375$  από σχ.15.44 και για την παράμετρο  $\frac{\sigma_m}{0,8 \cdot R_{p02}} = \frac{125,6}{0,8 \cdot 250} =$

0,628

- $\alpha=1,1$  για πάνω από 4 στηρίξεις ή ανοίγματα

Οι μονωτήρες θα πρέπει να αντέχουν σε αυτή τη δύναμη και μάλιστα κάθετα στον άξονά τους. Θα χρησιμοποιήσουμε λοιπόν μια βαμμένη μπάρα ανά φάση διατομής  $30 \times 5 \text{ mm}^2$  και κατασκευασμένη από χαλκό F25.

### 1.8.2. Ζυγοί XT

Για την επιλογή των ζυγών θα πρέπει να πάρουμε υπόψη μας τόσο το ονομαστικό ρεύμα όσο και τις δυνάμεις κάμψης. Οι αφίξεις των μετασχηματιστών είναι στις άκρες των ζυγών, ενώ προς το κεντρικό τμήμα το ρεύμα μειώνεται λόγω των αναχωρήσεων προς τους επιμέρους υποπίνακες. Έτσι μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το ρεύμα μόνιμης λειτουργίας στο ζυγό δε ξεπερνάει αυτό του ονομαστικού ρεύματος του ενός μετασχηματιστή, δηλαδή τα 909,3 A.

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε πως η διατομή  $80 \times 10 \text{ mm}^2$ , για βαμμένη μπάρα χαλκού παραλληλεπίπεδης διατομής παρουσιάζει αντοχή σε θερμική καταπόνηση  $1500 \times 0,7 = 1050 \text{ A}$ , για θερμοκρασία  $35^\circ \text{C}$ , λαμβάνοντας υπόψη συνθήκες ήρεμου αέρα. Η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη από το ονομαστικό ρεύμα των 909,3 A. Αρκεί λοιπόν να ελέγξουμε την αντοχή της διατομής σε τάσεις κάμψης σε βραχυκυκλώματα.

#### A) Θερμική καταπόνηση

Το ονομαστικό ρεύμα στη XT έχει ήδη υπολογιστεί και είναι:

$$I_{ON} = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 909,3 \text{ A}$$

Από τον παραπάνω πίνακα, επιλέγεται μια μπάρα βαμμένη, κατασκευασμένη από χαλκό διαστάσεων  $80 \times 10 \text{ mm}^2$  η οποία αντέχει σε μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση 1500A. Οι ζυγοί XT όμως βρίσκονται εντός κλειστού χώρου με ήρεμο αέρα. Το γεγονός αυτό μειώνει την αντοχή τους κατά 30%. Η μπάρα λοιπόν θα αντέχει  $I_{\max} = 1500 \cdot 0,7 = 1050 \text{ A} > 909,9 \text{ A}$ , άρα η διατομή αυτή μας καλύπτει.

## Β) Μέγιστη τάση κάμψης αγωγών

Η ισχύς βραχυκύκλωσης του δικτύου θεωρείται άπειρη. Το ρεύμα τριφασικού βραχυκυκλώματος εξαρτάται από τα δεδομένα του Μ/Σ και είναι:

$$I_k = \frac{1,1 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_1} = \frac{1,1 \cdot S_r}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot u_k} = \frac{1,1 \cdot 630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,04} = 25 \text{ kA}$$

Ο λόγος R/X όπου R η αντίσταση και X η αντίδραση του δικτύου XT υπολογίζεται ως εξής:

$$\frac{R}{X} = \frac{\frac{P_{Cu}}{S_r}}{\sqrt{u_k^2 - \left(\frac{P_{Cu}}{S_r}\right)^2}} = \frac{\frac{6500}{630 \cdot 10^3}}{\sqrt{0,04^2 - \left(\frac{6500}{630 \cdot 10^3}\right)^2}} = 0,2669$$

Πιο αναλυτικά για 2 παραλληλισμένους μετασχηματιστές θα έχουμε :

$$Z_T = u_k \left( \frac{V_n^2}{S_r} \right)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{25,4^2 - 6,55^2} \Rightarrow X_T = 24,537 \Omega$$

$$\frac{1}{Z_T} = \frac{1}{Z_{TM1}} + \frac{1}{Z_{TM2}} \Rightarrow Z_T = \frac{Z_{TM}}{2} = \frac{6,55}{2} + j \frac{24,537}{2} \Rightarrow Z_T = 3,275 + j12,27 \Omega$$

$$\frac{R_T}{X_T} = \frac{3,275}{12,27} = 0,2669$$

Από τα τεχνικά φυλλάδια του ΜΣ παίρνουμε την τιμή 5400 W για τις απώλειες χαλκού υπό φορτίο και  $S_r = 630 \text{ kVA}$ .

Το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης προκύπτει:

$$i_{max} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_k = 1,447 \cdot \sqrt{2} \cdot 25 = 51,159 \text{ kA}$$

με κρουστικό συντελεστή  $k = 1,02 + 0,9798 e^{(-3,1082) \cdot (R/X)} = 1,447$

Με άνοιγμα στήριξης  $l = 1\text{ m}$  και απόσταση φάσεων  $a = 150\text{ mm}$  η μέγιστη δύναμη που ασκείται στη μπάρα κατά μήκος του ανοίγματος στήριξης είναι:

$$F_{m3} = \frac{\sqrt{3}}{10} \cdot 10^{-6} \cdot (i_p)^2 \cdot \frac{l}{a} = \frac{\sqrt{3}}{10} \cdot 51,174^2 \cdot \frac{1}{0,15} = 3023,9\text{ N}$$

Ελέγχουμε την επιλεγόμενη διατομή των  $80 \times 10\text{ mm}^2$  την τάση κάμψης των ζυγών:

- Ροπή αντίστασης:  $W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{80 \cdot 10^2}{6} = 1333,33\text{ mm}^2$
- Τάση κάμψης:  $\sigma_m = 0,73 \cdot v_1 \cdot \frac{F_{m3} \cdot l}{8 \cdot W} = 0,73 \cdot 1 \cdot \frac{3023,9 \cdot 1000}{8 \cdot 1333,33} = 206,95\text{ N/mm}^2$

( $v_1 = 1$  επειδή δεν έχουμε διακόπτη ισχύος με κύκλους επαναφοράς)

Άρα ικανοποιείται και η προϋπόθεση για την επιθυμητή τάση κάμψης για την οποία πρέπει να ισχύει:

$$\sigma_m \leq 1,5R_{p0,2} = 300\text{ N/mm}^2 \quad (R_{p0,2} = 200\text{ N/mm}^2 \text{ για χαλκό F25})$$

Μπορούμε λοιπόν να χρησιμοποιήσουμε μια μπάρα ανά φάση, βαμμένη, κατασκευασμένη από χαλκό F25 διατομής  $80 \times 10\text{ mm}^2$ .

Λόγω του ότι δεν υπάρχουν έντονες αρμονικές στο δίκτυο, οι ζυγοί ουδετέρου και γείωσης θα είναι αντίστοιχα μία μπάρα μισής διατομής σε σχέση με τους ζυγούς των φάσεων, δηλαδή  $40 \times 10\text{ mm}^2$ . Θα χρησιμοποιηθούν δηλαδή 5 ζυγοί στη ΧΤ. Ο ζυγός της γείωσης έχει σκοπό στο να διευκολύνει τις συνδέσεις που θα έπρεπε να γίνουν πάνω σε αυτόν του ουδετέρου.

### Γ) Δυνάμεις στους μονωτήρες:

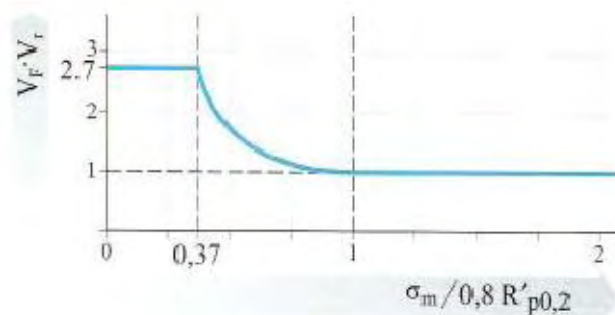
Οι μονωτήρες θα πρέπει να έχουν τις κατάλληλες προδιαγραφές ώστε να αντέχουν σε δύναμη που εφαρμόζεται στον άξονα τους:

$$F_d = V_j \cdot V_r \cdot a \cdot F_{m3} = 1 \cdot 1,1 \cdot 3023,9 = 3326,29N$$

όπου  $V_f \cdot V_r = 1$  από Σχ. 15.44 (1) και για την παράμετρο

$$\frac{\sigma_m}{0,8 \cdot R_{p0,2}} = \frac{206,95}{0,8 \cdot 250} = 1,03475$$

και  $\alpha = 1,1$  για πάνω από 4 στηρίξεις ή 3 ανοίγματα



Εικόνα 7: Συντελεστής  $V_f \cdot V_r$  για τον υπολογισμό δυνάμεων στους μονωτήρες στήριξης

## 1.9. Έλεγχος Πτώσης Τάσης

Μια γραμμή δεν πρέπει να προκαλεί μεγάλη πτώση τάσης τόσο για λόγους λειτουργικούς όσο και για λόγους κατανάλωσης. Σε εγκαταστάσεις σαν τη δικιά μας μεγάλη πτώση τάσης μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση ισχύος ακόμα και αδυναμία εκκίνησης του κινητήρα. Η πτώση τάσης είναι η διαφορά των ενεργών τιμών των τάσεων από τον μετρητή της ΔΕΔΔΗΕ μέχρι το σημείου του φορτίου στη στάσιμη κατάσταση.

Σε εμάς, από τον μετρητή της ΔΕΔΔΗΕ ως τα τυλίγματα ΜΤ του ΜΣ η πτώση τάσης είναι αμελητέα. Εξάλλου αυτός είναι και ένας από τους σκοπούς διανομής της ισχύος στη Μέση Τάση. Η πτώση τάσης του ΜΣ μπορεί να υπολογιστεί ως η ανηγμένη διαφορά των τάσεων υπό φορτίο και υπό κενό. Για τον ΜΣ που έχουμε επιλέξει αυτή είναι 4% σε πλήρη φόρτιση και  $\cos\phi=0,8$ . Ωστόσο, η πτώση αυτή καλείται αλλιώς Ρύθμιση, γιατί οι ΜΣ με τους Tap Changers μπορούν να ρυθμίζουν

την πτώση τάσης στο δευτερεύον τους. Αυτοί είναι οι κύριοι λόγοι για τους οποίους ως «πηγή» της εγκατάστασής μας θα θεωρήσουμε την πλευρά Χαμηλής Τάσης του ΜΤ. Αυτή κατά HD 384 ¶525.1 θα πρέπει να είναι μικρότερη από 4%.

Αν θεωρήσουμε ότι η απόσταση από τα τυλίγματα ΧΤ του Μ/Σ έως το ζυγό Χ.Τ. είναι  $l=5m$  (από το σχέδιο κάτοψης) η πτώση τάσης υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\varepsilon = \frac{l \cdot \psi' \cdot P}{U^2}$$

Όπου:

- $l$  = μήκος (m)
- $P$  = η τριφασική ή μονοφασική ισχύς (W)
- $U$  = η πολική ή φασική τάση (V) ,
- $\psi'$  = η ισοδύναμη αντίσταση που είναι συνάρτηση της γραμμής και της γωνίας  $\phi$  του συντελεστή ισχύος και είναι:  $\psi' = R' + X' \tan(\phi)$

με  $R' = \frac{1}{kA}$  ( (1): τύπος 7.25) να είναι η αντίσταση ανά μονάδα μήκους ( $\Omega/m$ ) και  $X' = 0.0628 \cdot \left( \ln \left( \frac{D}{r} \right) + 0.25 \right)$ , ( (1): τύπος 7.26) να είναι η αντίδραση ανά μονάδα μήκους ( $m\Omega/m$ )

όπου:

- $k$  = αγωγιμότητα στη θερμοκρασία λειτουργίας ( $\Omega^{-1}m/mm^2$ )
- $A$  = διατομή των αγωγών ( $mm^2$ )
- $D$ =απόσταση κέντρων αγωγών ( (1): τύπος 7.27)
- $r$  = ακτίνα αγωγών .

Το  $X'$  μπορούμε να το υπολογίσουμε με καλή προσέγγιση από το σχήμα 7.13 (1) Έχουμε επομένως:

$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 4 \cdot 10^{-3}(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 4 \cdot 10^{-3}(40 - 20)} = 51,85m/\Omega \cdot mm^2$$

$$R' = 1/\kappa A = \frac{1}{51,58m \cdot 120mm^2} = 160,72\mu\Omega/m, A = 120mm^2$$

και από το διάγραμμα  $X'=55,2\mu\Omega/m$

Ο μέσος συντελεστής ισχύος είναι  $\cos\phi=0,8$ , δηλαδή  $\phi=36,87^\circ$  και  $\tan\phi=0,75$ .

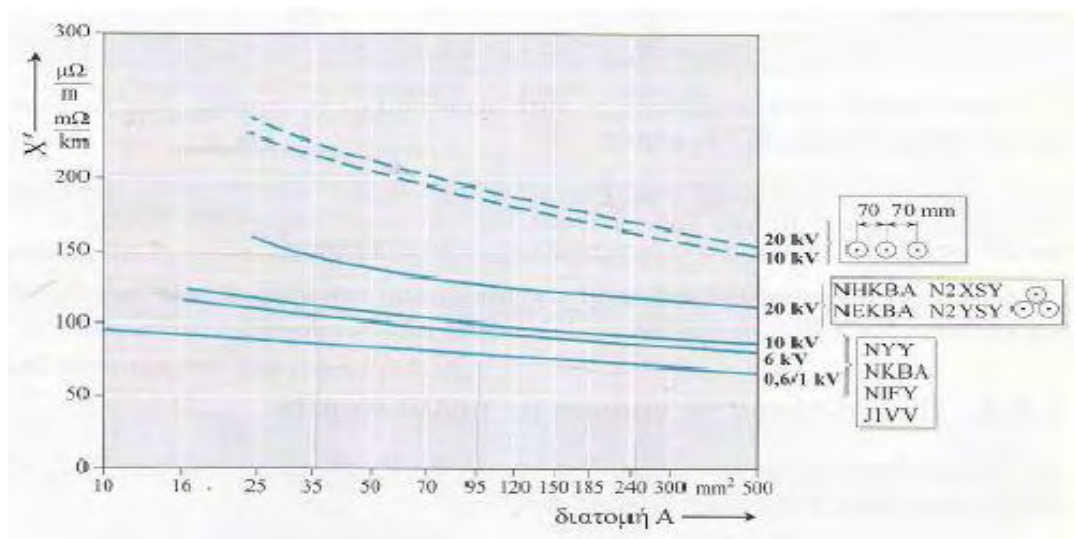
Οπότε η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους υπολογίζεται  $\Psi'=R'+X'\tan\phi_{\text{μεσο}}=160,72+55,2*0,75=202,12\mu\Omega/m$

Η τριφασική ισχύς κάθε κλάδου μεταφέρεται με 3 γραμμές ανά φάση όπως επιλέξαμε ήδη, δηλαδή με 9 γραμμές συνολικά. Έτσι, θεωρώντας ότι η ισχύς ισοκατανέμεται σε κάθε γραμμή της φάσης θα είναι  $P = \frac{S_{M\Sigma} \cdot \cos\phi}{3} = \frac{630 \cdot 0,8}{3} = 252KW$  η 3Φ ισχύς σε κάθε ένα από τα 3 τριφασικά μας συστήματα.

Επομένως η πτώση τάσης θα είναι :

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{l \cdot \Psi' \cdot P}{U^2} = \frac{5 \cdot 202,12 \cdot 10^{-6} \cdot 252 \cdot 10^3}{400^2} = 0,159\% < 4\%$$

**$\epsilon=0,159\%$**



Εικόνα 8: Αντιδράσεις καλωδίων ΧΤ και ΜΤ στο ορθό σύστημα για 50ΗΖ (1) σχ. 7.13



## 1.10. Επιλογή και εγκατάσταση Μέσων Προστασίας

Σύμφωνα με την ανάλυση και τους υπολογισμούς που έχουν προηγηθεί, μπορούμε να επιλέξουμε τα κατάλληλα μέσα προστασίας από το εμπόριο τόσο για τη μέση τάση και την προστασία του Υποσταθμού όσο και για τη Χαμηλή Τάση και την προστασία της υπόλοιπης εγκατάστασής μας, τα οποία θα παρουσιάσουμε εδώ συγκεντρωτικά.

### 1.10.1. Μέσα ζεύξης & Μέτρησης ΜΤ

Όπως είδαμε στην εγκατάστασή μας δεν χρειαζόμαστε επιπρόσθετα μέσα προστασίας στη ΜΤ. Μέσα στην κυψέλη ΜΤ εγκαθιστούμε μέσα ζεύξης και μετρήσεων. Η κυψέλη θα περιλαμβάνει έναν αποζεύκτη ζυγών, τους ζυγούς ΜΤ, τους Μ/Σ τάσης ή έντασης που απαιτούνται και κατάλληλα ενσωματωμένο γειωτή. Τοποθετούνται η μία δίπλα στην άλλη.

Στις σημειώσεις του μαθήματος Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις 2 του καθηγητή Φαντίδη Ιάκωβου αναγράφεται: «Οι αποζεύκτες και οι γειωτές ανοίγουν και κλείνουν το κύκλωμα όταν αυτό διαρρέεται από ελάχιστο ρεύμα ή υπάρχει μηδενική τάση. Οι διατάξεις αυτές έχουν ορατές επαφές, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε μια εγκατάσταση για να μπορεί κάποιος να «βλέπει από απόσταση και να είναι σίγουρος» αν η εγκατάσταση είναι υπό τάση ή εκτός τάσης κάθε στιγμή.

Συγκεκριμένα, οι αποζεύκτες απομονώνουν ορατά ένα μέρος της εγκατάσταση από την υπόλοιπη. Η υπόλοιπη εγκατάσταση μπορεί να τεθεί πάλι υπό τάση. Επειδή όμως μπορεί να υπάρχει τάση 20 kV στην πλευρά που έγινε η διακοπή, υπάρχει περίπτωση να επαχθεί τάση στο απομονωμένο τμήμα. Η τάση που επάγεται ενδέχεται να πάρει μεγάλη τιμή, επικίνδυνη για κάποιον που εργάζεται στο απομονωμένο τμήμα. Γι' αυτό τον λόγο, αφού ανοίξουν οι αποζεύκτες και απομονώσουν ένα τμήμα κλείνουν οι γειωτές, οι οποίοι γείωναν το τμήμα αυτό με την γη. Τώρα είναι δυνατό να εκτελεστούν κάποιες εργασίες με ασφάλεια.

Οι αποζεύκτες πρέπει να αντέχουν στα ρεύματα σφαλμάτων όταν είναι κλειστοί καθώς επίσης και στις υπερτάσεις που ενδεχομένως να εμφανιστούν όταν αυτοί είναι ανοιχτοί. Για λόγους ασφαλείας πρέπει να μανταλώνονται μηχανικά με τους διακόπτες φορτίου ή ισχύος δηλαδή να ανοίγουν πρώτα οι διακόπτες και στην συνέχεια οι αποζεύκτες και οι γειωτές. Σε αντίθετη περίπτωση θα δημιουργηθεί ένα μεγάλο ηλεκτρικό τόξο επικίνδυνο για την εγκατάσταση.

Η σειρά χειρισμών που πρέπει να τηρείται κατά την διακοπή τροφοδοσίας σε ένα τμήμα είναι:

1. Ανοίγει ο διακόπτης (φορτίο ή ισχύος)
2. Ανοίγει ο αποζεύκτης

Κλείνει ο γειωτής

Η σειρά χειρισμών που πρέπει να τηρείται κατά την επανατροφοδότηση του τμήματος είναι ακριβώς η αντίστροφη:

1. Ανοίγει ο γειωτής
2. Κλείνει ο αποζεύκτης

Κλείνει ο διακόπτης (φορτίου ή ισχύος) >>

Ο μετασχηματιστής έχει Buchholz relay για την επιτήρηση της στάθμης λαδιού, σφαλμάτων μόνωσης και βραχυκυκλωμάτων. Δεν χρειάζεται επομένως Διαφορική Προστασία, η οποία δρα μεν γρηγορότερα, ωστόσο είναι πιο ακριβή. Διαθέτει επίσης ενσωματωμένο κύκλωμα επιτήρησης θερμοκρασίας τυλιγμάτων για προστασία από υπερφόρτιση. Σε περίπτωση σφάλματος τα κυκλώματα προστασίας του ΜΣ δίνουν εντολή τόσο στο ΔΙ ισχύος της ΔΕΔΔΗΕ όσο και στο ΔΙ της ΧΤ να ανοίξουν.

Ανάμεσα στους ζυγούς ΜΤ και τα τυλίγματα ΜΤ των ΜΣ, θα τοποθετηθούν Διακόπτες Φορτίων, δύο στο σύνολο, ένας σε κάθε κλάδο του ΜΣ. Επειδή οι επιλεγόμενοι διακόπτες δεν έχουν ορατές επαφές, θα τους μανταλώσουμε με αποζεύκτες.

Για λόγους εποπτείας θα τοποθετήσουμε αμπερόμετρο και βολτόμετρο στην πλευρά της ΜΤ μέσω των κατάλληλων ΜΣ έντασης και τάσης, από ένα σε κάθε φάση.

Επιλέγουμε :

- Κυψέλες μέσης τάσης τύπου Unisec με μόνωση αέρα και μέγιστο ρεύμα λειτουργίας 630Α.
- Αποζεύκτες Αιση με κωδικό 3-24A630 με ενσωματωμένο γειωτή , ονομαστικό ρεύμα 630Α και αντοχή σε ρεύμα βραχυκύκλωσης 20KA
- 2 διακόπτες φορτίου χωρίς ορατές επαφές τύπου SFG της εταιρίας ABB
- 3 ΜΣ τάσης, ένας για κάθε φάση KRES 24B2 της ABB
- 3 βολτόμετρα ένα για κάθε φάση VLMD-1-2 με κωδικό 18670, της ABB
- 3 ΜΣ έντασης ένας για κάθε φάση TPU60.11 με κωδικό 22886
- 3 Αμπερόμετρα ένα για κάθε φάση AMT-D2

### 1.10.2. Μέσα Προστασίας ΧΤ

Στην πλευρά της ΧΤ ρέουν αρκετά μεγάλα ρεύματα, τοποθετούμε λοιπόν ένα μέσο προστασίας σε κάθε κλάδο του δευτερεύοντος ως εφεδρική προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων και υπερφόρτισης καλωδίων και μετασχηματιστών. Αυτό μπορεί να είναι Ασφάλεια ή Διακόπτης Ισχύος.

Στη ΧΤ το ρεύμα υπολογίστηκε

$$I_{nLV} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{nLV}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 909,3A$$

μεγαλύτερο από το όριο των 400Α μέχρι το οποίο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ασφάλειες.

Έχοντας υπολογίσει παραπάνω το μέγιστο ρεύμα που ρέει σε κάθε κλάδο ΧΤ σε περίπτωση σφάλματος,  $I=22,733kA$  επιλέγουμε Διακόπτη Ισχύος Χαμηλής Τάσης

λαμβάνοντας υπόψη και το παραπάνω ονομαστικό ρεύμα. Σε αυτό το ονομαστικό ρεύμα θα ρυθμιστούν οι ΔΙ ώστε να προστατεύουν από υπερφόρτιση.

Ο ΔΙ ισχύος της ΔΕΔΔΗΕ είναι ρυθμισμένος στο 1sec. Στην πλευρά της ΜΤ όπου τώρα επιλέξαμε ΔΦ, σε σπάνιες περιπτώσεις θα είχαμε ΔΙ, ρυθμισμένο να δρα 0,4sec γρηγορότερα, δηλαδή στα 0,6sec. Για το λόγο αυτό και προκειμένου ο διακόπτης τώρα στη ΧΤ να ενεργεί ακαριαία ρυθμίζεται πάλι με διαφορά 0,4sec, δηλαδή στα 0.2sec. Και σε αυτούς τους ΔΙ συνδέονται τα συστήματα ασφαλείας του ΜΣ.

Κατά τα άλλα ισχύουν οι ρυθμίσεις που αναφέρθηκαν σε άλλο τμήμα προκειμένου οι ΔΙ της ΧΤ να μπορούν να συνεργάζονται με αυτούς της παροχής.

Επιλέγουμε ΔΙ τριπολικούς , έναν για κάθε τριφασικό κλάδο, 2 συνολικά. Τοποθετούμε επίσης για λόγους επιτήρησης του δικτύου 3 αμπερόμετρα και 3 βολτόμετρα, ένα σε κάθε φάση. Το βολτόμετρο συνδέεται απευθείας στο ζυγό ενώ τα αμπερόμετρα μέσω ΜΣ έντασης.

Τέλος, ένα αθροιστικό αμπερόμετρο θα μετράει κάθε στιγμή τη ζήτηση του ρεύματος και θα δίνεται εντολή στις κατάλληλες συστοιχίες πυκνωτών για τις κατάλληλες ρυθμίσεις της αντιστάθμισης και τον επιθυμητό συντελεστή ισχύος.

Επιλέγουμε :

- Κυψέλες χαμηλής τάσης τύπου MNS με ονομαστικό ρεύμα 1700A
- 2 τριπολικούς διακόπτες ισχύος με ορατές επαφές κλειστού τύπου με δυνατότητα ηλεκτρονικής ρύθμισης του χρόνου απόζευξης της εταιρίας ABB T7H1000R1000M με ον. Ρεύμα λειτουργίας 1000A και ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος 70KA
- 3 ΜΣ έντασης ABB EH7329
- 3 ψηφιακά αμπερόμετρα AMT-D2 ένα για κάθε φάση – σύνδεση μέσω ΜΣ έντασης
- 3 ψηφιακά V/m VLMD-1-2 , ένα για κάθε ζυγό με κωδικό 18670
- 1 αθροιστικό αμπερόμετρο EH8947

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Product data sheet  
Characteristics

ODT063024276519800  
Minera Ground Mounted Oil Immersed  
Transformer 630 kVA - 20 kV, AoBk



## Main

Range of product	Minera
Product or component type	Oil type transformer
Network type	AC
Type of installation	Outdoor
Product certifications	IEC Eco-Design

## Complementary

Type of cooling	ONAN (oil natural/air natural)
Rated power in VA	630 kVA
Network frequency	50 Hz
Electrical insulation class	A
Network number of phases	3 phases
Primary voltage	20 kV
Isolation voltage	Secondary: 1.1 kV Primary: 24 kV
[U <sub>i</sub> ] rated insulation voltage	Secondary circuit : 3 kV AC Primary circuit : 50 kV AC
[U <sub>imp</sub> ] rated impulse withstand voltage	Primary circuit : 125 kV
Secondary voltage	400 V at no load
Vector group	Dyn05
Tapping range	+/- 2 x 2.5 %
Number of steps	5
Temperature rise	65 K (winding) 60 K (oil)
Percentage impedance voltage	4 %
No load losses	600 W
Thermal losses	5400 W at 75 °C

Jul 31, 2017

TRIKOS Schneider Electric

1

Disclaimer: This documentation is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications.

Operating altitude	< 1000 m
Material	Aluminium
Mounting location	On the floor
Mounting support	Wheels Skid base
IP degree of protection	IP00 (no enclosure)
Product weight	2050 kg
Height	1501 mm (+/- 20 mm)
Width	884 mm (+/- 10 mm)
Length	1348 mm (+/- 20 mm)
Noise level	52 dB at 1 m
Relay type	DMCR relay

### Environment

Ambient air temperature for operation	40 °C
Atmospheric-corrosivity category	C3

## 2. Μελέτη κίνησης

### 2.1. Εισαγωγή

Η μελέτη κίνησης περιλαμβάνει το σχεδιασμό της τροφοδότησης επιλεγμένων κινητήρων με ηλεκτρική ενέργεια, καθώς επίσης τις διατάξεις ελέγχου και προστασίας τόσο των κινητήρων όσων και των μέσων τροφοδότησής τους, από τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης ως τους κινητήρες.

Αρχικά χωρίστηκαν όλα τα μηχανήματα σε 8 υποπίνακες, διότι λόγω του μεγάλου τους αριθμού δεν ήταν δυνατή η απευθείας τροφοδότησή τους από τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης. Ο χωρισμός έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά στη συνολική ονομαστική ισχύ των μηχανημάτων που τροφοδοτεί ο κάθε υποπίνακας. Όσον αφορά την χωροθέτηση των υποπινάκων, η θέση τους επιλέχτηκε έχοντας ως κριτήρια την εύκολη πρόσβαση σε περίπτωση βλάβης ή συντήρησης και την μικρότερη δυνατή απόσταση από τα μεγαλύτερα φορτία για λόγους οικονομίας στο μήκος των καλωδίων τροφοδότησής τους.

Στις επόμενες σελίδες ακολουθούν όλοι οι υποπίνακες με τα μηχανήματα που περιλαμβάνουν καθώς και οι υπολογισμοί των καλωδίων τροφοδότησής τους από τον γενικό πίνακα χαμηλή τάσης. Παραδειγματικά στον 4ο υποπίνακα γίνεται αναλυτική μελέτη η οποία περιλαμβάνει επιπλέον την επιλογή των καλωδίων τροφοδότησης των κινητήρων, τα μέτρα προστασίας και τα ρελέ με τα οποία θα εκκινούν ή θα σταματούν οι κινητήρες.

Αξίζουν να σημειωθούν τα παρακάτω:

- Στις περιπτώσεις που η ισχύς των συσκευών είναι σε kW δεχτήκαμε ότι ισχύει  $\cos\phi=0,85$ .

- Όσον αφορά τη διατομή των ουδετέρων αγωγών και των αγωγών προστασίας δεχτήκαμε ότι σε διατομές φάσεων άνω των  $16\text{mm}^2$  η διατομή τους είναι η μισή της διατομής των φάσεων, ενώ σε διατομές φάσεων κάτω των  $16\text{mm}^2$  η διατομή τους είναι ίδια με αυτή των φάσεων.

- Για την τροφοδοσία των τριφασικών κινητήρων δεν απαιτείται η ύπαρξη ουδετέρου αφού το φορτίο που τροφοδοτείται είναι συμμετρικό.
- Για την εκκίνηση των κινητήρων, όσοι ήταν ονομαστικής ισχύος μεγαλύτερης των 2kW επιλέχτηκε να εκκινούν με διακόπτη ΥΔ ώστε να έχουμε μικρότερο ρεύμα εκκίνησης, ενώ όσοι ήταν μικρότεροι με απευθείας εκκίνηση.

## 2.2. Υποπίνακες κίνησης

Όλοι οι υποπίνακες επιλέγονται να είναι προστασίας IP65 και συγκεκριμένα τύπου SB12778 της εταιρίας ABB.

### 2.2.1. 1ος υποπίνακας κίνησης

Τα μηχανήματα που περιλαμβάνονται στον 1ο υποπίνακα με συνολική ισχύ 117,75 kW δίνονται παρακάτω:

α/α	Ονομασία μηχανήματος	Ισχύς (HP)	Ισχύς (kW)	Απόδοση (%)	$P_{in}(kW)$	$\cos\phi$	$I_{rated}$ 380V	$I_{rated}$ 400V
1	Ψυκτικό συγκρότημα	16	12	0,8825	13,5977	0,842	24	23,31
2	Ψυκτικό συγκρότημα	16	12	0,8825	13,5977	0,842	24	23,31
91	Συμπιεστής αμμωνίας	25	18,75	0,905	20,71823	0,84	37	35,6
92	Συμπιεστής αμμωνίας	50	37,5	0,923	40,6284	0,86	71	68,19
93	Συμπιεστής αμμωνίας	50	37,5	0,923	40,6284	0,86	71	68,19

Πίνακας 2: 1ος υποπίνακας κίνησης

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας του βιβλίου ( (1): πίν.14.12) που αφορά τριφασικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου κλωβού 4πολικούς. Επειδή όμως τα στοιχεία του αφορούν τάση 380V υπολογίστηκε το ονομαστικό ρεύμα στα 400V σύμφωνα με τον τύπο:

$$I_{rated,400V} = \frac{P_{in}}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \cos\phi}$$



Στη συνέχεια προκειμένου να γίνει η επιλογή της διατομής του καλωδίου της γραμμής από τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης μέχρι τον υποπίνακα υπολογίστηκε το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων των μηχανημάτων σύμφωνα με τον τύπο:

$$I_{ολ} = \sqrt{(\sum I_i \cdot \cos \varphi_i)^2 + (\sum I_i \cdot \sin \varphi_i)^2} < \tan^{-1} \left( \frac{\sum I_i \cdot \sin \varphi_i}{\sum I_i \cdot \cos \varphi_i} \right)$$

$$\Rightarrow I_{ολ,1} = 218,564 < -31,46^\circ A$$

#### Επιλογή ζυγών υποπίνακα

Η επιλογή των ζυγών του κάθε υποπίνακα γίνεται με βάση το υπολογισμένο ρεύμα του ζυγού. Επειδή όμως βρισκόμαστε σε εσωτερικό χώρο θεωρούμε ότι έχουμε ήρεμο αέρα και επομένως η τιμή του ρεύματος θα πρέπει να μειωθεί κατά 30% δηλαδή να διαιρεθεί με έναν συντελεστή ίσο με 0,7. Έτσι έχουμε:

$$I_{ζυγού,1} = \frac{I_{ολ,1}}{0,7} = \frac{218,564}{0,7} = 312,234 A$$

Οι μπάρες που επιλέγουμε είναι από χαλκό, παραλληλεπίπεδης διατομής και βαμμένες (πιν.7.37, σελ.260 Π. Ντοκόπουλος ). Συγκεκριμένα επιλέγονται ζυγοί διατομής 3x(30x5) για τις τρεις φάσεις και 2x(25x3) για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

#### Επιλογή διατομής καλωδίων από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Τα καλώδια από τον Γ.Π.Χ.Τ ως τους υποπίνακες θεωρούμε ότι οδεύουν εξωτερικά σε μεταλλικές σχάρες. Η διατομή υπολογίζεται από το θερμικό ρεύμα. Στη χαμηλή τάση αυτό καθορίζει την τελική διατομή και όχι τα ρεύματα βραχυκύκλωσης. Επίσης ως εκπρόσωπος όλων των συντελεστών διόρθωσης για το ρεύμα που πρέπει να αντέχουν τα καλώδια λαμβάνεται μόνο ο θερμοκρασιακός, ο οποίος για μόνωση PVC και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 40οC λαμβάνεται  $f_\theta=0,87$  ( (1): πιν.7.5). Άρα:

$$I_{καλωδίου} = \frac{I_{ολ,1}}{0,87} = \frac{218,564}{0,87} = 251,223 A$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 7.4 ( (1): σελ.215) για ρεύμα 251,223 A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο J1VV διατομής 120mm<sup>2</sup> για τις τρεις φάσεις και δύο μονοπολικά

καλώδια διατομής  $70\text{mm}^2$ , αραιά και σε οριζόντια διάταξη, για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

#### Πτώσης τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Η πτώση τάσης για τριφασικά κυκλώματα υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$\varepsilon(\%) = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100 = \sqrt{3} \cdot l \cdot \Psi' \cdot I \cdot \frac{\cos \varphi}{U} \cdot 100$$

Όπου

- $l$  είναι η απόσταση του υποπίνακα από τον Γ.Π.Χ.Τ, δηλαδή εδώ  $l \approx 30\text{m}$
- $\Psi'$  είναι η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους και ισούται με:

$$\Psi' = R' + X' \tan \varphi = \frac{1}{kA} + X' \tan \varphi$$

– Για  $40^\circ\text{C}$  και γνωρίζοντας ότι η αγωγιμότητα για τον χαλκό στους  $20^\circ\text{C}$  είναι  $k_{20} = 56\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$  προκύπτει ότι:

$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 0,04(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,04 \cdot 20} = 51,852\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$$

–  $X'$  είναι η αντίδραση ανά μονάδα μήκους του καλωδίου και για καλώδιο  $11\text{KV}$ ,  $0,6/1\text{kV}$ , διατομής  $120\text{mm}^2$  προκύπτει:  $X' \approx 82 \cdot 10^{-6}\Omega/\text{m}$  (σχ.7.13, σελ.287 Π.Ντοκόπουλος )

Επομένως η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$\Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 120} + 82 \cdot 10^{-6} \cdot \tan(31,46^\circ) = 2,1087 \cdot 10^{-4}\Omega/\text{m}$$

Και η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 2,1087 \cdot 10^{-4} \cdot 218,564 \cdot \frac{\cos(31,46^\circ)}{400} \cdot 100 = 0,51\%$$

### **2.2.2. 2ος υποπίνακας κίνησης**

Τα μηχανήματα που περιλαμβάνονται στον 2ο υποπίνακα με συνολική ισχύ  $75,625\text{ kW}$  δίνονται παρακάτω:

α/ α	Ονομασία μηχανήματος	Ισχύς (HP)	Ισχύς (kW)	Απόδοσ η (%)	P <sub>in</sub> (kW)	cosφ	I <sub>rated</sub> 380V	I <sub>rated</sub> 400V
10	Ψυγείο	0,5	0,375	0,66	0,568182	0,76	1,12	1,079
42	Τούνελ θερμοπλαστικό	-	4	-	4	0,85	-	6,79
43	Συγκολλητική	-	3	-	3	0,85	-	5,1
84	Αεροψυκτήρας κλιματισμού	20	15	0,89	16,8539	0,85	30	28,62
85	Αεροψυκτήρας κλιματισμού	20	15	0,89	16,8539	0,85	30	28,62
86	Πύργος ψύξης νερού	15	11,25	0,88	12,784	0,841	22,97	21,94
87	Πύργος ψύξης νερού	15	11,25	0,88	12,784	0,841	22,97	21,94
88	Ηλεκτροαντλία νερού απόψυξης	6	4,5	0,883	5,402161	0,817	10,03	9,54
89	Ηλεκτροαντλία νερού συμπύκνωσης	7,5	5,625	0,84	6,69643	0,85	11,94	11,37
90	Ηλεκτροαντλία νερού συμπύκνωσης	7,5	5,625	0,84	6,69643	0,85	11,94	11,37

Πίνακας 3: 2ος υποπίνακας κίνησης

Το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων των μηχανημάτων είναι:

$$I_{o\lambda,2} = 143,97 < -30,85^\circ\text{A}$$

Επιλογή ζυγών υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{\text{ζυγού},2} = \frac{I_{\text{ολ},2}}{0,7} = \frac{143,97}{0,7} = 205,67\text{A}$$

Οι μπάρες που επιλέγουμε είναι από χαλκό, παραλληλεπίπεδης διατομής και βαμμένες ( (1): πιν.7.37). Συγκεκριμένα επιλέγονται ζυγοί διατομής 3x(20x3) για τις τρεις φάσεις και 2x(15x2) για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας

#### Επιλογή διατομής καλωδίων από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{\text{καλωδίου}} = \frac{I_{\text{ολ},2}}{0,87} = \frac{143,97}{0,87} = 165,48\text{A}$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 7.4 ( (1): σελ.215) για ρεύμα 165,48 A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο J1VV διατομής 70mm<sup>2</sup> για τις τρεις φάσεις και δύο μονοπολικά καλώδια διατομής 35mm<sup>2</sup>, αραιά και σε οριζόντια διάταξη, για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

#### Πτώσης τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = \sqrt{3} \cdot 40 \cdot 3,27099 \cdot 10^{-4} \cdot 143,97 \cdot \frac{\cos(30,85^\circ)}{400} \cdot 100 = 0,7\%$$

όπου

Εδώ  $l \approx 40\text{m}$

– Για καλώδιο J1VV, 0,6/1kV, διατομής 70mm<sup>2</sup> προκύπτει:  $X' \approx 85 \cdot 10^{-6} \Omega/\text{m}$   
( (1): σχ.7.13, σελ.287)

– Ομοίως η αγωγιμότητα προκύπτει:

$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 0,004(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,004 \cdot 20} = 51,852\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$$

– Η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$\Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 120} + 85 \cdot 10^{-6} \cdot \tan(30,85^\circ) = 3,27099 \cdot 10^{-4} \Omega/\text{m}$$

### 2.2.3. 3<sup>ος</sup> υποπίνακας κίνησης

Τα μηχανήματα που περιλαμβάνονται στον 3<sup>ο</sup> υποπίνακα με συνολική ισχύ 75,625 kW δίνονται παρακάτω:

α/α	Ονομασία μηχανήματος	Ισχύς (HP)	Ισχύς (kW)	Απόδοση (%)	P <sub>in</sub> (kW)	cosφ	I <sub>rated</sub> 380V	I <sub>rated</sub> 400V
57	Μηχανή Αποφλοιώσης	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,8286
58	Μηχανή Αποφλοιώσης	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,8286
59	Μηχανή Αποφλοιώσης	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,8286
60	Μηχανή Αποφλοιώσης	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,8286
61	Μηχανή αποφλοιώσης	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,8286
76	Μηχανή Μεριδοποίησης	25	18,75	0,905	20,71823	0,841	37,43	35,56
77	Μηχανή μεριδοποίησης	25	18,75	0,905	20,71823	0,841	37,43	35,56
78	Ζυμωτήριο	29	21,75	0,9115	23,86177	0,849	42,57	40,57
79	Ζυμωτήριο	29	21,75	0,9115	23,86177	0,849	42,57	40,57
80	Ζυμωτήριο	29	21,75	0,9115	23,86177	0,849	42,57	40,57
81	Αλεστικό	35	26,25	0,915	28,688525	0,855	50,97	48,43
82	Αλεστικό	35	26,25	0,915	28,688525	0,855	50,97	48,43
83	Κοπτική μηχανή	5	3,75	0,825	4,545455	0,8025	8,6	8,175

Πίνακας 4: 3ος υποπίνακας κίνησης

Το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων των μηχανημάτων είναι:

$$I_{ολ,3} = 306,93 < -32,16^\circ A$$

#### Επιλογή ζυγών υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{ζυγού,3} = \frac{I_{ολ,3}}{0,7} = \frac{306,93}{0,7} = 438,47A$$

Οι μπάρες που επιλέγουμε είναι από χαλκό, παραλληλεπίπεδης διατομής και βαμμένες ( (1):πιν.7.37). Συγκεκριμένα επιλέγονται ζυγοί διατομής 3x(30x5) για τις τρεις φάσεις και 2x(25x3) για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

#### Επιλογή διατομής καλωδίων από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{καλωδίου} = \frac{I_{ολ,3}}{0,87} = \frac{306,93}{0,87} = 352,8A$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 7.4 ( (1): σελ.215) για ρεύμα 352,8A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο J1VV διατομής 185mm<sup>2</sup> για τις τρεις φάσεις και δύο μονοπολικά καλώδια διατομής 95mm<sup>2</sup>, αραιά και σε οριζόντια διάταξη, για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

#### Πτώσης τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = \sqrt{3} \cdot 19 \cdot 1,52978 \cdot 10^{-4} \cdot 306,93 \cdot \frac{\cos(32,16^\circ)}{400} \cdot 100 = 0,33\%$$

όπου

– Εδώ  $l \approx 19m$

– Για καλώδιο J1VV, 0,6/1kV, διατομής 185mm<sup>2</sup> προκύπτει:  $X' \approx 78 \cdot 10^{-6} \Omega/m$  (1): σχ.7.13, σελ.287)

– Ομοίως η αγωγιμότητα προκύπτει:

$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 0,04(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,04 \cdot 20} = 51,852 m/\Omega \cdot mm^2$$

– Η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$\Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 185} + 78 \cdot 10^{-6} \tan(32,16^\circ) = 1,52978 \cdot 10^{-4} \Omega/m$$

#### 2.2.4. 4ος υποπίνακας κίνησης

Τα μηχανήματα που περιλαμβάνονται στον 4<sup>ο</sup> υποπίνακα με συνολική ισχύ 18,75 kW δίνονται παρακάτω:

α/α	Ονομασία Μηχανήματος	Ισχύς (HP)	Ισχύς (kW)	Απόδοση (%)	P <sub>in</sub> (kW)	cosφ	I <sub>rated</sub> 380V	I <sub>rated</sub> 400V
52	Μηχανή κοπής λαχανικών	5	3,75	0,825	4,545455	0,833	10,87	7,876
53	Μηχανή πλύσης λαχανικών	8	6	0,845	7,1006	0,85	12,675	12,057
54	Μηχανή πλύσης λαχανικών	8	6	0,845	7,1006	0,85	12,675	12,057
55	Στυπτήριο Λαχανικών	2	1,5	0,75	2	0,82	4,77	3,52
56	Στυπτήριο λαχανικών	2	1,5	0,75	2	0,82	4,77	3,52

Πίνακας 5: 4ος υποπίνακας κίνησης

Το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων των μηχανημάτων είναι:

$$I_{o\lambda,4} = 39,01 < -32,69^\circ A$$

### Επιλογή ζυγών υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{\text{ζυγού},4} = \frac{I_{\text{ολ},4}}{0,7} = \frac{39,01}{0,7} = 55,73\text{A}$$

Οι μπάρες που επιλέγουμε είναι από χαλκό, παραλληλεπίπεδης διατομής και βαμμένες (πιν.7.37, σελ.260 Π.Ντοκόπουλος ). Συγκεκριμένα επιλέγονται ζυγοί διατομής 3x(12x2) για τις τρεις φάσεις και 2x(12x2) για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

### Επιλογή διατομής καλωδίων από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{\text{καλωδίου}} = \frac{I_{\text{ολ},4}}{0,87} = \frac{39,01}{0,87} = 44,84\text{A}$$

Για ρεύμα 44,84A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο J1VV διατομής 10mm<sup>2</sup> για τις τρεις φάσεις (πίν. 7.4,σελ.215 Π.Ντοκόπουλος ) και δύο μονοπολικά καλώδια διατομής 10mm<sup>2</sup> σε οριζόντια διάταξη (πιν.7.15,σελ.234 Π.Ντοκόπουλος ) για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

### Πτώσης τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = \sqrt{3} \cdot 45 \cdot 1,92856 \cdot 10^{-3} \cdot 39,01 \cdot \frac{\cos(32,69^\circ)}{400} \cdot 100 = 1,23\%$$

όπου

Εδώ  $l \approx 45\text{m}$

– Ομοίως  $\eta$  αγωγιμότητα προκύπτει:



$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 0,04(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,04 \cdot 20} = 51,852 m/\Omega \cdot mm^2$$

– Για χαμηλή τάση και για διατομές  $A \leq 16mm^2$  ισχύει  $\psi' \approx R'$ . Άρα η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$\Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 10} = 1,92856 \cdot 10^{-3} \Omega/m$$

### Υπολογισμοί καλωδίων και ρελέ των κινητήρων

Θα δοθεί ένα αναλυτικό παράδειγμα υπολογισμού ενός κινητήρα ο οποίος εκκινεί με διακόπτη ΥΔ και ενός που εκκινεί με απευθείας εκκίνηση. Σύμφωνα με αυτά υπολογίστηκαν και τα στοιχεία των υπόλοιπων κινητήρων τα οποία συγκεντρώνονται σε έναν πίνακα στο τέλος αυτής της ενότητας.

### Κινητήρας 52

Επιλέγεται ο κινητήρας 52 ο οποίος έχει ονομαστική ισχύ 5HP ή 3,75kW και που θα εκκινεί με διακόπτη ΥΔ. Να σημειωθεί εδώ ότι θεωρούμε ότι ο διακόπτης ΥΔ βρίσκεται κοντά στον κινητήρα για λόγους οικονομίας αφού από τον διακόπτη ως τον κινητήρα έχουμε περισσότερα καλώδια. Ακολουθούν τα ονομαστικά μεγέθη του κινητήρα:

α/α	Ονομασία μηχανήματος	Ισχύς (HP)	Ισχύς (kW)	Απόδοση (%)	P <sub>in</sub> (kW)	cosφ	I <sub>rated</sub> 380V	I <sub>rated</sub> 400V
52	Μηχανή κοπής λαχανικών	5	3,75	0,825	4,545455	0,833	10,87	7,876

Πίνακας 6: Ηλεκτρικά στοιχεία κινητήρα 52

Επιλογή διατομής καλωδίων από τον υποπίνακα ως τον κινητήρα Πριν το διακόπτη ΥΔ

Θεωρούμε ότι τα καλώδια που τροφοδοτούν τους κινητήρες βρίσκονται μέσα σε χαλύβδινους σωλήνες ώστε να προστατεύονται από μηχανικές καταπονήσεις. Επίσης ως εκπρόσωπος όλων των συντελεστών διόρθωσης για το ρεύμα που πρέπει να αντέχουν τα καλώδια λαμβάνεται μόνο ο θερμοκρασιακός, ο οποίος για μόνωση PVC και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C λαμβάνεται  $f_{\theta}=0,87$  ( (1):πιν.7.5, σελ.216). Άρα:

$$I_{καλωδιου,πριν} = \frac{I_{κιν}}{0,87} = \frac{7,876}{0,87} = 9,05A$$

Για ρεύμα 9,05A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο J1VV διατομής 1,5mm<sup>2</sup> ( (1):πίν. 7.4,σελ.215) για τις τρεις φάσεις και ένα μονοπολικό καλώδιο διατομής 1,5mm<sup>2</sup> ( (1):πίν. 7.15,σελ.23) για τον αγωγό προστασίας.

*Έλεγχος πτώσης τάσης*

Για τον έλεγχο της πτώσης τάσης θεωρούμε αμελητέο το μήκος μετά τον διακόπτη ΥΔ, και γι' αυτό λαμβάνουμε υπόψη μας μόνο τη διατομή των καλωδίων πριν από τον διακόπτη.

Η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = \sqrt{3} \cdot 6,5 \cdot 0,0128571 \cdot 7,876 \cdot \frac{\cos(33,59^{\circ})}{400} \cdot 100 = 0,237\%$$

όπου

–  $l$  είναι η απόσταση του κινητήρα 52 από τον υποπίνακα 4, δηλαδή εδώ  $l \approx 6,5m$

– Ομοίως με τα προηγούμενα η αγωγιμότητα προκύπτει:

$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 0,04(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,04 \cdot 20} = 51,852m/\Omega \cdot mm^2$$

– Για χαμηλή τάση και για διατομές  $A \leq 16mm^2$  ισχύει  $\psi' \approx R'$ . Άρα η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$- \Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 1,5} = 0,0128571 \Omega/m$$

Σ' αυτήν την πτώση τάσης θα πρέπει να προστεθούν η πτώση τάσης από το δευτερεύον του ΜΣ ως τον Γ.Π.Χ.Τ και η πτώση τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ ως τον 4ο υποπίνακα. Συνολικά έχουμε:

$$\varepsilon_{ολ}(\%) = 0,159\% + 1,23\% + 0,237\% = 1,63\% < 4\%$$

Παρατηρούμε ότι είναι μικρότερη του 4% που είναι το επιτρεπτό μας όριο και επομένως δεν υπάρχει πρόβλημα. Διαφορετικά θα έπρεπε να αυξήσουμε τη διατομή του καλωδίου από τον υποπίνακα στον κινητήρα και να ξαναελέγξουμε την πτώση τάσης. Σε περίπτωση μάλιστα που η πτώση τάσης ήταν εκτός ορίων για πολλούς κινητήρες του ίδιου υποπίνακα θα ήταν προτιμότερο να αυξήσουμε τη διατομή του καλωδίου από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα.

#### *Μετά το διακόπτη ΥΔ*

Μετά τον διακόπτη ΥΔ υπάρχουν 6 καλώδια που καταλήγουν στους ακροδέκτες του κινητήρα (2 ακροδέκτες ανά τύλιγμα) και ένας αγωγός προστασίας. Και εδώ ως εκπρόσωπος όλων των συντελεστών διόρθωσης για το ρεύμα που πρέπει να αντέχουν τα καλώδια λαμβάνεται μόνο ο θερμοκρασιακός, ο οποίος για μόνωση PVC και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C λαμβάνεται  $f_{\theta}=0,87$  ( (1): πιν.7.5, σελ.216). Άρα:

$$I_{καλωδιου,μετα} = \frac{I_{κιν}}{\sqrt{3} \cdot 0,87} = \frac{7,876}{\sqrt{3} \cdot 0,87} = 5,23A$$

Για ρεύμα 5,23A επιλέγονται 6 μονοπολικά καλώδια J1VV διατομής 1,5mm<sup>2</sup> για τις τρεις φάσεις και ένα μονοπολικό καλώδιο διατομής 1,5mm<sup>2</sup> για τον αγωγό προστασίας ( (1): πίν. 7.15,σελ.234).

#### Επιλογή ρελέ

Ο διακόπτης ΥΔ υλοποιείται με τη χρήση 3 ρελέ κατηγορίας AC3 (κινητήρες βραχυκυκλωμένου κλωβού- εκκίνηση, απόζευξη κατά τη λειτουργία) με τάση

λειτουργίας του πηνίου 400V. Η μετάβαση γίνεται με ηλεκτρονικό χρονικό τύπου TE5S-440 της εταιρίας ABB με καθυστέρηση 50ms για την αποφυγή βραχυκυκλωμάτων.

Για την επιλογή των ρελέ μας ενδιαφέρει μόνο το ονομαστικό ρεύμα στα 400V χωρίς να είναι προσαυξημένο από συντελεστές. Το ρελέ της συνδεσμολογίας αστέρα επιλέγεται σύμφωνα με το  $1/3$  του ονομαστικού ρεύματος και το ρελέ της συνδεσμολογίας τριγώνου σύμφωνα με το  $1/\sqrt{3}$  του ονομαστικού ρεύματος. Το ρελέ του δικτύου καταπονείται τόσο σε αστέρα όσο και σε τρίγωνο, όμως επειδή το ρεύμα του τριγώνου είναι κατά  $\sqrt{3}$  φορές μεγαλύτερο επιλέγεται όπως και το ρελέ τριγώνου.

Σχετικά με τις βοηθητικές επαφές, ο τηλεχειριζόμενος διακόπτης αέρος γραμμής πρέπει να διαθέτει 1NO βοηθητική επαφή. Ο τηλεχειριζόμενος διακόπτης αέρος τριγώνου πρέπει να διαθέτει 1NC βοηθητική επαφή. Τέλος, ο τηλεχειριζόμενος διακόπτης αέρος αστέρα πρέπει να διαθέτει 2 βοηθητικές επαφές, 1NO και 1NC. Ωστόσο σε χαμηλές φορτίσεις οι διακόπτες, οι οποίοι διατίθενται, διαθέτουν μία βοηθητική επαφή. Γι' αυτό το λόγο θα τοποθετήσουμε μία επιπλέον βοηθητική επαφή μαζί με τον αντίστοιχο διακόπτη αέρος αστέρα.

#### *Ρελέ δικτύου και Δ*

Το μέγιστο ρεύμα αντοχής των 2 αυτών ρελέ είναι:

$$I_{\Delta} = \frac{I_{κιν}}{\sqrt{3}} = \frac{7,876}{\sqrt{3}} = 4,55A$$

Επομένως επιλέγεται από την εταιρία ABB το ρελέ γραμμής A9-30-10 και το ρελέ τριγώνου A9-30-01.

#### *Ρελέ Υ*

Το μέγιστο ρεύμα αντοχής του ρελέ είναι:

$$I_{\gamma} = \frac{I_{κιν}}{3} = \frac{7,876}{3} = 2,625A$$

Επομένως επιλέγεται από την εταιρία ABB το ρελέ αστέρα A9-30-10

### Κινητήρας 55

Επιλέγεται ο κινητήρας 55 ο οποίος έχει ονομαστική ισχύ 2HP ή 1,5kW και ο οποίος θα εκκινεί απευθείας. Ακολουθούν τα ονομαστικά μεγέθη του κινητήρα:

α/α	Ονομασία μηχανήματος	Ισχύς (HP)	Ισχύς (kW)	Απόδοσ η (%)	P <sub>in</sub> (kW)	cosφ	I <sub>rated</sub> 380V	I <sub>rated</sub> 400V
55	Στυπτήριο λαχανικών	2	1,5	0,75	2	0,82	4,77	3,52

Πίνακας 7: Ηλεκτρικά στοιχεία κινητήρα 55

### Επιλογή διατομής καλωδίων από τον υποπίνακα ως τον κινητήρα

Ως εκπρόσωπος όλων των συντελεστών διόρθωσης για το ρεύμα που πρέπει να αντέχουν τα καλώδια λαμβάνεται μόνο ο θερμοκρασιακός, ο οποίος για μόνωση PVC και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C λαμβάνεται  $f_{\theta}=0,87$  ( (1): πιν.7.5, σελ.216). Άρα:

$$I_{καλωδίου} = \frac{I_{κιν}}{0,87} = \frac{3,52}{0,87} = 4,046A$$

Για ρεύμα 4,046A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο J1VV διατομής 1,5mm<sup>2</sup> ( (1): πίν. 7.4,σελ.215) για τις τρεις φάσεις και ένα μονοπολικό καλώδιο διατομής 1,5mm<sup>2</sup> ( (1):πίν. 7.15,σελ.234) για τον αγωγό προστασίας.

### Έλεγχος πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100$$

$$\varepsilon(\%) = \sqrt{3} \cdot 7,5 \cdot 0,0128571 \cdot 3,52 \cdot \frac{\cos(34,91^{\circ})}{400} \cdot 100 = 0,12\%$$

όπου

–  $l$  είναι η απόσταση του κινητήρα 52 από τον υποπίνακα 4, δηλαδή εδώ  $l \approx 7,5m$

– Ομοίως με τα προηγούμενα η αγωγιμότητα προκύπτει:

$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 0,004(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,004 \cdot 20} = 51,852m/\Omega \cdot mm^2$$

– Για χαμηλή τάση και για διατομές  $A \leq 16mm^2$  ισχύει  $\psi' \approx R'$ . Άρα η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$\Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 1,5} = 0,0128571\Omega/m$$

Σ' αυτήν την πτώση τάσης θα πρέπει να προστεθούν η πτώση τάσης από το δευτερεύον του ΜΣ ως τον Γ.Π.Χ.Τ και η πτώση τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ ως τον 4ο υποπίνακα. Συνολικά έχουμε:

$$\varepsilon_{ολ}(\%) = 0,159\% + 1,23\% + 0,12\% = 1,51\% < 4\%$$

Παρατηρούμε ότι είναι μικρότερη του 4% που ανήκει στα επιτρεπτά όρια επομένως δεν υπάρχει πρόβλημα.

### Επιλογή ρελέ

Εδώ θα γίνει χρήση ενός ρελέ κατηγορίας AC3 (κινητήρες βραχυκυκλωμένου κλωβού- εκκίνηση, απόζευξη κατά τη λειτουργία) με τάση λειτουργίας του πηνίου 400V. Θεωρούμε ότι αυτό συνδέεται στο ρεύμα του δικτύου επομένως για την επιλογή του μας ενδιαφέρει μόνο το ονομαστικό ρεύμα στα 400V χωρίς να είναι προσαυξημένο από συντελεστές. Το μέγιστο ρεύμα αντοχής του ρελέ είναι:

$$I = I_{κιν} 3,52A$$

Επομένως επιλέγεται από την εταιρία ABB το ρελέ A9-30-10.

## Επιλογή μέσων προστασίας

Τα μέσα προστασίας αφορούν την προστασία της γραμμής που φτάνει στον υποπίνακα, την προστασία της γραμμής που συνδέει τον κινητήρα και την προστασία του ίδιου του κινητήρα.

Συγκεκριμένα επιλέγουμε έναν ασφαλειοδιακόπτη τύπου OS63GD12P της εταιρίας ABB λαμβάνοντας υπόψη το ονομαστικό ρεύμα του υποπίνακα (39,01A) ο οποίος τοποθετείται στην αναχώρηση της γραμμής από το Γ.Π.Χ.Τ προς τον υποπίνακα. Στο σημείο όπου η γραμμή φθάνει στον υποπίνακα τοποθετούμε ένα γενικό διακόπτη φορτίου, ώστε να μπορούμε να τον θέσουμε εκτός, σε συνδυασμό με μια ασφάλεια για την προστασία από βραχυκυκλώματα. Επιλέχτηκε από την εταιρεία ABB (με βάση το συνολικό ονομαστικό ρεύμα του υποπίνακα) ο διακόπτης φορτίου OT63-3 κατηγορίας AC23 (χειρισμοί κινητήρων) και η ασφάλεια OFAF000H40 κατηγορίας gG (πλήρης προστασία στη γενική χρήση).

Για την προστασία του κινητήρα τόσο σε περίπτωση υπερέντασης όσο και σε περίπτωση βραχυκυκλώματος χρησιμοποιούμε έναν αυτόματο θερμομαγνητικό διακόπτη προστασίας κινητήρων, MS132, 50kA της εταιρίας ABB, με τον οποίο μάλιστα μπορούμε να θέτουμε και μεμονωμένα εντός ή εκτός τον κάθε κινητήρα. Η περιοχή ρύθμισης του θερμικού επιλέγεται με βάση το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα εφόσον ο διακόπτης τοποθετείται στην αρχή της γραμμής από τον υποπίνακα προς τον κινητήρα. Οι επιλογές για τον κάθε κινητήρα ξεχωριστά φαίνονται παρακάτω:

α/ α	Ισχύς (kW)	Irated, 400V (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )		Απόσταση από υποπίνακα (m)	Πτώση τάσης (%)	
			Πριν τον ΥΔ	Μετά τον ΥΔ		Από υποπίνακα	Συνολική
52	3,75	7,87 6	1,5	1,5	6,5	0,237	1,63
53	6	12,0 57	1,5	1,5	6	0,34	1,73
54	6	12,0 57	1,5	1,5	8	0,46	1,85
55	1,5	3,52	1,5		7,5	0,12	1,51
56	1,5	3,52	1,5		9	0,145	1,53

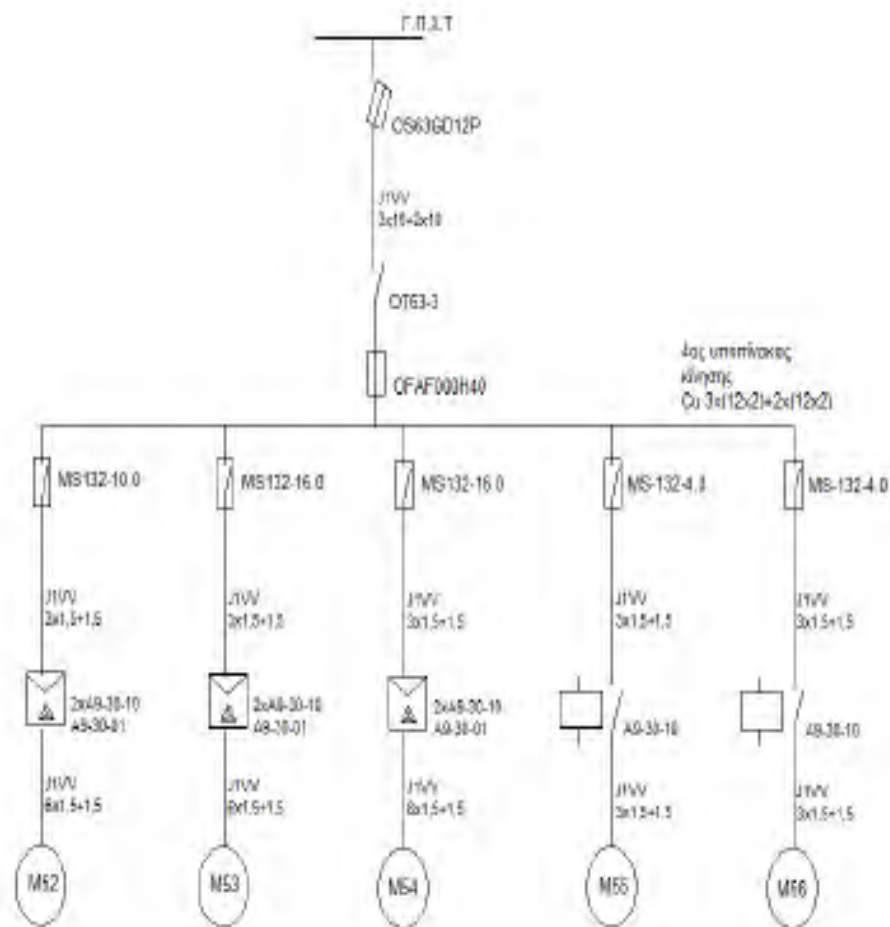
Πίνακας 8: Παροχές μηχανών 52-56

α/ α	Ρελέ			Αυτόματος θερμομαγνητικός
	Δικτύου	Δ	Υ	
52	A9-30-10	A9-30-01	A9-30-10	MS132-10.0
53	A9-30-10	A9-30-01	A9-30-10	MS132-16.0
54	A9-30-10	A9-30-01	A9-30-10	MS132-16.0
55	A9-30-10			MS132-4.0
56	A9-30-10			MS132-4.0

Πίνακας 9: Παροχές μηχανών 52-56



Ακολουθεί το μονογραμμικό σχέδιο του 4ου υποπίνακα. Στο σχέδιο αυτό φαίνονται οι διατομές των χρησιμοποιούμενων καλωδίων καθώς και οι τύποι των διακοπτικών μέσων, των ρελέ και των μέσων προστασίας.



### 2.2.5. 5ος υποπίνακας κίνησης

Τα μηχανήματα που περιλαμβάνονται στον 5ο υποπίνακα με συνολική ισχύ 158,625 kW δίνονται παρακάτω:

α/α	Ονομασία μηχανήματος	Ισχύς (HP)	Ισχύς (kW)	Απόδοση η (%)	P <sub>in</sub> (kW)	cosφ	I <sub>rated</sub> 380V	I <sub>rated</sub> 400V
9	Πλυντήριο πιάτων	-	110	-	110	0,85	-	186,79
36	Βραστήρας	-	10	-	10	0,85	-	16,98
37	Βραστήρας	-	10	-	10	0,85	-	16,98
41	Πλυντήριο σκευών	-	26	-	26	0,85	-	44,15
48	Κόπτης	0,5	0,375	0,66	0,568182	0,76	1,12	1,08
49	Ζαμπονομηχανή	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,83
50	Ζαμπονομηχανή	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,83
51	Ζαμπονομηχανή	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,83

Πίνακας 10: 5ος υποπίνακας κίνησης

Το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων των μηχανημάτων είναι:

$$I_{ολ,5} = 271,3 < -31,89^\circ A$$

#### Επιλογή ζυγών υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{ζυγου,5} = \frac{I_{ολ,5}}{0,7} = \frac{271,3}{0,7} = 387,6A$$

Οι μπάρες που επιλέγουμε είναι από χαλκό, παραλληλεπίπεδης διατομής και βαμμένες (πιν.7.37, σελ.260 Π.Ντοκόπουλος ). Συγκεκριμένα επιλέγονται ζυγοί διατομής 3x(30x5) για τις τρεις φάσεις και 2x(25x3) για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

### Επιλογή διατομής καλωδίων από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{\text{καλωδίου}} = \frac{I_{\text{ολ,5}}}{0,87} = \frac{271,3}{0,87} = 311,84\text{A}$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 7.4 ( (1): σελ.215) για ρεύμα 311,84A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο J1VV διατομής 150mm<sup>2</sup> για τις τρεις φάσεις και δύο μονοπολικά καλώδια διατομής 95mm<sup>2</sup>, αραιά και σε οριζόντια διάταξη, για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

### Πτώσης τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = \sqrt{3} \cdot 58 \cdot 1,78376 \cdot 10^{-4} \cdot 271,3 \cdot \frac{\cos(31,89^\circ)}{400} \cdot 100 = 1,03\%$$

όπου

Εδώ  $l \approx 58\text{m}$

– Για καλώδιο J1VV, 0,6/1kV, διατομής 150mm<sup>2</sup> προκύπτει:  $X' \approx 80 \cdot 10^{-6}\Omega/\text{m}$  ( (1): σχ.7.13, σελ.287)

– Ομοίως  $\eta$  αγωγιμότητα προκύπτει

$$k_{20} = \frac{k_{40}}{1 + 0,004(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,004 \cdot 20} = 51,852\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$$

– Η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$\Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 150} + 80 \cdot 10^{-6} \cdot \tan(31,89^\circ) = 1,78376 \cdot 10^{-4}\Omega/\text{m}$$

### **2.2.6. 6ος υποπίνακας κίνησης**

Τα μηχανήματα που περιλαμβάνονται στον 6ο υποπίνακα με συνολική ισχύ 184,25 kW δίνονται παρακάτω:

α/ α	Ονομασία μηχανήματος	Ισχύς (HP)	Ισχύς (kW)	Απόδοση η (%)	Pin (kW)	cosφ	I <sub>rated</sub> 380V	I <sub>rated</sub> 400V
4	Συμπιεστής	5	3,75	0,825	4,545454	0,8025	8,6	8,175
5	Συμπιεστής	5	3,75	0,825	4,545454	0,8025	8,6	8,175
6	Συμπιεστής	5	3,75	0,825	4,545454	0,8025	8,6	8,175
7	Συμπιεστής	5	3,75	0,825	4,545454	0,8025	8,6	8,175
8	Συμπιεστής	5	3,75	0,825	4,545454	0,8025	8,6	8,175
30	Φριτέζα	-	16	-	16	0,85	-	27,17
31	Φριτέζα	-	16	-	16	0,85	-	27,17
32	Φριτέζα	-	16	-	16	0,85	-	27,17
38	Βραστήρας	-	30	-	30	0,85	-	50,9
39	Βραστήρας	-	30	-	30	0,85	-	50,9
40	Βραστήρας	-	30	-	30	0,85	-	50,9
44	Μίξερ	5	3,75	0,825	4,545455	0,8025	8,6	8,175
45	Μίξερ	5	3,75	0,825	4,545455	0,8025	8,6	8,175
46	Μίξερ	5	3,75	0,825	4,545455	0,8025	8,6	8,175
47	Μίξερ	5	3,75	0,825	4,545455	0,8025	8,6	8,175
62	Μηχανή αποφλοιώσης	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,83
63	Μηχανή αποφλοιώσης	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,83
64	Μηχανή αποφλοιώσης	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,83
65	Μηχανή αποφλοιώσης	1	0,75	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,83
66	Μηχανή αποφλοιώσης	0,5	0,375	0,74	1,013514	0,8	1,95	1,83
67	Αποφλοιωτικό	0,5	0,375	0,66	0,5681817	0,76	1,12	1,079
68	Αποφλοιωτικό	0,5	0,375	0,66	0,5681817	0,76	1,12	1,079
69	Αποφλοιωτικό	0,5	0,375	0,66	0,5681817	0,76	1,12	1,079
70	Αποφλοιωτικό	0,5	0,375	0,66	0,5681817	0,76	1,12	1,079
71	Κοπτικό μπριζόλας	1,5	1,25	0,75	1,6666668	0,814	3,14	2,95
72	Κοπτικό μπριζόλας	1,5	1,25	0,75	1,6666668	0,814	3,14	2,95
73	Κοπτικό μπριζόλας	1,5	1,25	0,75	1,6666668	0,814	3,14	2,95
74	Κοπτικό μπριζόλας	1,5	1,25	0,75	1,6666668	0,814	3,14	2,95

Πίνακας 11: 6ος υποπίνακας κίνησης

Το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων των μηχανημάτων είναι:

$$I_{ολ,6} = 332,77 < -33,24^\circ\text{A}$$

### Επιλογή ζυγών υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{\text{ζυγού},6} = \frac{I_{\text{ολ},6}}{0,7} = \frac{332,77}{0,7} = 475,38\text{A}$$

Οι μπάρες που επιλέγουμε είναι από χαλκό, παραλληλεπίπεδης διατομής και βαμμένες ( (1): πιν.7.37, σελ.260). Συγκεκριμένα επιλέγονται ζυγοί διατομής 3x(40x5) για τις τρεις φάσεις και 2x(30x5) για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

### Επιλογή διατομής καλωδίων από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{\text{καλωδίου}} = \frac{I_{\text{ολ},6}}{0,87} = \frac{332,77}{0,87} = 382,49\text{A}$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 7.4 ( (1): σελ.215) για ρεύμα 382,49A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο J1VV διατομής 240mm<sup>2</sup> για τις τρεις φάσεις και δύο μονοπολικά καλώδια διατομής 120mm<sup>2</sup>, αραιά και σε οριζόντια διάταξη, για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

### Πτώσης τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = \sqrt{3} \cdot 18 \cdot 1,92513 \cdot 10^{-4} \cdot 332,77 \cdot \frac{\cos(33,24^\circ)}{400} \cdot 100 = 0,28\%$$

όπου

Εδώ  $l \approx 18\text{m}$

– Για καλώδιο J1VV, 0,6/1kV, διατομής 240mm<sup>2</sup> προκύπτει:  $X' \approx 75 \cdot 10^{-6} \Omega/m$  ( (1): σχ.7.13, σελ.287)

–

– Η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 0,004(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,004 \cdot 20} = 51,852 m/\Omega \cdot mm^2$$

– Η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$\Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 240} = 75 \cdot 10^{-6} \cdot \tan(33,24^\circ) = 1,29513 \cdot 10^{-4} \Omega/m$$

### 2.2.7. 7ος υποπίνακας κίνησης

Τα μηχανήματα που περιλαμβάνονται στον 7ο υποπίνακα με συνολική ισχύ 177,5 kW δίνονται παρακάτω:

α/α	Ονομασία μηχανήματος	Ισχύς (HP)	Ισχύς (kW)	Απόδοση η (%)	P <sub>in</sub> (kW)	cosφ	I <sub>rated</sub> 380V	I <sub>rated</sub> 400V
3	Μίξερ	2	1,5	0,75	2	0,82	3,7	3,52
11	Φούρνος	-	20	-	20	0,85	-	33,96
12	Φούρνος	-	20	-	20	0,85	-	33,96
13	Γκριλ	-	14	-	14	0,85	-	23,77
14	Γκριλ	-	14	-	14	0,85	-	23,77
15	Γκριλ	-	14	-	14	0,85	-	23,77
16	Γκριλ	-	14	-	14	0,85	-	23,77
22	Ανατρεπόμενο τηγάνι	-	10	-	10	0,85	-	16,98
23	Ανατρεπόμενο τηγάνι	-	10	-	10	0,85	-	16,98
24	Ανατρεπόμενο τηγάνι	-	10	-	10	0,85	-	16,98
25	Ανατρεπόμενο τηγάνι	-	10	-	10	0,85	-	16,98
26	Ανατρεπόμενο τηγάνι	-	10	-	10	0,85	-	16,98

27	Ανατρεπόμενο τηγάνι	-	10	-	10	0,85	-	16,98
28	Ανατρεπόμενο τηγάνι	-	10	-	10	0,85	-	16,98
29	Ανατρεπόμενο τηγάνι	-	10	-	10	0,85	-	16,98

Πίνακας 12: 7ος υποπίνακας κίνησης

Το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων των μηχανημάτων είναι:

$$I_{oλ,7} = 302,35 < -31,83^\circ A$$

#### Επιλογή ζυγών υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{ζυγού,7} = \frac{I_{oλ,7}}{0,7} = \frac{302,35}{0,7} = 431,93A$$

Οι μπάρες που επιλέγουμε είναι από χαλκό, παραλληλεπίπεδης διατομής και βαμμένες ( (1):πιν.7.37, σελ.260). Συγκεκριμένα επιλέγονται ζυγοί διατομής 3x(30x5) για τις τρεις φάσεις και 2x(25x3) για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

#### Επιλογή διατομής καλωδίων από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{καλωδίου} = \frac{I_{oλ,7}}{0,87} = \frac{302,35}{0,87} = 347,53A$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 7.4 ( (1) σελ.215) για ρεύμα 347,53A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο J1VV διατομής 185mm<sup>2</sup> για τις τρεις φάσεις και δύο μονοπολικά καλώδια διατομής 95mm<sup>2</sup>, αραιά και σε οριζόντια διάταξη, για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

#### Πτώσης τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = \sqrt{3} \cdot 56 \cdot 1,52668 \cdot 10^{-4} \cdot 302,35 \cdot \frac{\cos(31,83^\circ)}{400} \cdot 100 = 0,95\%$$

όπου

– Εδώ  $l \approx 56m$

– Για καλώδιο J1VV, 0,6/1kV, διατομής  $185mm^2$  προκύπτει:  $X' \approx 78 \cdot 10^{-6}\Omega/m$  (1): σχ.7.13, σελ.287)

– Ομοίως η αγωγιμότητα προκύπτει:

$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 0,004(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,004 \cdot 20} = 51,852m/\Omega \cdot mm^2$$

– Η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$\Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 185} + 78 \cdot 10^{-6} \cdot \tan(31,83^\circ) = 1,52668 \cdot 10^{-4}\Omega/m$$

### 8ος υποπίνακας κίνησης

Τα μηχανήματα που περιλαμβάνονται στον 8ο υποπίνακα με συνολική ισχύ 203 kW δίνονται παρακάτω:

α/ α	Ονομασία μηχανήματος	Ισχύς (HP)	Ισχύς (kW)	Απόδοσ η (%)	Pin (kW)	cosφ	I <sub>rated</sub> 380V	I <sub>rated</sub> 400V
17	Κουζίνα	-	30	-	30	0,85	-	50,94
18	Κουζίνα	-	30	-	30	0,85	-	50,94
19	Κουζίνα	-	30	-	30	0,85	-	50,94
20	Κουζίνα	-	30	-	30	0,85	-	50,94
21	Φούρνος	-	35	-	35	0,85	-	59,43
33	Φριτέζα	-	16	-	16	0,85	-	27,17
34	Φριτέζα	-	16	-	16	0,85	-	27,17
35	Φριτέζα	-	16	-	16	0,85	-	27,17

Πίνακας 13: 8ος υποπίνακας κίνησης



Το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων των μηχανημάτων είναι:

$$I_{ολ,8} = 344,7 < -31,79^\circ A$$

#### Επιλογή ζυγών υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{ζυγού,8} = \frac{I_{ολ,8}}{0,7} = \frac{344,7}{0,7} = 492,43A$$

Οι μπάρες που επιλέγουμε είναι από χαλκό, παραλληλεπίπεδης διατομής και βαμμένες (πιν.7.37, σελ.260 Π.Ντοκόπουλος ). Συγκεκριμένα επιλέγονται ζυγοί διατομής 3x(40x5) για τις τρεις φάσεις και 2x(30x5) για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

#### Επιλογή διατομής καλωδίων από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{καλωδίου} = \frac{I_{ολ,8}}{0,87} = \frac{344,7}{0,87} = 396,21A$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 7.4 ( (1): σελ.215) για ρεύμα 396,21A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο J1VV διατομής 240mm<sup>2</sup> για τις τρεις φάσεις και δύο μονοπολικά καλώδια διατομής 120mm<sup>2</sup>, αραιά και σε οριζόντια διάταξη, για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

#### Πτώσης τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = \sqrt{3} \cdot 32 \cdot 1,2684 \cdot 10^{-4} \cdot 344,7 \cdot \frac{\cos(31,79^\circ)}{400} \cdot 100 = 0,51\%$$

όπου

- Εδώ  $l \approx 32m$
- Για καλώδιο J1VV, 0,6/1kV, διατομής  $240mm^2$  προκύπτει:  $X' \approx 75 \cdot 10^{-6}\Omega/m$  (1): σχ.7.13, σελ.287)

- Ομοίως  $k_{20}$  η αγωγιμότητα προκύπτει:

$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 0,004(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,004 \cdot 20} = 51,852m/\Omega \cdot mm^2$$

- Η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$\Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 240} + 75 \cdot 10^{-6} \cdot \tan(31,79^\circ) = 1,2684 \cdot 10^{-4}\Omega/m$$

### 3. Αντιστάθμιση

#### 3.1. Γενικά

“Όλα τα φορτία παρουσιάζουν επαγωγική συμπεριφορά -ακόμα και τα αμιγώς ωμικά- με αποτέλεσμα να μην έχουμε ικανοποιητικό συντελεστή ισχύος. Μικρός συντελεστής ισχύος συνεπάγεται μεγάλη κατανάλωση, για αυτό ενδείκνυται διόρθωσή του σε τιμές  $\cos\phi > 0.85$ , κυρίως μεταξύ 0.9-0.95. Διόρθωση μεγαλύτερη από τις παραπάνω τιμές πρέπει να αποφεύγεται καθώς είναι οικονομικά ασύμφορη και υπάρχει κίνδυνος να έχουμε χωρητικό συνημίτονο (υπεραντιστάθμιση).

Η αντιστάθμιση γίνεται με την τοποθέτηση πυκνωτών διόρθωσης σε συνδεσμολογία αστέρα ή τριγώνου και μπορεί να είναι:

1. τοπική : σε κάθε συσκευή υπό την προϋπόθεση αυτή να λειτουργεί με σταθερό φορτίο. Έτσι μειώνονται τα ρεύματα και οι απαιτούμενες διατομές των καλωδίων.
2. ομαδική : σε ομάδες ίδιων συσκευών που λειτουργούν επίσης με σταθερό φορτίο π.χ. λάμπες
3. κεντρική : στο σύνολο μιας εγκατάστασης που λειτουργεί με κυμαινόμενο φορτίο

Στην περίπτωση μας, όπου ο επιθυμητός συντελεστής ισχύος είναι 0.9, θα εφαρμόσουμε τοπική αντιστάθμιση στους ΜΣ του υποσταθμού και κεντρική στην υπόλοιπη εγκατάσταση. Σε ό,τι αφορά στον φωτισμό, όλοι οι λαμπτήρες και τα

φωτιστικά είναι τεχνολογίας LED και σύμφωνα με τον κατασκευαστή το cosφ τους είναι κατ' ελάχιστο 0,9. Ως εκ τούτου δεν απαιτείται ειδική μέριμνα για τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος του φωτισμού.

## 3.2 Τοπική αντιστάθμιση στους μετασχηματιστές.

### 3.2.1 Επιλογή πυκνωτών αντιστάθμισης

Οι μετασχηματιστές απαιτούν τοπική αντιστάθμιση για να αντισταθμίσουν την παραγόμενη μαγνήτιση (λόγω του ρεύματος μαγνήτισης και των αντιδράσεων σκέδασης). Αυτή γίνεται τοπικά, αφού οι ΜΣ έχουν σταθερό άεργο φορτίο, στους ακροδέκτες χαμηλής τάσης του μετασχηματιστή και για πλήρη ισχύ. Εξαιτίας της κατασκευής τους μάλιστα, δεν απαιτούνται αντιστάσεις εκφόρτισης καθώς η εκκένωση γίνεται στα τυλίγματα. Συγκεκριμένα, για την περίπτωση μας εφόσον έχουμε ΜΣ 20kV/400V, η άεργος ισχύς των πυκνωτών αντιστάθμισης πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0.06 – 0.08 της ονομαστικής ισχύος-  $S_r$  του ΜΣ ((1): ¶16.3.2). Ο επιλεγμένος ΜΣ έχει  $S_r=630$  kVA και τάση βραχυκύκλωσης  $u_k=4\%$ , άρα η άεργη ισχύς του κυμαίνεται μεταξύ  $0,06 \cdot 630 = 37,8kVAr$  και  $0,08 \cdot 630 = 50,4kVAr$

Η τιμή αυτή σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να ξεπεραστεί γιατί τότε θα παρουσιάζονται ανεπιθύμητες υπερτάσεις όταν έχουμε χαμηλά φορτία. Για την αποφυγή υπεραντιστάθμισης πρέπει να επαληθεύεται η παρακάτω σχέση( (1): ¶16.3.2):

$$Q \leq \frac{1,5 \cdot S_r}{u_k} = \frac{1,5 \cdot 630kVA}{4} = 236,25kvar$$

όπου

$S_r$  : ονομαστική ισχύς και

$u_k$  τάση βραχυκύκλωσης (σε p.u.)που ισχύει αφού και η παραπάνω υπολογισμένη άεργη ισχύς των ΜΣ κυμαίνεται μεταξύ 37,8kVAr και 50,4kVAr. Έτσι διαλέγουμε μια συστοιχία πυκνωτών CLMD 33-40 από την ABB ισχύος 40.0 kVAr με τάση 400V για τον κάθε ΜΣ και συνολικά στην τοπική αντιστάθμιση των ΜΣ έχουμε ισχύ 80 kVAr. Καθώς η άεργη ισχύς των ΜΣ είναι σταθερή, οι πυκνωτές της μόνιμης

αντιστάθμισης είναι μόνιμα σε λειτουργία, αντίθετα με την αντιστάθμιση των ζυγών ΧΤ η οποία γίνεται σε βήματα, ενώ τίθενται εκτός λειτουργίας μόνο εάν βγει εκτός τάσης ο ΜΣ τον οποίο αντισταθμίζουν.

### 3.2.2 Επιλογή καλωδίων

Οι πυκνωτές που επιλέξαμε θα είναι συνδεδεμένοι σε συνδεσμολογία τριγώνου ώστε να είναι μικρότερη η απαιτούμενη χωρητικότητα και συνεπώς και το κόστος τους. Έτσι θα χρειαστούμε καλώδια για τους αγωγούς των 3 φάσεων και για τον αγωγό προστασίας. Η κάθε φάση διαρρέεται από ρεύμα:

$$I = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{40 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 57,735A$$

το οποίο διορθώνεται με μια σειρά από συντελεστές, από τους οποίους λαμβάνουμε υπόψη στην παρούσα μελέτη μόνο το συντελεστή διόρθωσης για τη μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος, 400C. Από τον πίνακα ( (1): πίν. 7.5) (και για μόνωση PVC) παίρνουμε συντελεστή  $f_{\theta} = 0.87$  και έτσι για το ρεύμα προκύπτει :

$$I = I_o \cdot f_{\theta} \rightarrow I_o = \frac{I}{f_{\theta}} = \frac{57,735}{0,87} = 66,362$$

Θα χρησιμοποιήσουμε λοιπόν ένα τετραπολικό καλώδιο J1VV-R4G 16 ( (1): πιν.7.9 ως 67A) για τους αγωγούς των τριών φάσεων και για τον αγωγό προστασίας, που θα είναι ίσης διατομής.

### 3.2.3 Επιλογή μέσων προστασίας

Για την προστασία της συστοιχίας από υπερφόρτιση και βραχυκυκλώματα θα χρησιμοποιήσουμε ασφαλειοδιακόπτες, που είναι ο συνδυασμός ασφαλειών και διακόπτη φορτίου ώστε αν παρουσιαστεί σφάλμα σε κάποια φάση κατά τη λειτουργία να βγαίνουν εκτός οι πυκνωτές αντιστάθμισης έτσι ώστε να μην καταστραφούν. Διαλέγουμε λοιπόν τριπολικό ασφαλειοδιακόπτη OS125GD12P με ικανότητα διακοπής ρεύματος 125 A στα 400V, για κάθε συστοιχία.

Επίσης για τη ζεύξη της κάθε συστοιχίας θα χρησιμοποιήσουμε τηλεχειριζόμενο διακόπτη αέρος ζεύξης πυκνωτών UA63-30-00-RA για ισχύ 40kVAr στα 400V και μέγιστη θερμοκρασία 55 °C.

### 3.3 Κεντρική αντιστάθμιση στην εγκατάσταση

#### 3.3.1 Επιλογή πυκνωτών

Στην υπόλοιπη εγκατάσταση εφαρμόζουμε κεντρική αντιστάθμιση συνδέοντας πυκνωτές στους ζυγούς ΧΤ του υποσταθμού. Προτιμάται αυτή η τεχνική γιατί είναι εύκολη η συντήρηση καθώς οι πυκνωτές είναι συγκεντρωμένοι σε ένα χώρο και όχι σε κάθε συσκευή ξεχωριστά και η επεκτασιμότητα για τον ίδιο λόγο. Επίσης, για μικρούς συντελεστές ταυτοχρονισμού, όπως στην περίπτωση μας (0.65) προκύπτουν μικρότερες ισχύεις πυκνωτών συγκριτικά με μια αντίστοιχη τοπική ή ομαδική αντιστάθμιση. Από την άλλη, δεν μειώνεται το ρεύμα στις συσκευές και συνεπώς δεν μειώνονται και οι θερμικές απώλειες. Κρίνεται ωστόσο αναγκαία καθώς τα φορτία της εγκατάστασης δεν είναι μόνιμα σταθερά.

Για να αυξήσουμε το συντελεστή ισχύος από 0.7 (  $1 \cos\varphi_1$  ) σε 0.9 (  $2 \cos\varphi_2$  ), που είναι ο επιθυμητός, απαιτείται συνολική άεργος ισχύς που υπολογίζεται από τον τύπο:  $Q = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$

$$Με P = \frac{W}{t} = \frac{301025kWh}{24 \cdot 30h} = 418kW$$

Συνεπώς:

$$Q = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$= 418 \cdot (1,02 - 0,484)$$

$$= 224kVAr$$

Όμως ήδη έχουμε τοποθετήσει πυκνωτές για την αντιστάθμιση των δύο ΜΣ του υποσταθμού με συνολική άεργο ισχύ 80 kVAr.

Άρα στην κεντρική θα έχουμε:

$$Q_{\text{κεντρική}} = Q - 2 \cdot Q_{\text{ΜΣ}} = 224 - 80 = 144 \text{ kVAr}$$

Η οποία θα «μοιραστεί» σε συστοιχίες πυκνωτών για να μπορούμε ανάλογα με το φορτίο να έχουμε τον επιθυμητό συντελεστή ισχύος με μεγάλη ακρίβεια εισάγοντας και εξάγοντας πυκνωτές. Επιλέγουμε 10 πυκνωτές CLMD 33-15 15kvar στα 400V με συνολική ισχύ  $10 \cdot 15 = 150 \text{ kVAr}$

Θα μπορούσαμε να διαλέξουμε και μεγαλύτερης ισχύος πυκνωτές ή και συστοιχίες όμως επειδή έχουμε να αντισταθμίσουμε σχετικά μικρή ισχύ, οι μεγαλύτεροι πυκνωτές θα συνεπάγονταν λιγότερα βήματα και κατ' επέκταση μεγάλη ανακρίβεια στην αντιστάθμιση του συντελεστή ισχύος.

### 3.3.2 Επιλογή ρυθμιστή άεργου ισχύος

Για την ρύθμιση της άεργου ισχύος χρειαζόμαστε τον κατάλληλο ρυθμιστή άεργου ισχύος. Αυτός θα λαμβάνει πληροφορία σχετικά με το φορτίο της βιομηχανίας κάθε χρονική στιγμή από το αθροιστικό αμπερόμετρο που έχουμε τοποθετήσει στον υποσταθμό για να μετράμε τον συντελεστή ισχύος και ανάλογα με το αν χρειαζόμαστε περεταίρω αντιστάθμιση ή αν έχουμε επιτύχει τον επιθυμητό συντελεστή ισχύος θα εισάγει και θα εξάγει πυκνωτές στέλνοντας σήματα στα αντίστοιχα ρελέ. Επιλέγεται Ρυθμιστής άεργου ισχύος 1 έως 12 βημάτων RVC12 της ABB, ρυθμισμένος για 10 βήματα καθώς έχουμε 10 πυκνωτές με την εγκατάσταση μας να μπορεί να ανταποκριθεί σε μελλοντική αύξηση φορτίου 20 %.

### 3.3.3 Επιλογή καλωδίων από τους πυκνωτές προς τον ζυγό του υποπίνακα αντιστάθμισης και μέσω των προστασίας

Το ονομαστικό ρεύμα των πυκνωτών (και άρα το ρεύμα που θα διαρρέει κάθε φάση) για την κάθε συστοιχία είναι:

$$I = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{15k}{\sqrt{3} \cdot 400} = 21.65A$$

Το ρεύμα αυτό διορθώνεται με το συντελεστή θερμοκρασίας  $f_{\theta}=0,87$  για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία περιβάλλοντος ( $400^{\circ}\text{C}$ ) και έτσι το ρεύμα προκύπτει:

$$I' = \frac{I}{0.87} = 24.88\text{A}$$

Για κάθε πυκνωτή λοιπόν χρησιμοποιούμε ένα τετραπολικό καλώδιο J1VV-R4G 6 για τις τρεις φάσεις και τον αγωγό προστασίας (όλοι οι αγωγοί ίσης διατομής,  $6\text{mm}^2$ ).

#### Προστασία και ζεύξη πυκνωτών

Όπως και στην τοπική αντιστάθμιση, για την προστασία των πυκνωτών αλλά και της γραμμής χρησιμοποιούμε έναν τριπολικό ασφαλειοδιακόπτη OS32GD12P με ικανότητα διακοπής ρεύματος 32 A στα 400V, ενώ για τη ζεύξη κάθε πυκνωτή θα χρησιμοποιήσουμε ρελέ, διαλέγουμε :

- Τηλεχειριζόμενο διακόπτη αέρος ζεύξης πυκνωτών UA
- UA26-30-00-RA στα 15 kVA<sub>r</sub>, 400V 55°C .

#### **3.3.4 Ζυγός πίνακα αντιστάθμισης**

Ο ζυγός στον υποπίνακα της αντιστάθμισης θα διαρρέεται από ρεύμα

$$I_z = 10 \cdot I' = 10 \cdot 24.88 = 248.8\text{A}$$

Για την επιλογή της κατάλληλης μπάρας λαμβάνουμε υπόψη την μελλοντική αύξηση του φορτίου 20% στην οποία βεβαίως πρέπει να αντέχει καθώς επίσης και το ότι (εφόσον είμαστε σε κλειστό χώρο) έχουμε ήρεμο αέρα και η μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση μειώνεται κατά 30%. Έτσι το παραπάνω ρεύμα πολλαπλασιάζεται με 1.2 και διαιρείται με 0.7 ώστε να «διορθωθεί» για τις παραπάνω συνθήκες. Οπότε είναι:

$$I_z' = I_z \cdot 1.2 \cdot \frac{1}{0.7} = 248.8 \cdot 1.2 \cdot \frac{1}{0.7} = 426.5\text{A}$$

Επομένως επιλέγεται μια μπάρα από Cu βαμμένη διαστάσεων  $201\text{mm}^2$  που αντέχει σε ρεύμα 464 A και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος  $35+30=65^{\circ}\text{C}$ .

#### Καλώδιο σύνδεσης ΓΠΧΤ- ζυγού αντιστάθμισης

Το καλώδιο προς τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης πρέπει να αντέχει όταν όλοι οι πυκνωτές είναι σε λειτουργία και ακόμα στην περίπτωση μελλοντικής αύξησης του φορτίου οπότε και τοποθετούνται και άλλοι. Το ρεύμα λοιπόν που το διαρρέει «στη χειρότερη περίπτωση» είναι:

$$I_{ΓΠΧΤ} = 21.65 \cdot 12 = 259.8A$$

Και διορθωμένο με το συντελεστή θερμοκρασίας:

$$I_{ΓΠΧΤ} = \frac{259,8}{0,87} = 298,62A$$

Επιλέγουμε ένα τετραπολικό καλώδιο J1VVR4G-150 για τις τρεις φάσεις και τον αγωγό προστασίας.

Επιλέγεται ΔΙ για την προστασία της παροχής από τον γενικό πίνακα ΧΤ μέχρι τον ζυγό ΧΤ. Διαλέγουμε αυτόματο τριπολικό διακόπτη ισχύος κλειστού τύπου T5N630R630 με ονομαστικό ρεύμα 630Α, ρυθμιζόμενο θερμικό 252-630Α, στιγμιαίο βραχυκύκλωμα 630-6300Α και ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος 36kA.

(Η μόνιμη όπως αναφέρθηκε γίνεται στους ακροδέκτες ΧΤ των ΜΣ του υποσταθμού οπότε εντελώς ανάλογα έχουμε τον αντίστοιχο κλάδο στο μονογραμμικό σχέδιο του υποσταθμού με τον ασφαλειοδιακόπτη και το ρελέ της κάθε συστοιχίας-οπότε και παραλείπεται).

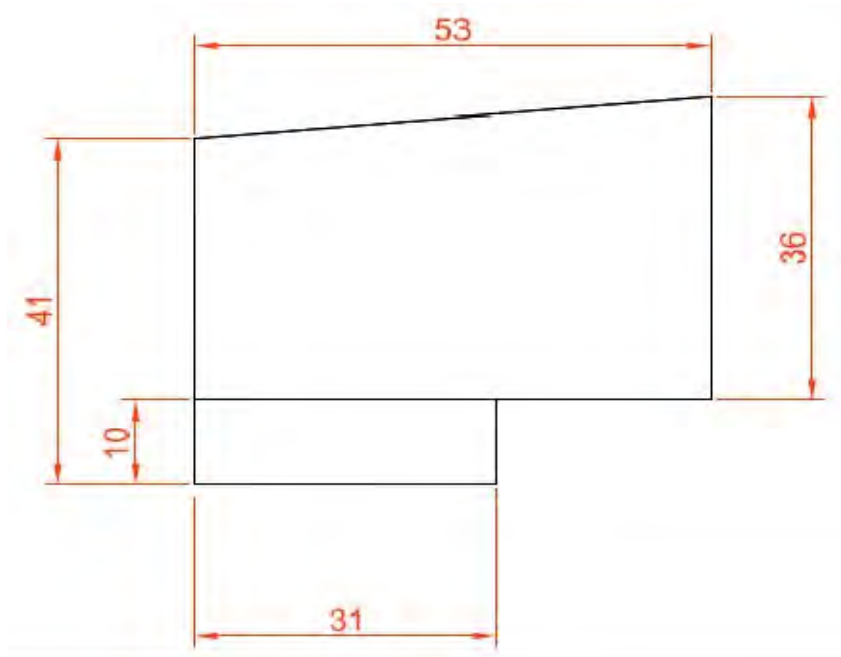
## **4. Γείωση και αντικεραυνική προστασία**

### **4.1. Αντικεραυνική προστασία**

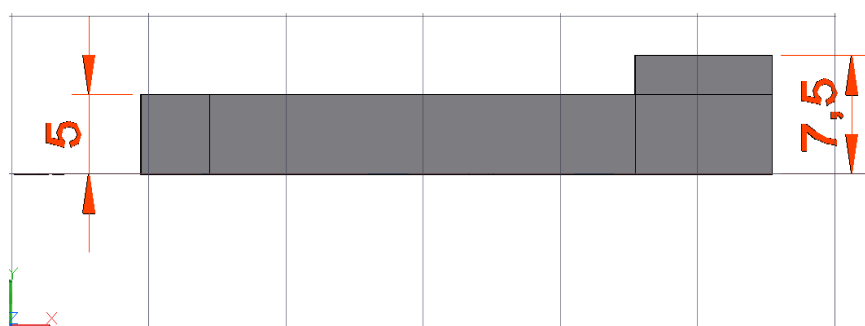
#### **4.1.1. Επιλογή της στάθμης προστασίας**

Η κάτοψη του κτηρίου και μία πλάγια όψη με τις διαστάσεις παρουσιάζονται παρακάτω στην Εικόνα 9 και Εικόνα 10:





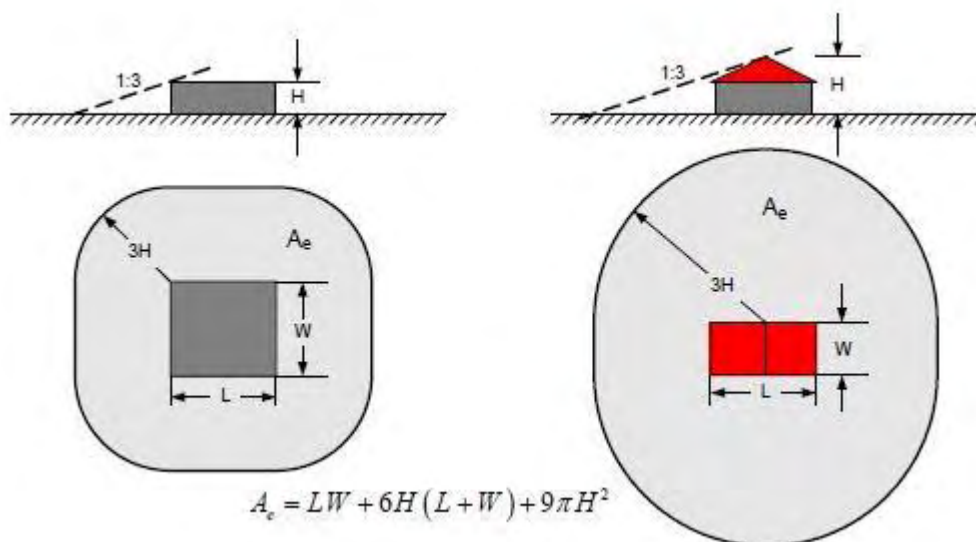
Εικόνα 9: Κάτοψη κτηρίου



Εικόνα 10: Πλάγια όψη κτηρίου

Για την επιλογή της κατάλληλης στάθμης προστασίας του κτηρίου σύμφωνα με την οδηγία IEC 62305-2 θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα RAPAL. Αρχικά, πρέπει να βρούμε τη συλλεκτήρια επιφάνεια  $A_{d/b}$  και την επιφάνεια  $A_m$ , τα όρια της οποίας απέχουν από την περίμετρο του κτηρίου 250 μέτρα. Τα όρια της ισοδύναμης

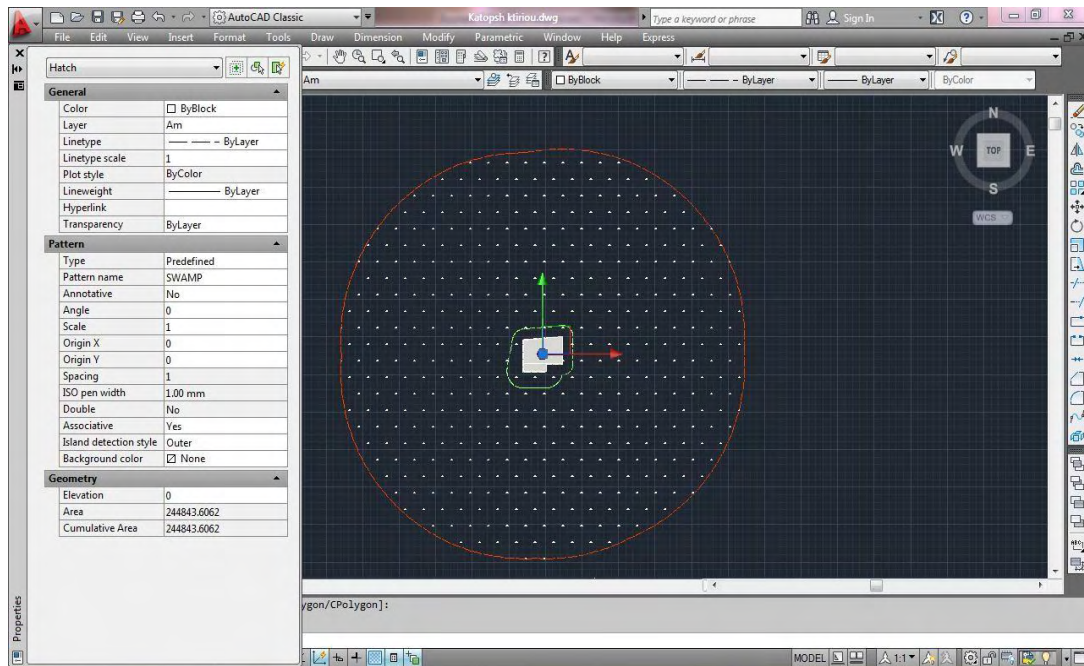
συλλεκτήρια επιφάνεια  $A_{d/b}$  απέχουν απόσταση από το κτήριο  $3H$ , όπου  $H$  το ύψος του κτιρίου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 11:



Εικόνα 11: Ισοδύναμη συλλεκτήρια επιφάνεια για απομονωμένη κατασκευή σε επίπεδο έδαφος

Το κτήριο αποτελείται από το υπόγειο (ύψος 5m), το ισόγειο (ύψος 5m) και τον 1<sup>ο</sup> όροφο των γραφείων (ύψος 2,5m). Άρα στο συνολικό ύψος του κτηρίου λαμβάνουμε υπόψη το ύψος για το ισόγειο και τον 1<sup>ο</sup> όροφο, οπότε το ύψος του κτηρίου είναι  $5+2,5=7,5m$ . Επομένως τα όρια της συλλεκτήριας επιφάνειας είναι  $3H=3*7,5=22,5m$ , όσον αφορά την συλλεκτήρια επιφάνεια γύρω από το συνολικό κτήριο μαζί με τον 1<sup>ο</sup> όροφο, και  $3H=3*5=15m$ , όσον αφορά την συλλεκτήρια επιφάνεια γύρω από το υπόλοιπο κτήριο, δηλαδή μόνο το ισόγειο.

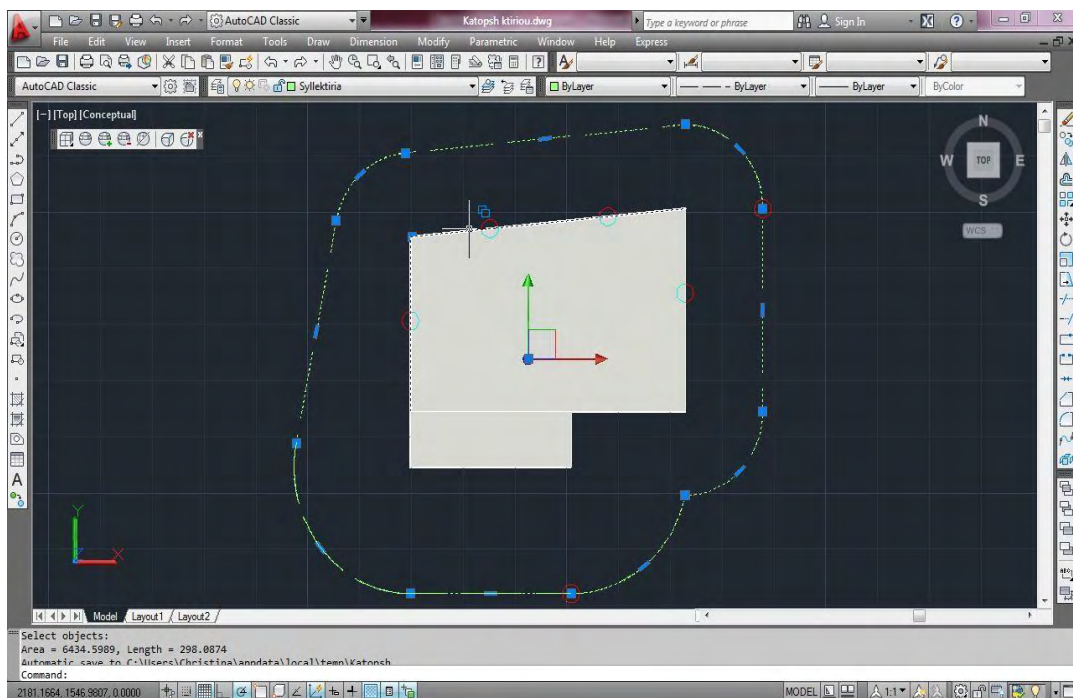
Ο υπολογισμός των επιφανειών έγινε με τη βοήθεια του AutoCAD και τα αποτελέσματα που προέκυψαν φαίνονται στις εικόνες 12 και 13:



Εικόνα 11: Συλλεκτήρια επιφάνεια  $A_{d/b}$  του κτηρίου

Το εμβαδόν της συλλεκτήριας επιφάνειας που υπολογίστηκε είναι:

$$A_{d/b} = 6434,5989 = 6435m^2, \text{ όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα 12.}$$



Εικόνα 12: Επιφάνεια  $A_m$  του κτηρίου

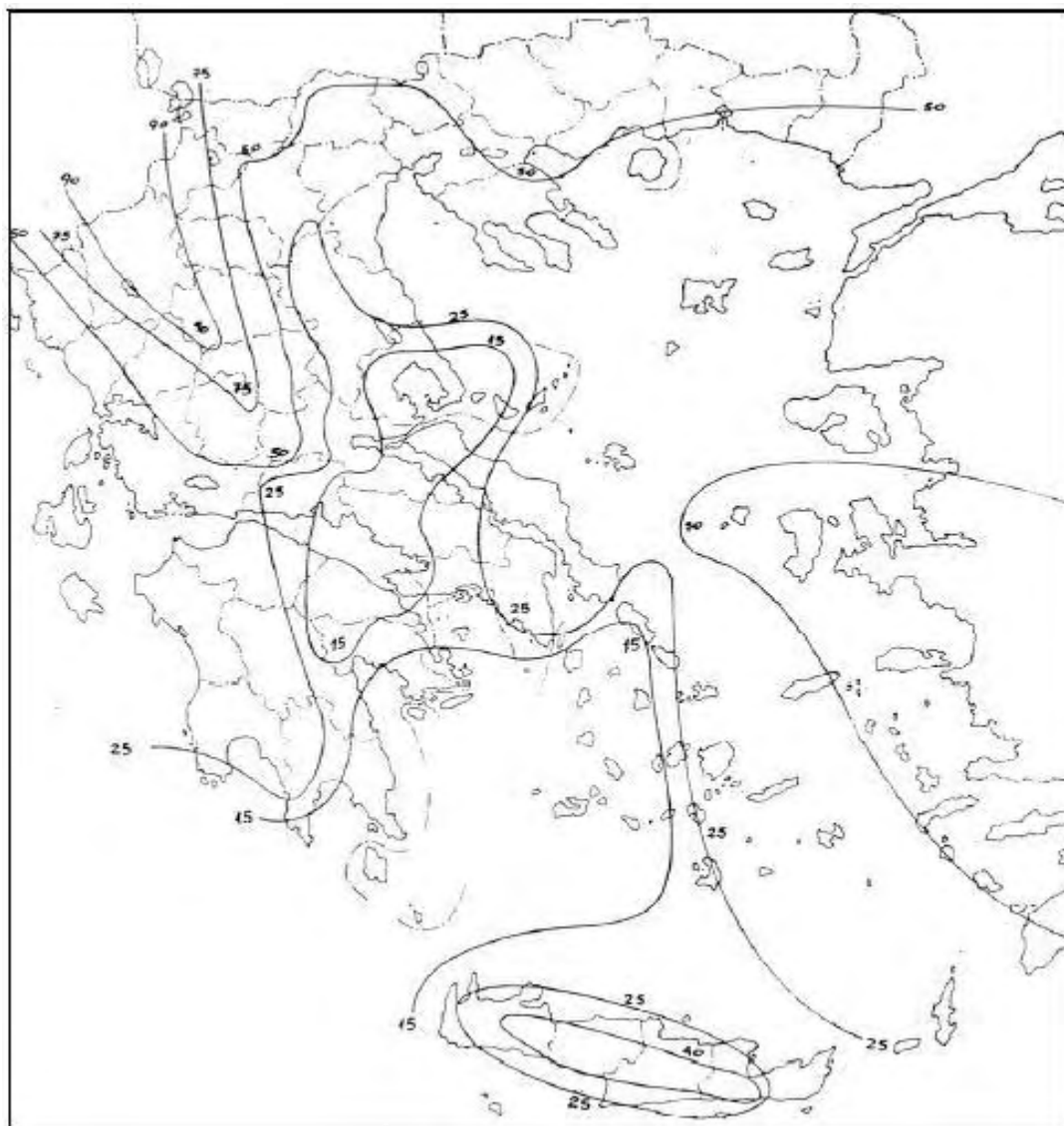
Όπως φαίνεται από τις ιδιότητες της επιφάνειας, το εμβαδόν της επιφάνειας  $A_m$  είναι:

$$A_m = 244843,6062 \approx 244844m^2 .$$

Το κτίριο είναι βιομηχανικής χρήσης (εργοστάσιο κατασκευής έτοιμων φαγητών) που συνδυάζει γραφεία. Κάνουμε την παραδοχή ότι βρίσκεται σε πεδινή περιοχή αραιής δόμησης στην περιοχή του Βόλου, στο νομό Μαγνησίας.

Από τον χάρτη ισοκεραυνικών καμπύλων Ελλάδας, που παρουσιάζεται παρακάτω, συμπεραίνουμε ότι ο αριθμός καταιγίδων ανά έτος στην περιοχή του Βόλου είναι:

$$T_d=15$$



Εικόνα 13 Χάρτης ισοκεραυνικών καμπύλων Ελλάδας, στοιχεία ΔΕΔΔΗΕ

Στη συνέχεια εισάγουμε όλα τα δεδομένα στο πρόγραμμα RAPAL και επιλέγουμε τις κατάλληλες μεθόδους προστασίας έτσι ώστε όλη η εγκατάσταση να είναι προστατευμένη. Παρακάτω φαίνονται όλες οι επιλογές που έχουμε κάνει:


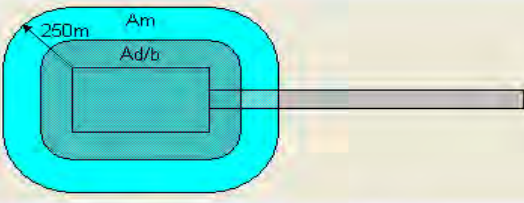


Risk Assessment for Protection Against Lightning

1. Structure's Dimensions | 2. Structure's Attributes | 3. Environmental Influences | 4. Conductive Electric Service Lines | 5. Protection Measures | 6. Types of Loss | 7. Results

**1.1. Basic structure** | 1.2. Adjacent structure

Rectangular with a flat roof  
 Rectangular with a pitched gabled roof  
 Cylindrical  
 Complex with a known collection area

Ad/b is the collection area of the isolated structure.  
 Am is the collection area of flashes striking near the structure.  
 (extends to a line located at a distance of 250m from the perimeter of the structure)

Ad/b (m2):   
 Am (m2):

Does an adjacent structure exist?  
 Yes  
 No

<< Back | High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki | Next >>

Risk Assessment for Protection Against Lightning

1. Structure's Dimensions | **2. Structure's Attributes** | 3. Environmental Influences | 4. Conductive Electric Service Lines | 5. Protection Measures | 6. Types of Loss | 7. Results

Risk of physical damage (incl. fire)  
 Explosive  
 High  
 Ordinary  
 Low  
 None  
 Parameter Kf in Table C.4 / IEC 62305-2:

Structure screening effectiveness  
 Poor  
 Average  
 Good  
 Parameter KS1 in page 109 / IEC 62305-2:

Internal wiring type  
 Unscreened  
 Screened  
 Parameter KS3 in Table B.5 / IEC 62305-2:

<< Back | High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki | Next >>

Risk Assessment for Protection Against Lightning

1. Structure's Dimensions | 2. Structure's Attributes | **3. Environmental Influences** | 4. Conductive Electric Service Lines | 5. Protection Measures | 6. Types of Loss | 7. Results

Basic structure location factor:

- Lower than
- Similar in height
- Isolated structure
- Exposed hilltop

Factor Cd/b in Table A.2 / IEC 62305-2:

Environmental factor:

- Urban and tall buildings
- Urban
- Suburban
- Rural

Factor Ce in Table A.5 / IEC 62305-2: 0

Selection of factor Ng:

- Lightning ground flash density (Ng): 0 flashes/km/year
- Thunderstorm days per year (Td): 15 days/year
- Ng / Td for Greek counties: -----

View isokeraunic map of Greece

<< Back | High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki | Next >>

Risk Assessment for Protection Against Lightning

1. Structure's Dimensions | 2. Structure's Attributes | 3. Environmental Influences | **4. Conductive Electric Service Lines** | 5. Protection Measures | 6. Types of Loss | 7. Results

4.1. Power Line | 4.2. Power Line 2 | 4.3. Telecommunication Line | 4.4. Other Services

Type of service to the structure:

- Overhead cable
- Buried cable
- None

Type of external cable:

- Screened
- Unscreened

Service line parameters:

Length of service section (m): 50

Resistivity of soil ( $\Omega m$ ): 100

Presence of MV/LV transformer:

- No Transformer
- Transformer

Factor Ct in Table A.4 / IEC 62305-2:

Does an additional power line exist?

- Yes
- No

<< Back | High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki | Back to Results | Next >>

Εικόνα 14 Εισαγωγή στοιχείων κτηρίου

Risk Assessment for Protection Against Lightning

1. Structure's Dimensions | 2. Structure's Attributes | 3. Environmental Influences | **4. Conductive Electric Service Lines** | 5. Protection Measures | 6. Types of Loss | 7. Results

4.1. Power Line | 4.2. Power Line 2 | **4.3. Telecommunication Line** | 4.4. Other Services

Type of service to the structure

- Overhead cable
- Buried cable
- None

Type of external cable

- Screened
- Unscreened

Service line parameters

Length of service section (m):

Height of service conductors (m):

Presence of MV/LV transformer

- No Transformer
- Transformer

Factor Ct in Table A.4 / IEC 62305-2:

Type of apparatus

- U<sub>w</sub> = 1.5 kV (Electronic)
- U<sub>w</sub> = 2.5 kV (Electrical user)
- U<sub>w</sub> = 4 kV
- U<sub>w</sub> = 6 kV (Electrical network)

Protection measure

- No protection measures
- Additional shielding wires - One conductor
- Additional shielding wires - Two conductors
- Lightning protective cable duct
- Lightning protective cable
- Additional shielding wires - Steel tube

Resistance of the cable screen

- Unknown
- R<sub>s3</sub> (Ω/km):

Parameter Kp3 in Table D.2 / IEC 62305-2:

<< Back | High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki | Back to Results | Next >>

Risk Assessment for Protection Against Lightning

1. Structure's Dimensions | 2. Structure's Attributes | 3. Environmental Influences | **4. Conductive Electric Service Lines** | 5. Protection Measures | 6. Types of Loss | 7. Results

4.1. Power Line | 4.2. Power Line 2 | 4.3. Telecommunication Line | **4.4. Other Services**

Number of other services:

<< Back | High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki | Back to Results | Next >>

Εικόνα 15 Εισαγωγή ηλεκτρικών στοιχείων εγκατάστασης



Risk Assessment for Protection Against Lightning

1. Structure's Dimensions	2. Structure's Attributes	3. Environmental Influences	4. Conductive Electric Service Lines	<b>5. Protection Measures</b>	6. Types of Loss	7. Results
---------------------------	---------------------------	-----------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	------------------	------------

Measures for touch and step voltages

- No protection measures
- Electrical insulation of exposed down-conductor
- Effective use of equipotentialisation
- Warning notices

Parameter PA in Table B.1 / IEC 62305-2:

Class of LPS

- No LPS
- Class IV
- Class III
- Class II
- Class I

Parameter PB in Table B.2 / IEC 62305-2:

Surge protection (SPD)

- No protection
- Class III-IV
- Class II
- Class I
- Better protection characteristics

Parameter PSPD in Table B.3 / IEC 62305-2:

Fire protection provisions

- No measures
- Manual systems
- Automated systems

Parameter rp in Table C.3 / IEC 62305-2:

Type of surface

- Agricultural, concrete
- Marble, ceramic
- Gravel, moquette, carpets
- Asphalt, linoleum, wood

Parameters ra, ru in Table C.2 / IEC 62305-2:

<< Back High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki Back to Results Next >>

Risk Assessment for Protection Against Lightning

1. Structure's Dimensions	2. Structure's Attributes	3. Environmental Influences	4. Conductive Electric Service Lines	5. Protection Measures	<b>6. Types of Loss</b>	7. Results
---------------------------	---------------------------	-----------------------------	--------------------------------------	------------------------	-------------------------	------------

**6.1. Type 1 - Loss of human life**

Special hazards to life

- No special hazards
- Low panic level
- Average panic level
- High panic level
- Evacuation difficulties
- Environmental hazards
- Contamination risk

Parameter hz1 in Table C.5 / IEC 62305-2:

Type of structure

- Persons inside the building
- Persons outside the building

Parameter Lt1 in Table C.1 / IEC 62305-2:

Life loss due to fire

- Hospitals, hotels, civil buildings
- Industrial, commercial, school
- Public entertainment, churches, museum
- Other structures

Parameter Lf1 in Table C.1 / IEC 62305-2:

Life loss due to overvoltages

- Not relevant
- Hospitals
- Potentially explosive

Parameter Lo1 in Table C.1 / IEC 62305-2:

<< Back High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki Next >>

Εικόνα 16 Επιλογή επιπέδου προστασίας αναφορικά με τους ανθρώπους



Risk Assessment for Protection Against Lightning

1. Structure's Dimensions	2. Structure's Attributes	3. Environmental Influences	4. Conductive Electric Service Lines	5. Protection Measures	<b>6. Types of Loss</b>	7. Results
6.1. Type 1 - Loss of human life	<b>6.2. Type 2 - Loss of essential public services</b>		6.3. Type 3 - Loss of cultural heritage	6.4. Type 4 - Economic loss		
Services lost due to fire: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> No service exist</li> <li><input type="radio"/> Gas, water supply</li> <li><input checked="" type="radio"/> TV, telecommunications, power supply</li> </ul> Parameter Lf2 in Table C.6 / IEC 62305-2:			Services lost due to overvoltages: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> No service exist</li> <li><input type="radio"/> Gas, water supply</li> <li><input checked="" type="radio"/> TV, telecommunications, power supply</li> </ul> Parameter Lo2 in Table C.6 / IEC 62305-2:			
<< Back		High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki		Next >>		

Risk Assessment for Protection Against Lightning

1. Structure's Dimensions	2. Structure's Attributes	3. Environmental Influences	4. Conductive Electric Service Lines	5. Protection Measures	<b>6. Types of Loss</b>	7. Results
6.1. Type 1 - Loss of human life	6.2. Type 2 - Loss of essential public services	<b>6.3. Type 3 - Loss of cultural heritage</b>		6.4. Type 4 - Economic loss		
Cultural heritage lost due to fire: <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> No heritage value</li> <li><input type="radio"/> Irreplaceable value</li> </ul> Parameter Lf3 in page 123 / IEC 62305-2:						
<< Back		High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki		Next >>		

Εικόνα 17 Επιλογή επιπέδου προστασίας αναφορικά με την περιουσία

**Risk Assessment for Protection Against Lightning**

1. Structure's Dimensions | 2. Structure's Attributes | 3. Environmental Influences | 4. Conductive Electric Service Lines | 5. Protection Measures | **6. Types of Loss** | 7. Results

6.1. Type 1 - Loss of human life | 6.2. Type 2 - Loss of essential public services | 6.3. Type 3 - Loss of cultural heritage | **6.4. Type 4 - Economic loss**

**Special hazards to economics**

- No special hazards
- Environmental hazards
- Contamination risk

Parameter hz4 in Table C.5 / IEC 62305-2:

**Economic loss due to fire**

- Not relevant
- Hospital, industrial, museum, agricultural
- Hotel, school, office, church, public entertainment, economic building
- Other structures

Parameter Lf4 in Table C.7 / IEC 62305-2:

**Economic loss due to overvoltage**

- Not relevant
- Explosive risk
- Hospital, industrial, office, hotel, economic building
- Museum, agriculture, school, church, public entertainment
- Other structures

Parameter Lo4 in Table C.7 / IEC 62305-2:

**Step / touch potential loss factor**

- No shock risk
- Livestock inside
- Livestock outside

Parameter Lt4 in Table C.7 / IEC 62305-2:

**Tolerable risk of economic loss**

- 1 in 10
- 1 in 100
- 1 in 1000
- 1 in 10000
- 1 in 100000
- 5 in 10
- 5 in 100
- 5 in 1000
- 5 in 10000
- 5 in 100000

Parameter Rt4:

<< Back | High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki | Next >>

**Risk Assessment for Protection Against Lightning**

1. Structure's Dimensions | 2. Structure's Attributes | 3. Environmental Influences | 4. Conductive Electric Service Lines | 5. Protection Measures | 6. Types of Loss | **7. Results**

**7.1. Calculated parameters** | 7.2. Calculated risks for structure | 7.3. Calculated risks for services:

**Collection Areas**

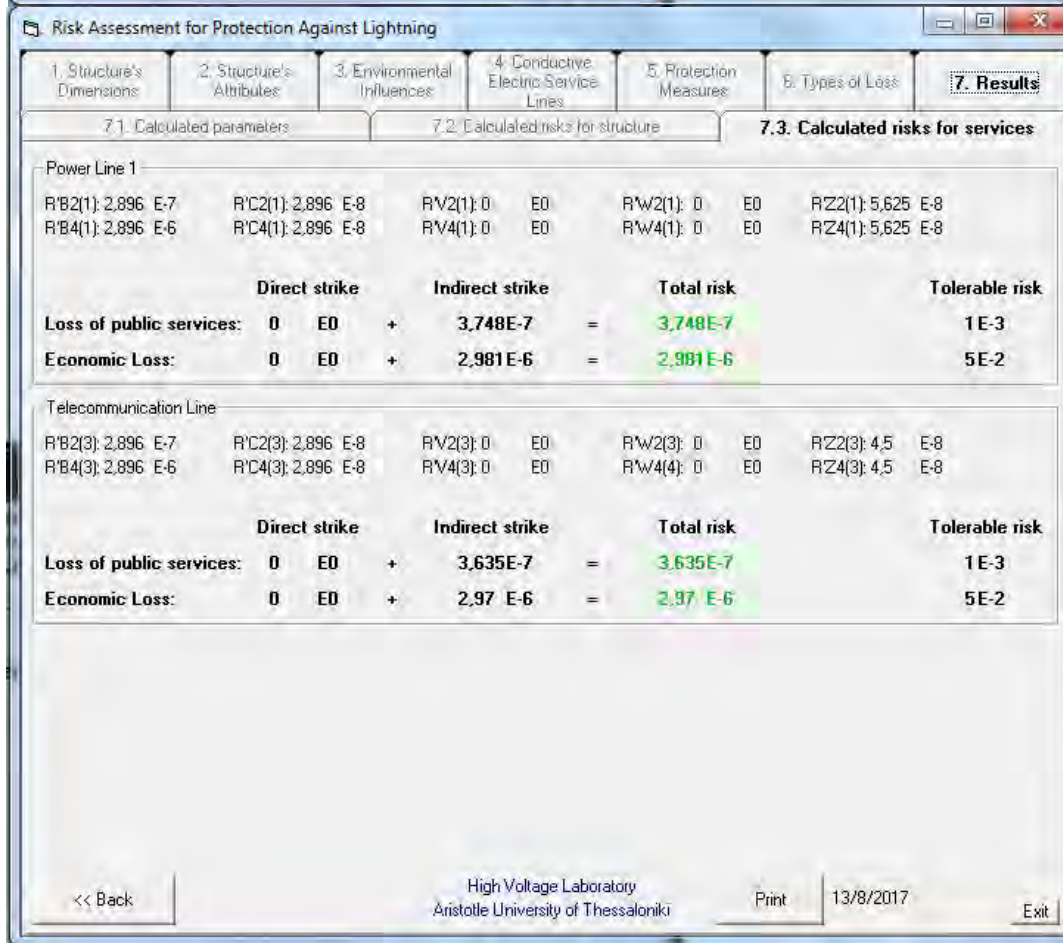
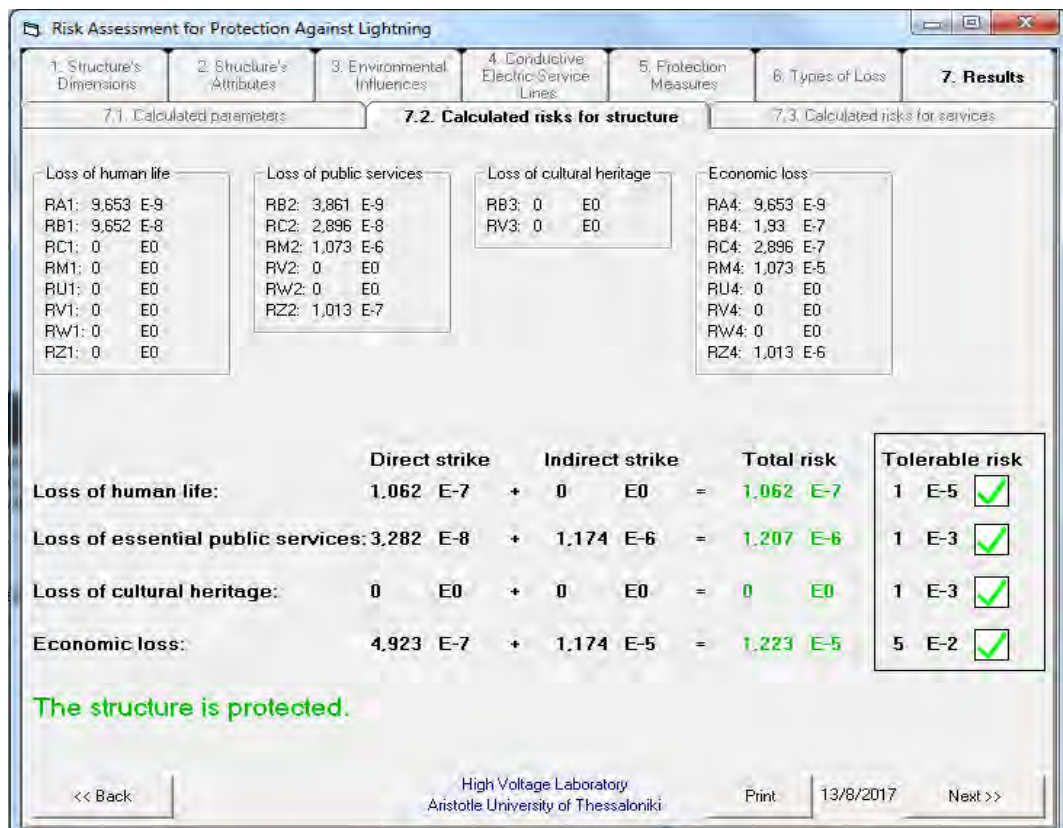
Ad/b [m2]:	6435
Ad/a [m2]:	0
Am [m2]:	244844
Al (pl1) [m2]:	0
Ai (pl1) [m2]:	12500
Al (pl2) [m2]:	0
Ai (pl2) [m2]:	0
Al (tlc) [m2]:	0
Ai (tlc) [m2]:	50000

**Average annual number of dangerous events**

ND (flashes/year):	0,0096525
NDa (flashes/year):	0
NM (flashes/year):	0,3576135
NL (pl1) (flashes/year):	0
NI (pl1) (flashes/year):	0,01875
NL (pl2) (flashes/year):	0
NI (pl2) (flashes/year):	0
NL (tlc) (flashes/year):	0
NI (tlc) (flashes/year):	0,015

<< Back | High Voltage Laboratory Aristotle University of Thessaloniki | Next >>

Εικόνα 18 Επιλογή επιπέδου προστασίας αναφορικά με την περιουσία – οικονομική θεώρηση



Εικόνα 19 Υπολογισμός κινδύνου και τυχόν απωλειών

Το αποτέλεσμα στο οποίο καταλήγουμε, μετά την εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων στο RAPAL, είναι ότι πρέπει να εγκατασταθεί Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ) στάθμης προστασίας Ι με επιπλέον μέσα προστασίας.

Από την θεωρία Υψηλών Τάσεων, ένα ΣΑΠ αποτελείται από δυο βασικά μέρη :

- την εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας ή
- την εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας
- ή από συνδυασμό και των δύο

#### **4.1.2. Εξωτερική εγκατάσταση προστασίας**

Στο 5 κεφάλαιο των Πανεπιστημιακών σημειώσεων του καθηγητή Μικρόπουλου Παντελή αναφέρεται ότι :Η εξωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας (ΕΑΠ) έχει ως σκοπό να συλλαμβάνει τον κεραυνό πριν πλήξει την υπό προστασία κατασκευή και να διοχετεύει ασφαλώς το ρεύμα του κεραυνού στη γη, περιορίζοντας στο ελάχιστο τις θερμικές και μηχανικές επιδράσεις του και τις επικίνδυνες υπερτάσεις για τους ανθρώπους και το υλικό. Η εξωτερική ΕΑΠ αποτελείται από τρία μέρη:

- το συλλεκτήριο σύστημα, που δέχεται τους κεραυνούς.
- το σύστημα αγωγών καθόδου, το οποίο εξασφαλίζει την όδευση του ρεύματος του κεραυνού από το συλλεκτήριο σύστημα προς τη γη.
- το σύστημα γείωσης, που άγει και διαχέει το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος.

Ανάλογα με τον τρόπο που έχει εγκατασταθεί το συλλεκτήριο σύστημα και το σύστημα των αγωγών καθόδου σε σχέση με την κατασκευή που χρήζει προστασίας, η ΕΑΠ διακρίνεται σε δύο κατηγορίες:

- μονωμένη εξωτερική ΕΑΠ, όπου το συλλεκτήριο σύστημα και το σύστημα αγωγών καθόδου είναι τοποθετημένα έτσι ώστε η οδός ροής του ρεύματος του κεραυνού να μην έρχεται σε επαφή με την κατασκευή.
- μη μονωμένη εξωτερική ΕΑΠ, όπου το συλλεκτήριο σύστημα και το σύστημα αγωγών καθόδου είναι τοποθετημένα έτσι ώστε η οδός ροής του ρεύματος του κεραυνού να μπορεί να έρχεται σε επαφή με την κατασκευή.



Στην παρούσα εγκατάσταση η ΕΑΠ θα είναι μη μονωμένη, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν εύφλεκτα υλικά και χώροι με κίνδυνο έκρηξης ή πυρκαγιάς.

#### 4.1.3. Συλλεκτήριο σύστημα

Η σχεδίαση του συλλεκτήριου συστήματος, το οποίο προορίζεται για να δέχεται τους κεραυνούς, εξαρτάται από τη γεωμετρία της κατασκευής που θα προστατευτεί, την απαιτούμενη στάθμη προστασίας και τη μέθοδο που λήφθηκε υπόψη για τον καθορισμό της ζώνης προστασίας. Το συλλεκτήριο σύστημα μπορεί να αποτελείται από οποιοδήποτε συνδυασμό στοιχείων, όπως ράβδοι, πλέγματα αγωγών ή τεταμένα σύρματα.

Στα δύο τμήματα της οροφής θα τοποθετηθεί **πλέγμα αγωγών** κατάλληλων διαστάσεων, ώστε να αποφευχθεί η οπτική ρύπανση που προκαλούν οι ακίδες λόγω του ύψους τους και τα τεταμένα σύρματα.

Σύμφωνα με την στάθμη προστασίας I, που επιλέχθηκε, το πλέγμα που θα χρησιμοποιηθεί στην επιφάνεια του κτιρίου θα έχει διαστάσεις που δίνονται από τον παρακάτω πίνακα:

Στάθμη Προστασίας	h (m) R (m)	20	30	45	60	Διάσταση Πλέγματος
		$\alpha^{(o)}$	$\alpha^{(o)}$	$\alpha^{(o)}$	$\alpha^{(o)}$	
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20

Γωνία προστασίας  $\alpha^{(o)}$ , ακτίνα κυλιόμενης σφαίρας R(m) και διαστάσεις πλέγματος αγωγών ανάλογα με τη στάθμη προστασίας

\*Σε αυτές τις περιπτώσεις εφαρμόζονται οι μέθοδοι κυλιόμενης σφαίρας και πλέγματος αγωγών

Πίνακας 14: Πλέγμα αγωγών ανά κατηγορία προστασίας (1)

Επομένως **το πλέγμα θα έχει διαστάσεις 5x5m**. Δεν προβλέπεται η τοποθέτηση κανενός αντικειμένου στο τμήμα της οροφής, οπότε δεν απαιτείται κάποιο πρόσθετο συλλεκτήριο σύστημα πέραν του πλέγματος.

Για να διαπιστωθεί η αποτελεσματική προστασία του κτηρίου εφαρμόζεται η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, ο σχεδιασμός του συλλεκτήριου συστήματος είναι κατάλληλος εάν κανένα σημείο της κατασκευής που χρήζει προστασίας δεν έρχεται σε επαφή με μια σφαίρα ακτίνας  $R$ , εξαρτώμενης από τη στάθμη προστασίας, που κυλιέται στο έδαφος, γύρω και στην κορυφή της κατασκευής προς όλες τις διευθύνσεις. Κατά την κύλισή της, η σφαίρα πρέπει να εφάπτεται μόνο στο έδαφος, ή μόνο στο συλλεκτήριο σύστημα ή και στα δύο και τα σημεία που αυτή δεν αγγίζει είναι προστατευμένα. Επομένως, συλλεκτήριοι αγωγοί πρέπει να εγκαθίστανται σε όλα τα σημεία επαφής της κυλιόμενης σφαίρας με την κατασκευή που χρήζει προστασίας. §5.1.1.2 Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Συστήματα αντικεραυνικής Προστασίας Παντελής Μικρόπουλος 2006

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, για στάθμη προστασίας III, **η ακτίνα της κυλιόμενης σφαίρας είναι  $R=20m$ .**

#### 4.1.3.1 Πλέγμα αγωγών

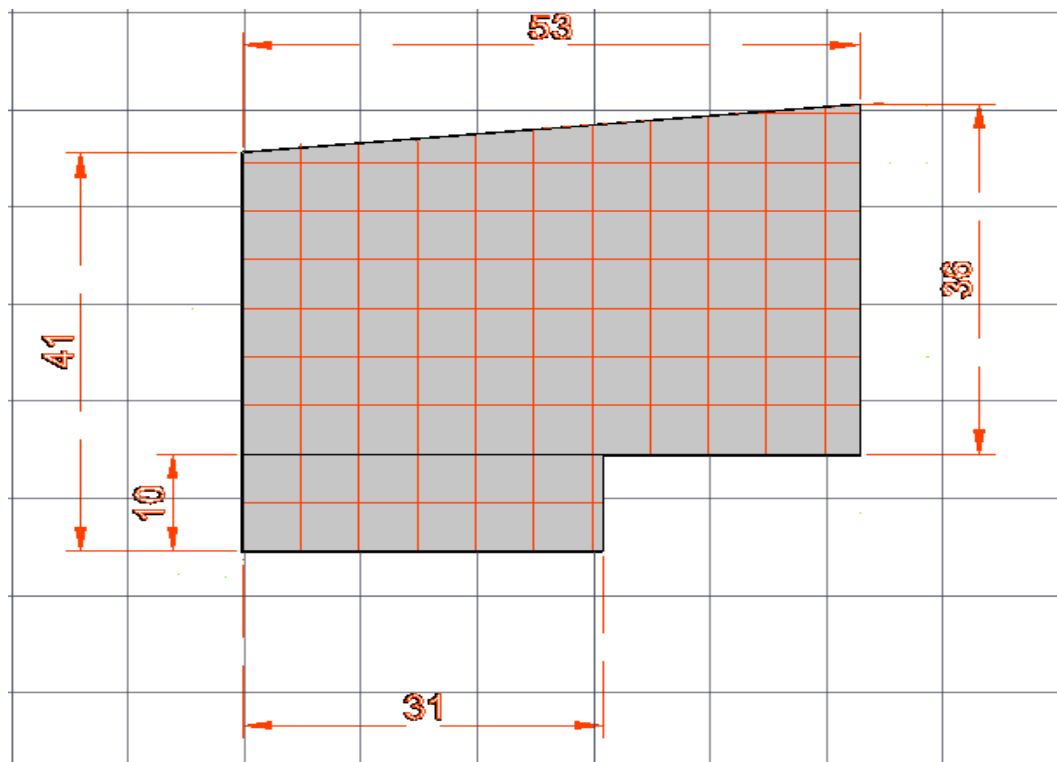
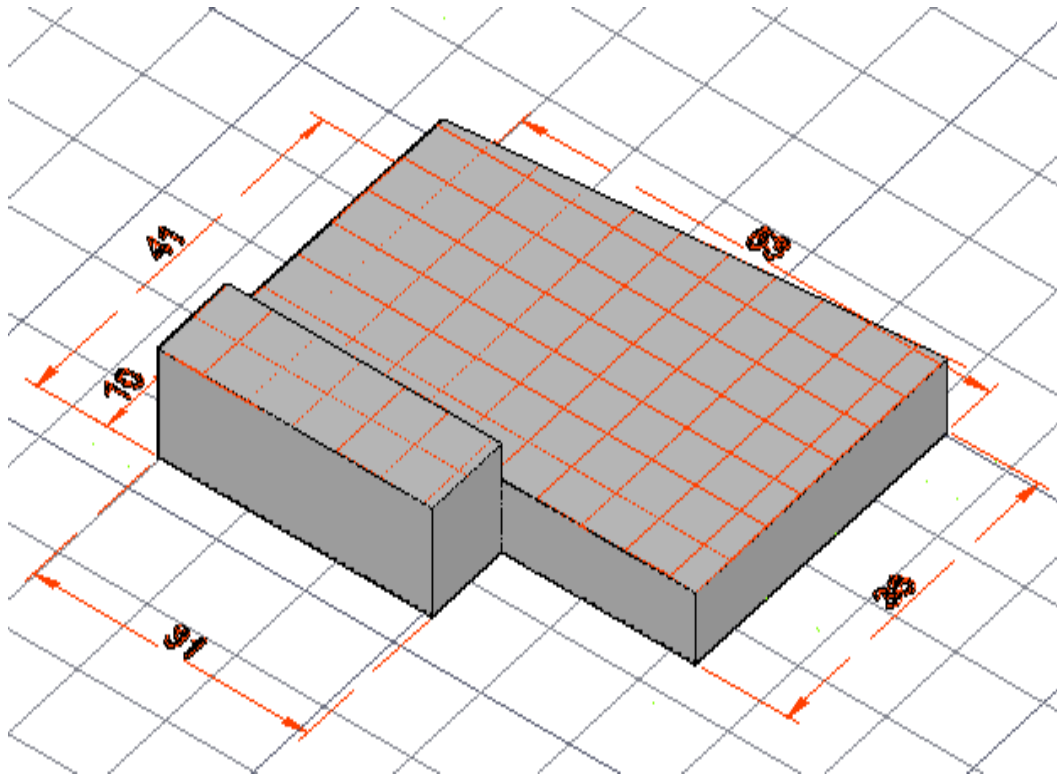
Για να υπάρχει αποτελεσματική προστασία οι αγωγοί του συλλεκτήριου συστήματος τοποθετούνται στις ακμές της οροφής και σε κατάλληλα διαστήματα στην επιφάνεια της οροφής. Οι αγωγοί του συλλεκτήριου συστήματος ακολουθούν όσο το δυνατόν σύντομες και ευθείες οδεύσεις. Δεν πρέπει να προεξέχει καμία μεταλλική εγκατάσταση από τον προστατευμένο χώρο. Το δίκτυο του συλλεκτήριου συστήματος πρέπει να διαμορφώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε το ρεύμα του κεραυνού να συναντά τουλάχιστον δύο χωριστές μεταλλικές οδεύσεις προς το σύστημα γείωσης.

#### 4.1.3.2 Εφαρμογή της μεθόδου κυλιόμενης σφαίρας στην εγκατάσταση

Ο σχεδιασμός του συλλεκτήριου συστήματος μπορεί να θεωρηθεί κατάλληλος αν κανένα σημείο της εγκατάστασης δεν έρχεται σε επαφή με τη σφαίρα καθώς αυτή κυλιέται στο έδαφος, γύρω και στην κορυφή της κατασκευής προς όλες τις κατευθύνσεις. Το κτίριο έχει ύψος 7,5m και επομένως καλύπτεται από την ακτίνα  $R=20m$  της κυλιόμενης σφαίρας για στάθμη I. Συνεπώς, δεν χρειάζεται να τοποθετήσουμε συλλεκτήρια στοιχεία στους τοίχους κάτω από την οροφή.

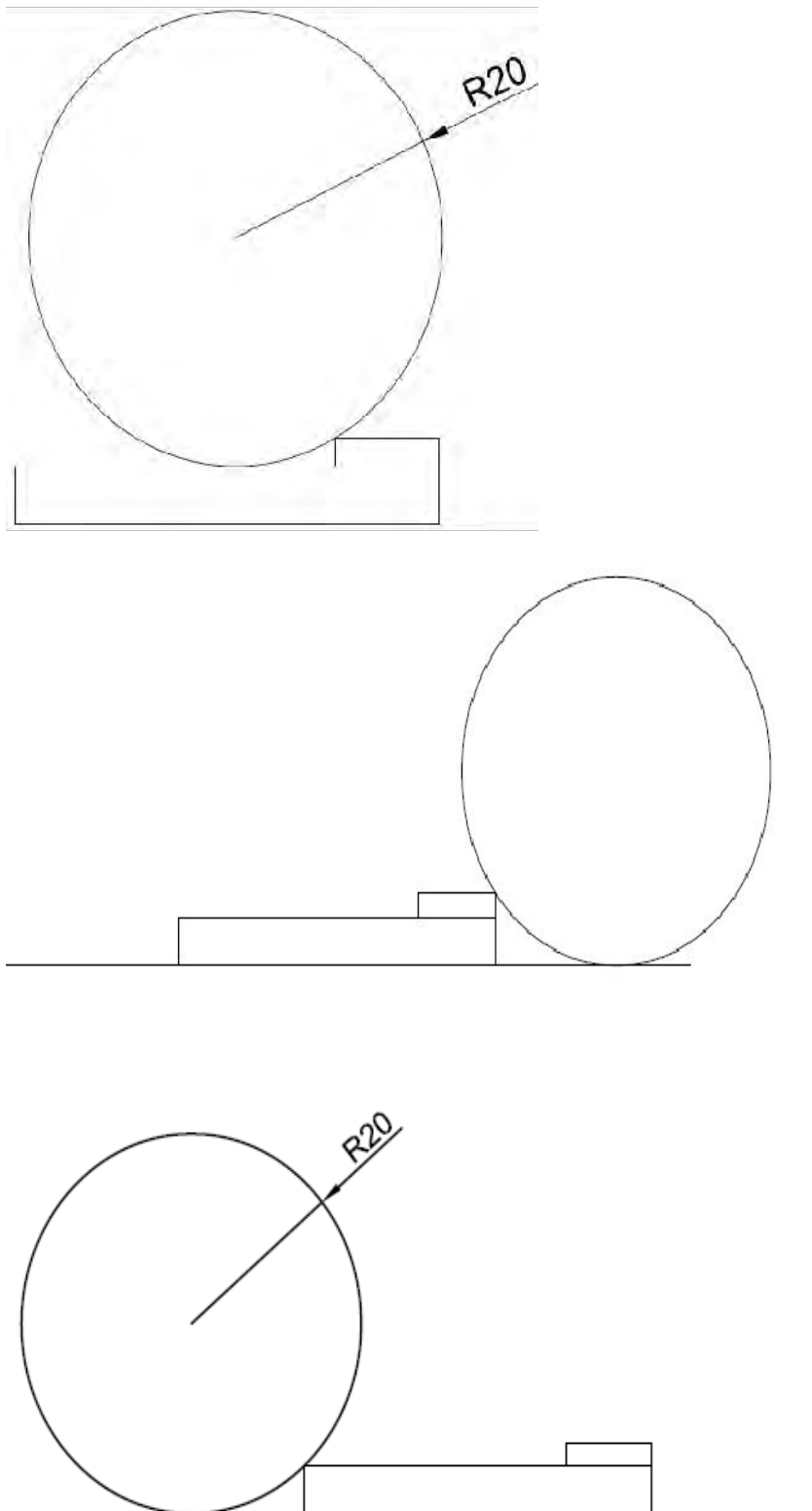
#### 4.1.3.3 Μορφή συλλεκτήριου συστήματος

Το συλλεκτήριο σύστημα στην οροφή φαίνεται στην εικόνα 23. Τα σχέδια έχουν γίνει στο AutoCAD 3D.



Εικόνα 20 Όψεις συλλεκτήριου συστήματος οροφής

Με την μέθοδο της κυλιόμενης σφαίρας διαπιστώνουμε ότι η οροφή προστατεύεται πλήρως και δεν χρειάζεται επιπλέον μέτρα προστασίας:



*Εικόνα 21 Μέθοδος κυλιόμενης σφαίρας επί της οροφής του κτηρίου*



Το συνολικό μήκος του πλέγματος αγωγών θα είναι:

$$l_{\text{πλέγματος, μικρή_οροφή}} = 173\text{m}$$

$$l_{\text{πλέγματος, μεγάλη_οροφή}} = 838\text{m}$$

$$l_{\text{πλέγματος, συνολ}} = 173 + 838 = 1011\text{m}$$

Επιλογή υλικών:

Συλλεκτήριοι αγωγοί: Θα χρησιμοποιηθεί χαλύβδινος θερμά επιψευδαργυρωμένος αγωγός  $\Phi 10\text{mm St/tZn}$  (6400010), συνολικού μήκους 1011m.



Σφιγκτήρες οπλισμού: Οι αγωγοί συνδέονται με τον φέροντα οπλισμό της κατασκευής με σφιγκτήρες. Επιλέγονται χαλύβδινοι θερμά επιψευδαργυρωμένοι σφιγκτήρες οπλισμού  $\text{St/tZn}\Phi 24$ , οι οποίοι είναι κατάλληλοι για ηλεκτρική σύνδεση αγωγών  $\Phi 10\text{mm}$  με οπλισμό εντός σκυροδέματος (6201000).



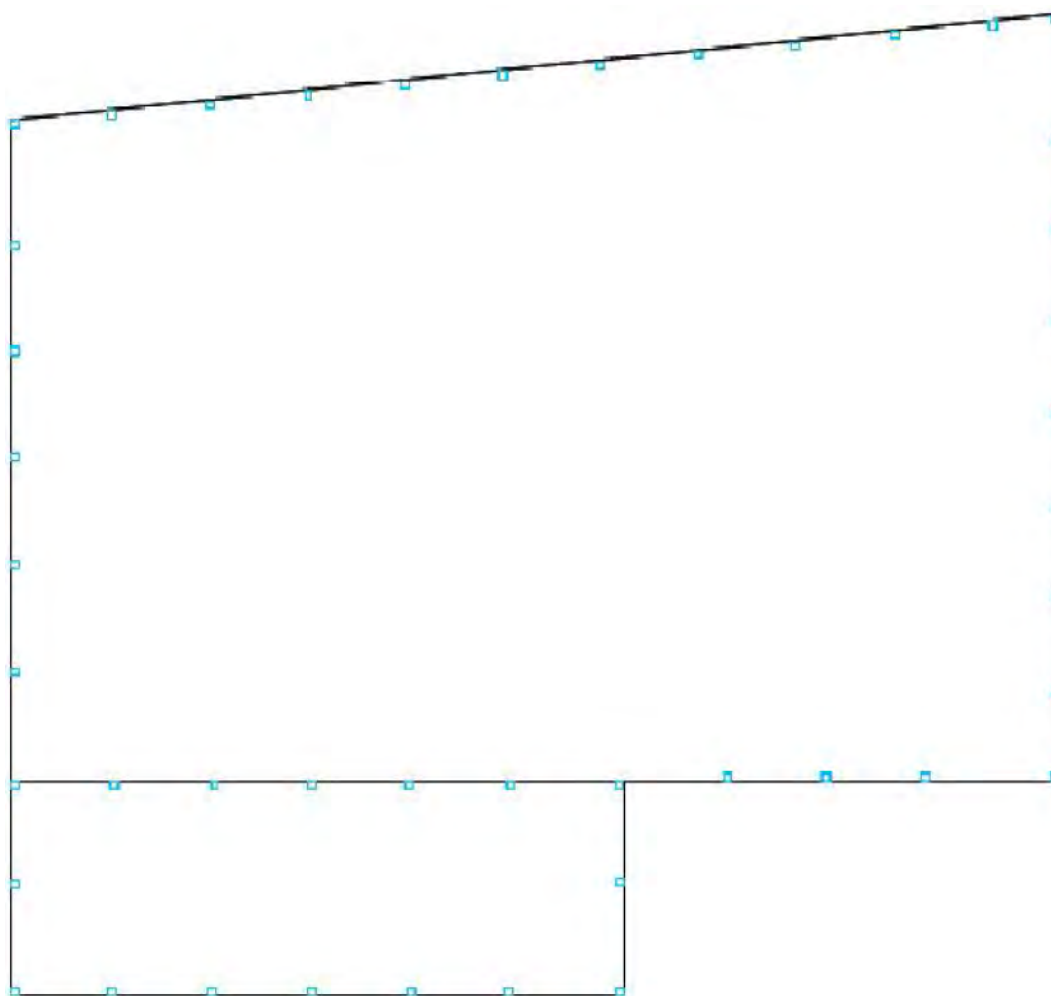
#### 4.1.4. Σύστημα αγωγών καθόδου κτιρίου

Οι αγωγοί καθόδου αποτελούν την απευθείας συνέχεια των στοιχείων του συλλεκτήριου συστήματος. Ο τρόπος εγκατάστασης τους πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης δευτερογενών υπερπηδήσεων καθώς και ηλεκτρομαγνητικών επιδράσεων. Επομένως, πρέπει να υπάρχουν από το σημείο πλήγματος μέχρι τη γη αρκετές παράλληλες οδοί ροής του ρεύματος, να

εξασφαλίζεται η συντομότερη και κατά το δυνατόν ευθεία και κατακόρυφη όδευση και να γίνονται ισοδυναμικές συνδέσεις όπου είναι απαραίτητο. Οι αγωγοί καθόδου πρέπει να κατανέμονται, κατά το δυνατόν, περιμετρικά της κατασκευής σε συμμετρική διάταξη.

Η εξωτερική ΕΑΠ είναι μη μονωμένη, όπως προαναφέρθηκε. Θεωρούμε ότι το κτίριο αποτελείται από οπλισμένο σκυρόδεμα με απόσταση μεταξύ των κολώνων 5-6m. Ο εσωτερικά συνδεδεμένος χαλύβδινος οπλισμός θα χρησιμοποιηθεί ως φυσικοί αγωγοί καθόδου, με την εξασφάλιση της ηλεκτρικής του συνέχειας. Οι κολώνες έχουν απόσταση μικρότερη από τα 10m που ορίζει η στάθμη προστασίας I, συνεπώς δεν θα τοποθετηθούν επιπλέον αγωγοί καθόδου. Το κτίριο έχει συνολικό ύψος 7,5m, το οποίο είναι μικρότερο από τα 10m που ορίζει η στάθμη I, επομένως δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν οριζόντιοι περιμετρικοί δακτύλιοι.

Παρακάτω παρουσιάζεται η κάτοψη του κτιρίου με τις κολώνες:



Εικόνα 22 Κτήριο με κολώνες άνω όψη

## 4.2. Γείωση

Υπάρχουν τριών ειδών γειώσεις, ανάλογα με την χρήση τους. Στην δεδομένη εγκατάσταση θα συνυπάρχουν τα τρία είδη γειώσεων.

**Γείωση λειτουργίας:** γείωση ενός σημείου ενός ενεργού κυκλώματος, π.χ. η γείωση του ουδετέρου ενός Μ/Σ και η γείωση του ουδετέρου αγωγού του συστήματος.

**Γείωση προστασίας:** γείωση μεταλλικών μερών στοιχείων μη ενεργού κυκλώματος, π.χ. γείωση των μεταλλικών μερών του υποσταθμού (ΥΣ) ΜΤ.

**Γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας;** το επιλεγμένο ΣΑΠ θα συνδεθεί με το σύστημα γείωσης προστασίας του κτιρίου

### 4.2.1. Σύστημα γείωσης κτιρίου

Σκοπός του συστήματος γείωσης είναι να διαχέεται το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος, μέσω των ηλεκτροδίων γείωσης, χωρίς να αναπτύσσονται υψηλού επιπέδου τάσεις, να συνδέει ισοδυναμικά τους αγωγούς καθόδου, να περιορίζει την ανύψωση του δυναμικού του εδάφους στην περιοχή του, καθώς και να αναχαιτίζει τον κεραυνό στην περίπτωση επιφανειακής διάσπασης του εδάφους.

Η βέλτιστη λύση για την προστασία του κτιρίου είναι μια ενιαία γείωση ενσωματωμένη στο κτίριο, η οποία προσφέρει πλήρη προστασία σε όλες τις εγκαταστάσεις της κατασκευής. Εφαρμόζεται στο κτίριο θεμελιακή γείωση (διάταξη ηλεκτροδίου γείωσης τύπου Β), όπως προτείνεται για όλα τα κτίρια. Έτσι εξασφαλίζεται ικανοποιητική προστασία έναντι της διάβρωσης, προστασία έναντι μηχανικών καταπονήσεων, μικρή αντίσταση γείωσης, καθώς ο γειωτής είναι σε υγρό έδαφος όπου η αγωγιμότητα είναι μεγάλη, δημιουργία ισοδυναμικής επιφάνειας, μείωση βηματικών τάσεων και τάσεων επαφής. Η γείωση συνδέεται με τον οπλισμό του σκυροδέματος του κτιρίου σε πολλά σημεία.

Η διάταξη αποτελείται από:

- Ένα περιμετρικό ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης, **επιλέγεται ταινία**, που είναι εγκλωβισμένη στο σκυρόδεμα των θεμελίων.
- Τις λήψεις της θεμελιακής γείωσης.
- Τον αγωγό γείωσης.

Η ταινία τοποθετείται μέσα στο σκυρόδεμα, στη βάση των περιμετρικών θεμελίων της κατασκευής καθώς και των εσωτερικών της, όταν πρόκειται για κατασκευή μεγάλων διαστάσεων. Το ελάχιστο μήκος της είναι 5m. Δημιουργείται ένας γειωμένος κλειστός βρόχος ή γειωμένο πλέγμα αγωγών ανάλογα με τις διαστάσεις της κατασκευής, με άνοιγμα του βρόχου μικρότερο ή ίσο των 10m.

Στην δεδομένη κατασκευή θα δημιουργηθεί ένας κλειστός βρόχος στον οποίο θα γίνουν και εγκάρσιες συνδέσεις, αφού το κτίριο έχει μεγάλο μέγεθος. Κανένα μέρος του κτιρίου δεν πρέπει να απέχει περισσότερο από 10m από τον γειωτή. Η μεγαλύτερη πλευρά της διατομής της ταινίας τοποθετείται κατακόρυφα, όπως φαίνεται στην εικόνα 27, διότι έτσι είναι ευκολότερη η τοποθέτησή της, καθώς λυγίζει καλύτερα στις γωνίες του κτιρίου.

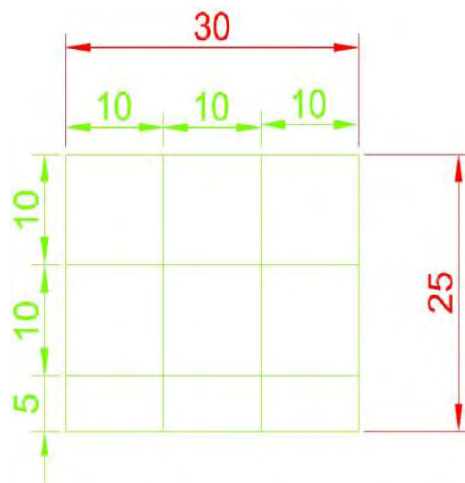
Για τη σύνδεση της ηλεκτρικής εγκατάστασης με τη θεμελιακή γείωση κατασκευάζονται λήψεις όσο το δυνατόν πλησιέστερα στις θέσεις εγκατάστασης πινάκων διανομής.

#### **Τοποθετούνται 8 λήψεις στη θεμελιακή γείωση.**

Η θεμελιακή γείωση και το γειωμένο πλέγμα αγωγών εγκαθίστανται στο υπόγειο, καθώς και στο μέρος του ισόγειου που δεν καλύπτει το υπόγειο, καθώς το υπόγειο έχει μικρότερο μέγεθος από το ισόγειο

Η γείωση φαίνεται στις παρακάτω κατόψεις:

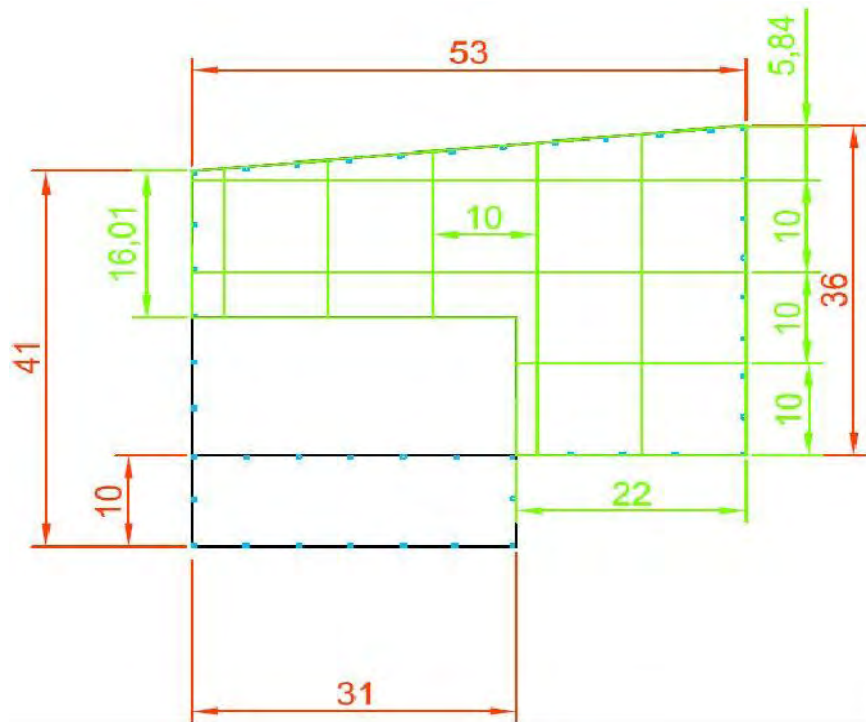
Κάτοψη  
υπογείου



220m ταινίας

Εικόνα 23 Υπόγειο

Κάτοψη  
ισογείου



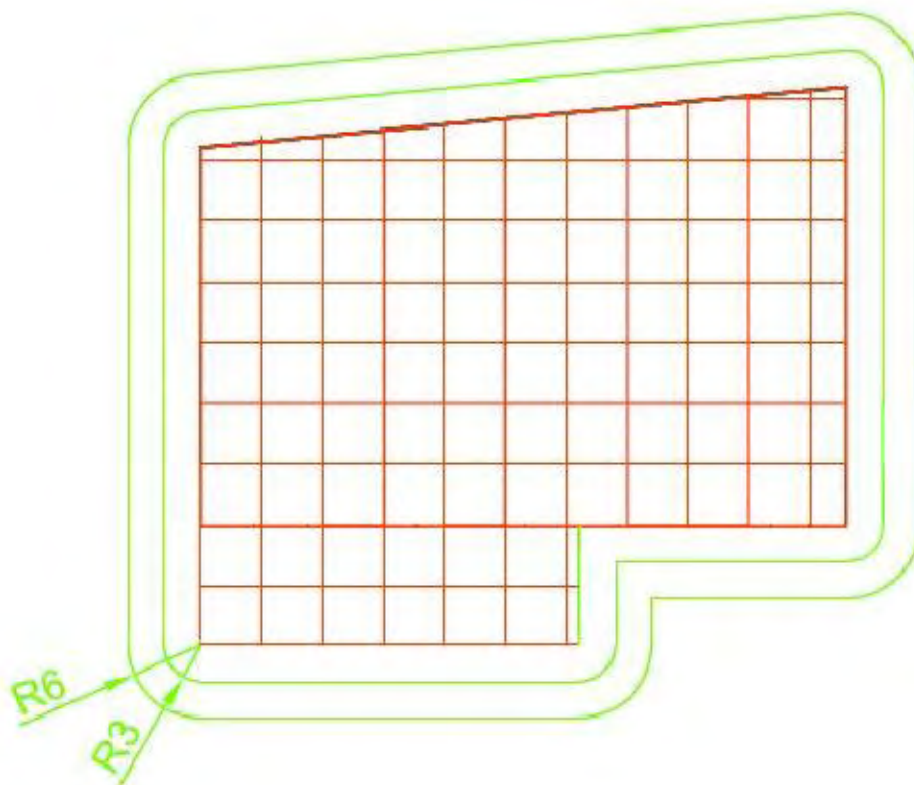
Εικόνα 24 Ισόγειο

423,4m ταινίας

Η θεμελιακή γείωση στο ισόγειο βρίσκεται περιμετρικά του κτιρίου, όπως συμβολίζεται με πράσινες γραμμές, και συνεχίζει στα θεμέλια του υπογείου. Στο ισόγειο, το εσωτερικό γειωμένο πλέγμα αγωγών βρίσκεται στο χώρο όπως φαίνεται παραπάνω, δηλαδή στο χώρο που δεν καλύπτεται από το γειωμένο πλέγμα του υπογείου. Στο υπόγειο, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 24, το γειωμένο πλέγμα αγωγών βρίσκεται παντού.

Για επιπλέον προστασία λόγω της συγκεκριμένης χρήσης του κτιρίου (βιομηχανικής) προτείνεται ο εξωτερικός ενταφιασμός επιπλέον περιμετρικών δακτυλίων ώστε να περιοριστούν οι τιμές της βηματικής τάσης και τάσης επαφής ώστε να μην υπάρχει απώλεια ζωής. Οι περιμετρικοί δακτύλιοι θα ισαπέχουν 3m σε βάθος αυξανόμενο κατά 0,5m από τον προηγούμενο. Οι επιπρόσθετοι δακτύλιοι πρέπει να συνδέονται μέσω αγωγών ακτινικά με τον πρώτο δακτύλιο και δεν πρέπει να ξεπερνούν σε αριθμό τους 6. Θα βάλουμε επιπλέον 2 δακτυλίους

Οι περιμετρικοί δακτύλιοι φαίνονται στην παρακάτω κάτοψη:



Εικόνα 25 Πλέγμα γείωσης – δακτύλιοι

Επιλογή υλικών:

Ταινία:



Επιλέγεται ταινία χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη 40x4 mm St/tZn  
500gr/m<sup>2</sup> συνολικού μήκους 644m.

Σφιγκτήρες ταινίας – σπλισμού:



Επιλέγονται σφιγκτήρες σπλισμού Φ24/ ταινίας 40x4 St/tZn

.

Στηρίγματα ταινίας:



Επιλέγονται χαλύβδινα θερμά επιψευδαργυρωμένα St/tZn στηρίγματα.

### Φωτογραφία τοποθέτησης θεμελιακής γείωσης:



Εικόνα 26 Τοποθέτηση θεμελιακής γείωσης

#### 4.2.2. Αντίσταση γείωσης

Η αντίσταση γείωσης είναι η αντίσταση από το ηλεκτρόδιο γείωσης μέχρι την άπειρη γη, όταν δεν υπάρχουν άλλα ηλεκτρόδια στο έδαφος. Άπειρη γη είναι ένα σημείο στην επιφάνεια σε άπειρη απόσταση από το γειωτή.

Η αντίσταση γείωσης  $R_A$  για την γείωση που χρησιμοποιήθηκε υπολογίζεται από τον τύπο:

$$R_A = \frac{\rho}{\pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot l}{d}\right)$$
$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

όπου:

- $L$  : το συνολικό μήκος της ταινίας που χρησιμοποιήθηκε.
- $\rho$ : η ειδική αντίσταση του εδάφους που γίνεται η εγκατάσταση.  $d$ : το ισοδύναμο πάχος του αγωγού.
- $A$ : η διατομή του ηλεκτροδίου γείωσης σε  $\text{mm}^2$



Έχει επιλεγεί ταινία 40x4mm και η αντίσταση του εδάφους είναι  $\rho=100\Omega$ , αφού είναι πεδινή περιοχή, οπότε προκύπτει:

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 40 \cdot 4}{\pi}} = 14,27 \text{ mm}$$

$$R_A = \frac{\rho}{\pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot l}{d}\right) = \frac{100}{\pi \cdot 644} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 644}{0,014}\right) = 0,56 \Omega < 0,7 \Omega$$

Για να έχουμε κοινή γείωση MT και XT πρέπει ο παράλληλος συνδυασμός  $R_{XT}$  //  $R_{MT} < 0,7$  ( (1): σελ. 706), το οποίο ισχύει στην περίπτωση μας. Άρα έχουμε **κοινή γείωση MT και XT**.

Επίσης όπως αναφέρεται στη σελ. 93 της (1) γίνεται κοινή γείωση, αν υπάρχουν, ισοδυναμικών συνδέσεων, ώστε έτσι ο ουδέτερος να έχει σαν δυναμικό αυτό του εδάφους. Αυτό εφαρμόζεται σε υποσταθμούς όπου εκτός των εγκαταστάσεων της MT υπάρχει και κατανάλωση XT μέσα στην ίδια περιοχή με σύστημα TNS, όπως στην δεδομένη εγκατάσταση. Εκεί επιβάλλεται κοινή γείωση και ισοδυναμική σύνδεση με σύνδεση στο πλέγμα του δαπέδου.

Στις παροχές τύπου B με κοινή γείωση MT και XT ( (1)σελ. 708) οι εγκαταστάσεις της ΔΕΔΔΗΕ και των καταναλωτών γειώνονται με θεμελιακή γείωση. **Θα κατασκευαστεί στο χώρο της ΔΕΔΔΗΕ και του καταναλωτή ισοδυναμικό πλέγμα.**

#### **Συνδέσεις διαφόρων εγκαταστάσεων στον κοινό γειωτή:**

- a) Στο μετασχηματιστή και τις κυψέλες MT γειώνονται τα μεταλλικά μέρη
- b) Στον μετασχηματιστή γειώνεται ο ουδέτερος κόμβος
- c) Ο ουδέτερος αγωγός γειώνεται στον πίνακα των καταναλωτών XT και προστίθεται και ο αγωγός PE
- d) Γείωση συλλεκτήριου συστήματος κεραυνών, όπως αναλύθηκε παραπάνω

### 4.2.3. Ισοδυναμικές συνδέσεις

Οι βασικές μέθοδοι ισοδυναμικών συνδέσεων σε ηλεκτρονικά συστήματα είναι δύο:

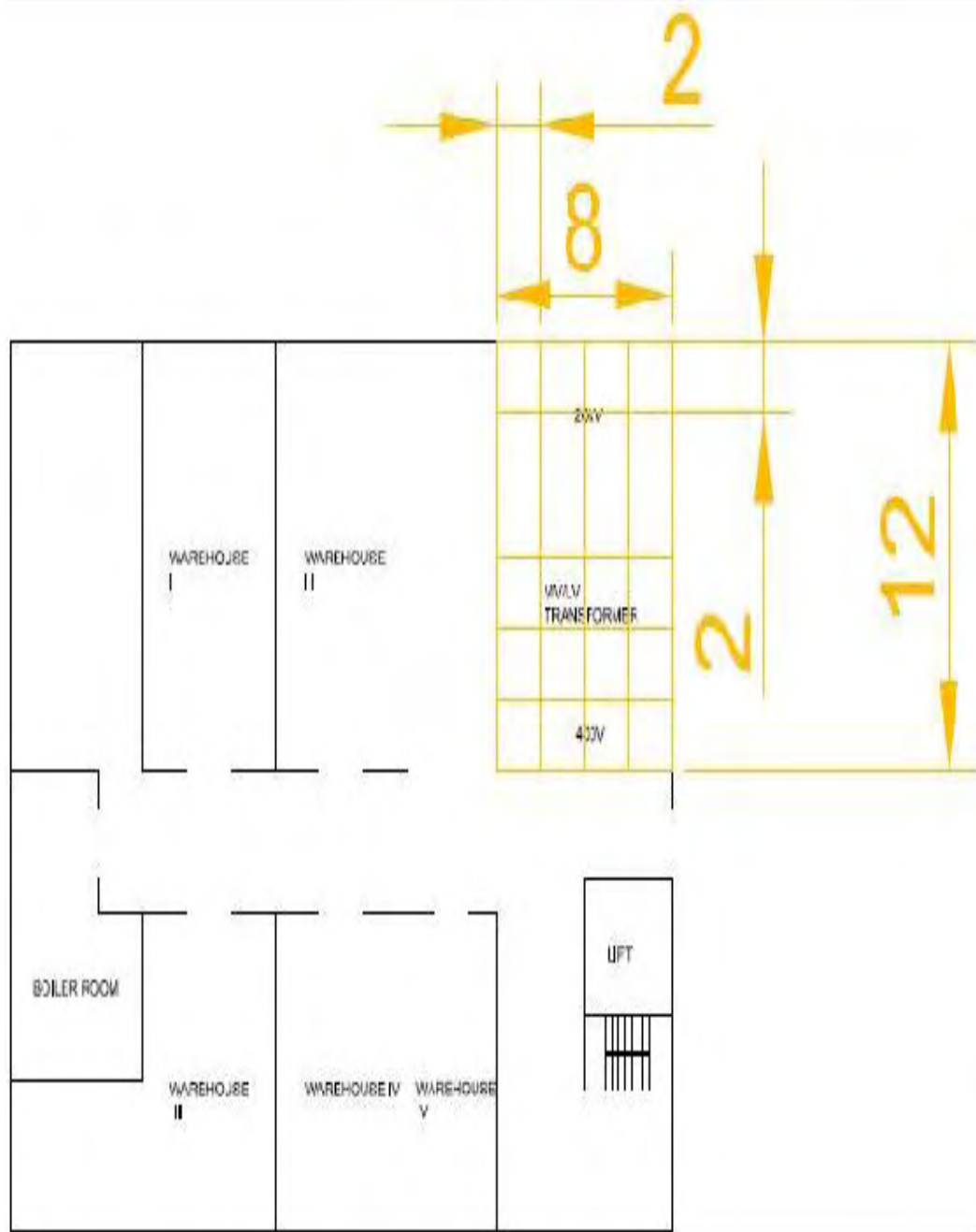
1. Η ακτινική διάταξη.
2. Η διάταξη ισοδυναμικών συνδέσεων τύπου πλέγματος.

Σε πολύπλοκα συστήματα οι παραπάνω δύο διατάξεις μπορούν να συνδυαστούν ώστε να γίνει πληρέστερη εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων τους.

Το κτίριο στη δεδομένη περίπτωση είναι βιομηχανικής χρήσης, όπου υπάρχουν πολλά μηχανήματα αλλά όχι ευαίσθητες ηλεκτρονικές διατάξεις. Συνεπώς δεν θα εγκατασταθεί πλέγμα ισοδυναμικών συνδέσεων, παρά μόνο στο **δωμάτιο του υποσταθμού**, έτσι ώστε σε περίπτωση σφάλματος στη ΜΤ, οποιοσδήποτε βρίσκεται σε εκείνον τον χώρο, να βρίσκεται στο ίδιο δυναμικό και να μην υπάρχει διαφορά δυναμικού για αποφυγή ατυχημάτων. Θα γίνει πυκνό πλέγμα με **διαστάσεις βρόχων 2x2m σε βάθος 5cm**.

Στη διάταξη ισοδυναμικών συνδέσεων τύπου πλέγματος τα μεταλλικά στοιχεία συνδέονται μεταξύ τους μέσω ισοδυναμικών συνδέσεων και επιπλέον σε πολλά σημεία με το σύστημα γείωσης της κατασκευής. Το πυκνό πλέγμα των ισοδυναμικών συνδέσεων περιορίζει το μαγνητικό πεδίο στην περιοχή της εγκατάστασης.

Το πλέγμα θα είναι τοποθετημένο όπως φαίνεται στην εικόνα 30:



Εικόνα 27 Πλέγμα ισοδυναμικής σύνδεσης

Επίσης θα υπάρχει και στο χώρο της ΔΕΔΔΗΕ ισοδυναμικό πλέγμα.

Αγωγός πλέγματος:



Επιλέγεται χάλκινος ηλεκτρολυτικός Cu-E Φ9, μήκους 116m

Στήριξη πλέγματος:



Επιλέγονται 35 στηρίγματα χαλύβδινα θερμά

επιψευδαργυρωμένα St/tZn Φ8-10 St/tZ

Σφιγκτήρες σύνδεσης πλέγματος με την γείωση:



Επιλέγονται σφιγκτήρες σφιγκτήρες αγωγού Φ8-10/ταινίας 40x4

St/tZn. Το πλέγμα θα συνδέεται με την γείωση του κτιρίου σε 11 σημεία.

### 4.3. Εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας

Η εσωτερική εγκατάσταση αντικεραυνικής προστασίας εφαρμόζεται για να περιοριστούν σε αποδεκτό βαθμό οι ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις του ρεύματος

του κεραυνού στο εσωτερικό της κατασκευής που προβλέπεται να προστατευτεί και περιλαμβάνει όλα τα μέσα προστασίας που πρέπει να ληφθούν.

Οι ισοδυναμικές συνδέσεις εφαρμόζονται σε μία κατασκευή ώστε να αποφευχθεί η ανάπτυξη διαφοράς δυναμικού μεταξύ σημείων ενός ή διαφορετικών κυκλωμάτων της. Οι ισοδυναμικές συνδέσεις πραγματοποιούνται είτε μέσω συνδετήριων αγωγών, σε μέρη όπου η ηλεκτρική συνέχεια δεν εξασφαλίζεται με φυσικές συνδέσεις, είτε μέσω εκτροπέων υπέρτασης όπου δεν επιτρέπεται η άμεση αγωγήμη σύνδεση.

Για να υλοποιηθούν οι ισοδυναμικές συνδέσεις εγκαθίσταται στο υπόγειο ή περίπου στη στάθμη του εδάφους, σε επισκέψιμο σημείο, ένας ζυγός ισοδυναμικών συνδέσεων στον οποίο συνδέονται μέσω συνδετήριων αγωγών όλες οι μεταλλικές εγκαταστάσεις εντός και εκτός της κατασκευής, ο ενδοσυνδεδεμένος οπλισμός του σκυροδέματος, οι θωρακίσεις ή οι μεταλλικοί σωλήνες όδευσης των καλωδίων, οι εσωτερικές μεταλλικές εγκαταστάσεις της, όπως υδραυλική ή θέρμανσης, καθώς και το σύστημα γείωσης της κατασκευής (θεμελιακή γείωση). Επιπρόσθετα, συνδέονται στον ζυγό εξίσωσης δυναμικών μέσω εκτροπέων υπερτάσεων όλες οι παροχές υπηρεσιών κοινής ωφέλειας. Επιθυμητό είναι να υπάρχει ένας ζυγός ισοδυναμικών συνδέσεων για κάθε εισερχόμενη παροχή κοινής ωφέλειας σε κάθε σημείο εισόδου τους. Για την εξίσωση των δυναμικών που αναπτύσσονται μεταξύ των ζυγών και την αγωγήμη σύνδεσή τους χρησιμοποιείται ένας εσωτερικός δακτύλιος ισοδυναμικής σύνδεσης, ο οποίος συνδέεται με τον ενδοσυνδεδεμένο οπλισμό του κτιρίου ανά 10 μέτρα, όπως ορίζεται από τον πίνακα 15:

Στάθμη Προστασίας	Μέση απόσταση (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

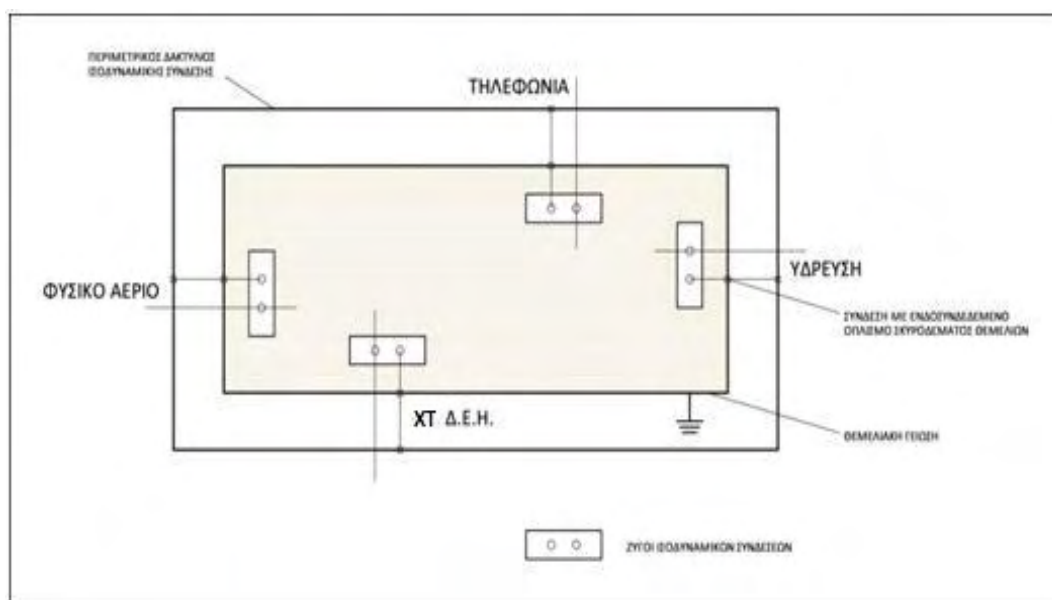
Πίνακας 15: Πυκνότητα ισοδυναμικών συνδέσεων

Η σύνδεση των μεταλλικών τμημάτων με τον ζυγό γίνεται μέσω συνδετήριου αγωγού ενώ όλοι οι ενεργοί αγωγοί της κατασκευής συνδέονται μέσω εκτροπών υπέρτασης.

Το δίκτυο στην εγκατάσταση είναι TN-S (γειωμένος ουδέτερος), οπότε ο αγωγός προστασίας PE συνδέεται απευθείας στο ζυγό εξίσωσης δυναμικών μέσω συνδετήριων αγωγών, ενώ οι ενεργοί αγωγοί συνδέονται μέσω εκτροπών υπέρτασης.

Συμπερασματικά, στην δεδομένη περίπτωση θα υπάρχουν 4 ζυγοί ισοδυναμικών συνδέσεων (αγωγός προστασίας ΧΤ ΔΕΔΔΗΕ, ύδρευση, τηλεφωνία, παροχή φυσικού αερίου) στο σημείο εισόδου της εκάστοτε υπηρεσίας τοποθετημένοι στο υπόγειο, και 4 εκτροπείς υπέρτασης, ένας για κάθε υπηρεσία. Οι ζυγοί θα συνδέονται μεταξύ τους με εσωτερικό δακτύλιο ισοδυναμικής σύνδεσης, ο οποίος συνδέεται με τον ενδοσυνδεδεμένο σπλισμό του κτιρίου ανά 10m.

Η εγκατάσταση των ζυγών ισοδυναμικών συνδέσεων αναπαρίσταται ως εξής:



Εικόνα 28 Ζυγοί ισοδυναμικών συνδέσεων

Επιλογή υλικών:

Ζυγοί ισοδυναμικών συνδέσεων: Επιλέγονται 4 ζυγοί από πολυβινύλιο/κράμα χαλκού 170x50x50 PVC/Μs.



Δακτύλιος ισοδυναμικής σύνδεσης: Επιλέγεται χάλκινος ηλεκτρολυτικός Cu-E διατομής  $16\text{mm}^2$ , μήκους 188 m.



Στήριξη εσωτερικού δακτυλίου: Επιλέγονται 94 στηρίγματα χαλύβδινα θερμά επιψευδαργυρωμένα St/tZn  $\Phi 6$  St/tZn. Τα στηρίγματα τοποθετούνται κάθε 2m.



Σφικτήρες ισοδυναμικής σύνδεσης: Επιλέγονται σφικκτήρες ισοδυναμικής σύνδεσης σπλισμού St/tZn. Ο εσωτερικός δακτύλιος θα συνδέεται με τον σπλισμό του κτιρίου σε 19 σημεία.



#### 4.3.1. Υπολογισμός ρεύματος κεραυνού που ρέει σε εξωτερικά αγωγία τμήματα και στα καλώδια εισερχόμενων παροχών της κατασκευής

Οι αγωγοί ισοδυναμικών συνδέσεων πρέπει φυσικά να αντέχουν το ποσοστό του ρεύματος του κεραυνού που τους διαρρέει. Το ποσοστό αυτό του ρεύματος του

κεραυνού μπορεί να υπολογιστεί και καθορίζει τις ελάχιστες διαστάσεις των αγωγών ισοδυναμικών συνδέσεων.

Το ρεύμα του κεραυνού κατά τη διαδρομή του προς τη γη, μοιράζεται στο σύστημα γείωσης, στα εξωτερικά αγωγίματα τμήματα καθώς και στα καλώδια των εισερχόμενων παροχών κοινής ωφέλειας της κατασκευής που είναι συνδεδεμένα στο ζυγό εξίσωσης δυναμικών.

Το τμήμα του ρεύματος του κεραυνού που διαρρέει κάθε εξωτερικό αγωγίμο τμήμα και κάθε παροχή κοινής ωφέλειας υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$I_f = \frac{I \cdot Z_e}{n \cdot Z_e + Z_i}$$

όπου:

- $I$  (kA) το ρεύμα του κεραυνού αντίστοιχο με την επιλεχθείσα στάθμη προστασίας  $Z_e$  () η ισοδύναμη αντίσταση γείωσης του συστήματος γείωσης.
- $Z_i$  () η ισοδύναμη αντίσταση γείωσης κάθε εξωτερικού αγωγίμου τμήματος ή καλωδίου των εισερχόμενων παροχών της κατασκευής.
- $n$  ο συνολικός αριθμός των εξωτερικών αγωγίμων τμημάτων και των καλωδίων των εισερχόμενων παροχών της κατασκευής.

Ο δεύτερος όρος του γινομένου της παραπάνω εξίσωσης μπορεί να παραστεί μέσω ενός συντελεστή  $K_p$ , που εκφράζει το ποσοστό του ρεύματος του κεραυνού που διαρρέει αντίστοιχα κάθε εξωτερικό αγωγίμο τμήμα ή καλώδιο των εισερχόμενων παροχών της κατασκευής. Οι τιμές του συντελεστή  $K_p$  καθορίζονται από τον πίνακα 16:



$\rho$ ( $\Omega \cdot m$ )	$K_p$											
	n=1			n=2			n=3			n=4		
	I	II	III&IV	I	II	III&IV	I	II	III&IV	I	II	III&IV
100	0.33	0.33	0.33	0.25	0.25	0.25	0.20	0.20	0.20	0.17	0.17	0.17
200	0.32	0.32	0.32	0.24	0.24	0.24	0.19	0.19	0.19	0.16	0.16	0.16
500	0.38	0.38	0.38	0.28	0.28	0.28	0.22	0.22	0.22	0.18	0.18	0.18
1000	0.31	0.41	0.48	0.24	0.29	0.32	0.19	0.22	0.24	0.16	0.18	0.20
2000	0.26	0.35	0.59	0.21	0.26	0.37	0.17	0.21	0.27	0.15	0.17	0.21
3000	0.22	0.30	0.63	0.18	0.23	0.39	0.15	0.19	0.28	0.13	0.16	0.22

Πίνακας 16: Τιμές  $K_p$

Θεωρούμε την ειδική αντίσταση του εδάφους ίση με  $\rho=100 \Omega m$ , επομένως από τον παραπάνω πίνακα για στάθμη προστασίας III και  $n=4$  εισερχόμενες παροχές (ΔΕΔΔΗΕ, ύδρευση, παροχή φυσικού αερίου, τηλεφωνία) ο συντελεστής είναι ίσος με

$$K_p = 0,17$$

Στις κατοικίες το τηλεφωνικό δίκτυο μπορεί να μην ληφθεί υπόψη στον παράγοντα  $n$  διότι θεωρείται ότι δεν επηρεάζει το τμήμα του ρεύματος του κεραυνού που διαρρέει τις υπόλοιπες παροχές σε περίπτωση πλήγματος αλλά επειδή το κτήριο είναι βιομηχανικής χρήσης και όχι κατοικία, δεν παραλείπεται.

Συνεπώς, το ρεύμα που θα διαρρέει κάθε εισερχόμενη παροχή θα είναι:

$$I_f = I * 0.17$$

Ο πίνακας που καταγράφει τις παραμέτρους ενός κεραυνού ανάλογα με τη στάθμη προστασίας παρουσιάζεται παρακάτω:

Παράμετροι Κεραυνού	Στάθμη		
	I	I	III
Μέγιστο εύρος	2	15	1
Ολικό φορτίο, C	3	22	1
Κρουστικό φορτίο, C	1	7	5
Ειδική ενέργεια, kJ/Ω	1	56	2
Μέση κλίση, kA/μs	2	15	1

Πίνακας 17: Παράμετροι κεραυνικού πλήγματος

Για στάθμη προστασίας III το μέγιστο εύρος ρεύματος είναι  $I = 100 \text{ kA}$ .

Συνεπώς:

$$I_f = I \cdot 0,17 \Rightarrow I_f = 100 \cdot 0,17 \Rightarrow I_f = 17 \text{ KA}$$

Επομένως το ρεύμα που παροχετεύεται στη γη μέσω του συστήματος γείωσης είναι:

$$I_e = I - n \cdot I_f \Rightarrow I_e = 100 - 4 \cdot 17 \Rightarrow I_e = 32 \text{ KA}$$

Το δίκτυο χαμηλής τάσης είναι TN-S (τρεις φάσεις, γειωμένος ουδέτερος και αγωγός προστασίας) άρα το ρεύμα που θα διαρρεύσει κάθε αγωγό του δικτύου υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$I'_f = \frac{I_f}{m}$$

Αντικαθιστώντας:

$$I'_f = \frac{I_f}{m} \Rightarrow I'_f = \frac{17}{5} \Rightarrow I'_f = 3,4 \text{ KA}$$

#### 4.3.2. Ελάχιστη διατομή θωράκισης καλωδίων

Η ελάχιστη διατομή της θωράκισης που εξασφαλίζει την αυτοπροστασία ενός καλωδίου, σύμφωνα με την IEC 61024-1-2:1998, χωρίς εγκατάσταση εκτροπέα υπέρτασης, δίνεται από τη σχέση:

$$A_{min} = \frac{I_f \cdot \rho_c \cdot L_c \cdot 10^6}{U_c} (\text{mm}^2)$$

όπου :

- $I_f$  (kA) το ρεύμα κεραυνού που ρέει στη θωράκιση
- $\rho_c$  (.m) η ειδική αντίσταση της θωράκισης, τιμή για το χαλκό Cu :1.7X 10-8 Ω
- $L_c$  (m) το μήκος του καλωδίου:
  - $L_c \leq 8 \cdot \sqrt{\rho} = 8 \cdot \sqrt{100} = 80\text{m}$
- $U_c$  (kV) η κρουστική τάση αντοχής του καλωδίου ανάλογα με την ονομαστική τάση λειτουργίας. Για ονομαστική τάση 220V είναι:

$$U_c = 15\text{k}$$

Κατάσταση θωράκισης	$L_c$
Σε επαφή με το έδαφος ειδικής αντίστασης $\rho$ ( $\Omega \cdot \text{m}$ )	$L_c \leq 8 \cdot \sqrt{\rho}$
Απομονωμένη από το έδαφος ή στον αέρα	$L_c =$ απόσταση μεταξύ της κατασκευής και του πλησιέστερου σημείου γείωσης της θωράκισης

Πίνακας 18: Συντελεστές θωράκισης καλωδίων

Ονομαστική τάση	$U_c$
$\leq 0.05$	5
0.22	15
10	75
15	95
20	125

Πίνακας 19: Αντοχή σε κρουστική τάση

Οι τιμές  $L_c$  (m) και  $U_c$  (kV) επιλέγονται από τους παραπάνω πίνακες. Αντικαθιστώντας τα δεδομένα στην παραπάνω εξίσωση προκύπτει:

$$A_{\min} = \frac{17 \cdot 10^3 \cdot 1,7 \cdot 10^{-8} \cdot 80 \cdot 10^6}{15 \cdot 10^3} = 1,54 \text{ mm}^2$$

#### 4.3.3. Διατάξεις προστασίας έναντι υπερτάσεων από πλήγμα κεραυνού

Οι πιθανές υπερτάσεις που μπορούν να εμφανιστούν στις εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης υπερτίθενται στη τάση λειτουργίας της εγκατάστασης και μπορεί να αναπτυχθούν είτε μεταξύ ενεργού αγωγού και γης είτε μεταξύ ενεργών αγωγών. Μπορούν να καταταχθούν σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με την αιτία που τις προκαλεί:

- υπερτάσεις λόγω άμεσου ή έμμεσου πλήγματος κεραυνού
- υπερτάσεις λόγω ηλεκτροστατικών εκκενώσεων
- υπερτάσεις λόγω χειρισμών
- υπερτάσεις βιομηχανικής συχνότητας

Για την προστασία έναντι υπερτάσεων χρησιμοποιούνται εκτροπείς υπέρτασης. Η προστασία που παρέχουν οι εκτροπείς υπέρτασης οδηγεί είτε στην αποκοπή της υπέρτασης, είτε στον περιορισμό της σε αποδεκτή τιμή, είτε σε ένα συνδυασμό και

των δύο. Δεν αρκεί μόνο ένας εκτροπέας υπέρτασης για την πλήρη προστασία μιας κατασκευής. Επιπρόσθετα στα διάφορα σημεία της εγκατάστασης μπορεί να απαιτείται διαφορετικό επίπεδο προστασίας διότι η τάση λειτουργίας ή και οι ενδεχόμενες υπερτάσεις μπορεί να διαφέρουν σημαντικά σε τιμή. Η επιλογή όμως των κατάλληλων διατάξεων προστασίας προϋποθέτει τη μελέτη συντονισμού των μονώσεων της εγκατάστασης

#### 4.3.4. Βασικά στοιχεία για τον συντονισμό των μονώσεων χαμηλής τάσης

Σε ένα κτήριο πρέπει να γίνει σωστός συντονισμός των μονώσεων στις εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης ώστε να εξασφαλίζεται η συνεχής λειτουργία των συσκευών που βρίσκονται στο εσωτερικό του. Ο εξοπλισμός μιας κατασκευής κατατάσσεται σε τέσσερις κατηγορίες ανάλογα με τις υπερτάσεις που μπορούν να εμφανιστούν:

- Κατηγορία υπερτάσεων I: Εξοπλισμός μειωμένης απαίτησης προστασίας έναντι υπερτάσεων, π.χ. στοιχεία ηλεκτρονικών κυκλωμάτων
- Κατηγορία υπερτάσεων II: Εξοπλισμός στον οποίο δεν αναμένονται υπερτάσεις λόγω πλήγματος κεραυνού αλλά άλλης κατηγορίας, π.χ. κοινές ηλεκτρικές συσκευές ή φορητός εξοπλισμός.
- Κατηγορία υπερτάσεων III: Εξοπλισμός στον οποίο δεν αναμένονται υπερτάσεις λόγω πλήγματος κεραυνού αλλά άλλης κατηγορίας, όπου είναι προϋπόθεση η αξιοπιστία και η διαθεσιμότητα του εξοπλισμού ή των εξαρτώμενων κυκλωμάτων, π.χ. μέσα προστασίας, διακόπτες, ρευματολήπτες.
- Κατηγορία υπερτάσεων IV: Εξοπλισμός στον οποίο αναμένεται ανάπτυξη υπερτάσεων λόγω πλήγματος κεραυνού, π.χ. εναέριες γραμμές στα όρια της ηλεκτρικής εγκατάστασης της κατασκευής, καλώδια μεταφοράς του δικτύου χαμηλής τάσης, μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας, αυτόματοι διακόπτες ισχύος.

Στην δεδομένη περίπτωση, έχουμε κτήριο βιομηχανικής χρήσης, οπότε θα θεωρήσουμε ότι υπάρχουν συσκευές όλων των κατηγοριών, επομένως πρέπει να επιλεγούν οι κατάλληλες διατάξεις για την προστασία των συσκευών.

Οι διατάξεις προστασίας έναντι υπερτάσεων συστημάτων χαμηλής τάσης χωρίζονται σε 3 κλάσεις αναφορικά με το επίπεδο προστασίας που παρέχουν σύμφωνα με τη §5.2.2.1 Πανεπιστημιακές Σημειώσεις Συστήματα αντικεραυνικής Προστασίας Παντελής Μικρόπουλος 2006

- Κλάση I:** Συμπεριλαμβάνει διατάξεις προστασίας που ενδέχεται να διαρρέονται από τμήμα του ρεύματος του κεραυνού. Εγκαθίστανται
- σε σημεία υψηλού κινδύνου από άμεσο πλήγμα κεραυνού όπως στις εναέριες γραμμές μεταφοράς του δικτύου χαμηλής τάσης ή στα σημεία εισόδου των παροχών κοινής ωφέλειας σε κατασκευές προστατευμένες με ΣΑΠ. Συνήθως καλούνται «αλεξικέραυνα».

- Κλάση II:** Διατάξεις προστασίας που χρησιμοποιούνται ως μέσα προστασίας έναντι υπερτάσεων από έμμεσα πλήγματα κεραυνού ή από
- χειρισμούς. Συνίσταται η εγκατάστασή τους σε σημεία μικρότερης απαίτησης προστασίας έναντι υπερτάσεων όπως στο γενικό πίνακα χαμηλής τάσης του καταναλωτή.

- Κλάση III:** Συμπεριλαμβάνει διατάξεις προστασίας που
- χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις μειωμένης απαίτησης προστασίας έναντι υπερτάσεων λόγω χειρισμών, π.χ. προστασία συσκευών εντός της κατασκευής.

Για την υπό μελέτη κατασκευή επιλέγουμε:

Προστασία δικτύου ΧΤ της ΔΕΔΔΗΕ:

Θα χρησιμοποιηθεί τριφασικός εκτροπέας υπέρτασης κλάσης I στην παροχής ΧΤ. Με βάση τα στατιστικά δεδομένα των παραμέτρων του κεραυνού [IEC 1024-1-1:1993], ένας κεραυνός μπορεί να συνοδεύεται από εύρος ρεύματος 14kA με πιθανότητα 95%, ενώ από εύρος ρεύματος μεγαλύτερου από 90kA με πιθανότητα 5%. Συνεπώς στην περίπτωση πλήγματος του δικτύου ΧΤ, το μέγιστο ρεύμα ανά φάση προκύπτει για το 95% των κεραυνών μέχρι 2,3kA, ενώ για το 5% μέχρι 15kA. Επομένως, η διάταξη MOV πρέπει να έχει τεχνικά χαρακτηριστικά ανά φάση  $I_n = 2,3kA$  και  $I_{max} = 15kA$ .

Επιλέγεται ο τριφασικός εκτροπέας DV M TNS 255 από την εταιρία DEHN (Part No. 951 400):



*Εικόνα 29 Εκτροπέας υπερτάσεων DV M TNS 255*

Προστασία γενικού πίνακα ΧΤ:

Θα χρησιμοποιηθούν 3 μονοφασικοί εκτροπείς κλάσεις II. Επιλέγονται 3 τεμάχια μονοφασικών εκτροπέων DG M TNS CI275 από την εταιρία DEHN (Part No. 952 401):



*Εικόνα 30 Εκτροπέας υπερτάσεων DG M TNS CI275*

Προστασία υποπινάκων ΧΤ:

Θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε υποπίνακα 3 μονοφασικοί εκτροπέες κλάσεις III. Επιλέγονται εκτροπέες DR M 2P 255 από την εταιρία DEHN (Part No. 953 200):



Εικόνα 31 Εκτροπέας υπερτάσεων DR M 2P 255

Προστασία Τηλεφωνικής παροχής:

Θα χρησιμοποιηθεί 1 απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων τηλεφωνικών σημάτων 10kA, της εταιρίας ΕΛΕΜΚΟ (κωδικός 6805114):



Εικόνα 32 Απαγωγός υπερτάσεων ΕΛΕΜΚΟ 6805114

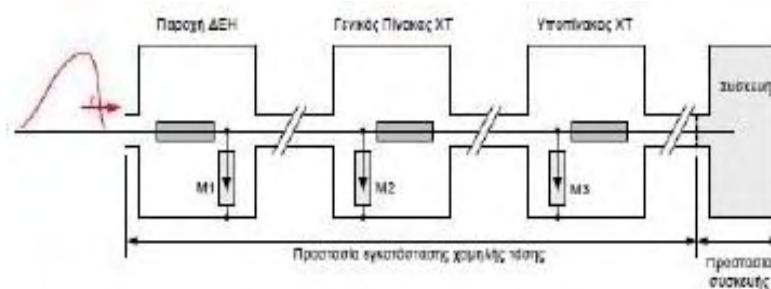
Με αυτήν την διάταξη επιτυγχάνεται στην είσοδο της εγκατάστασης η διοχέτευση του μεγαλύτερου μέρους του ρεύματος ασφαλώς προς τη γη και οι διατάξεις στον γενικό πίνακα και στον υποπίνακα καταπονούνται λιγότερο,



περιορίζοντας τελικά την υπέρταση σε κάθε σημείο της εγκατάστασης σε αποδεκτά χαμηλή τιμή.

Οι εκτροπείς υπέρτασης που χρησιμοποιούνται είναι διατάξεις MOV, οι οποίοι είναι εκτροπείς υπερτάσεων ευρείας εφαρμογής, αποτελούμενοι από μη γραμμικές αντιστάσεις. Οι διατάξεις MOV έχουν γρήγορη απόκριση και περιορίζουν την υπέρταση σε αποδεκτή τιμή.

Η διάταξη προστασίας που αναλύθηκε αναπαρίσταται ως εξής:



Εικόνα 33: Διάταξη προστασίας τηλεφωνικής γραμμής

#### 4.3.5. Γειτνίαση εξωτερικής ΕΑΠ με την κατασκευή

Σε περίπτωση που το ΣΑΠ μιας κατασκευής πληγεί από κεραυνό είναι πιθανό να εμφανιστούν δευτερογενείς υπερπηδήσεις μεταξύ της εξωτερικής ΕΑΠ και των γειτνιαζόντων μεταλλικών και ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Εκτός της μόνωσης, μπορούν να εφαρμοστούν ισοδυναμικές συνδέσεις για την αποτελεσματική προστασία της κατασκευής. Σε περίπτωση που κάποια εγκατάσταση δεν είναι συνδεδεμένη με τους ισοδυναμικούς ζυγούς, η απόσταση  $S$  μεταξύ αυτής και των αγωγών της εξωτερικής ΕΑΠ πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την απόσταση  $D$ , που ορίζεται από τον παρακάτω τύπο σύμφωνα με το πρότυπο της IEC 61024 -1:1990:

## Παράρτημα II

### Συλλεκτήριοι αγωγοί

#### 6400010 ΑΓΩΓΟΣ Φ10 mm St/tZn

Χαλύβδινος θερμά επιψευδαργυρωμένος St/tZn  
Εργαστηριακά δοκιμασμένος κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-2

#### Χαρακτηριστικά

Διαστάσεις Φmm	10
Διαστάσεις mm <sup>2</sup>	78
Χρήση εντός εδάφους	✓
Χρήση εκτός εδάφους	✓
Βάρος kg/m	0,616
Ευσκευασία (m) περίπου	50

### Σφικτήρες οπλισμού

#### 6201000 ΣΦΙΚΤΗΡΑΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ Φ24 / ΤΑΙΝΙΑΣ 40x4 St/tZn

Χαλύβδινος θερμά επιψευδαργυρωμένος St/tZn  
Εργαστηριακά Δοκιμασμένος κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-1

Κατάλληλος για ηλεκτρική σύνδεση-στήριξη εγκαβωπισμένων σε σκυρόδεμα αγωγών Φ8-10mm ή ταινιών έως 40x4mm με οπλισμό έως Φ24mm σε θεμελιακή γείωση ή αγωγούς καθόδου.

#### Χαρακτηριστικά

Τύπος	H-100kA
Διαστάσεις mm	60x80
Βάρος Kg/τεμ	0,340
Ευσκευασία	50

### Ταινία

#### 6401143 ΤΑΙΝΙΑ 40 x 4 mm St/tZn (500 gr/m<sup>2</sup>)

Χαλύβδινη θερμά επιψευδαργυρωμένη (500gr/m<sup>2</sup>) St/tZn  
Εργαστηριακά δοκιμασμένη κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-2

Κατάλληλη για χρήση σε περιμετρική και θεμελιακή γείωση ή ως συγκεντρωτικός δακτύλιος γείωσης για ισοδυναμικές συνδέσεις σε διάφορες εσωτερικές εγκαταστάσεις όπως υποσταθμούς μέσης/χαμηλής τάσης κλπ.

#### Χαρακτηριστικά

Διαστάσεις	40x4
Διαστάσεις mm <sup>2</sup>	160
Χρήση εντός εδάφους	✓
Χρήση εκτός εδάφους	✓
Βάρος kg/m	1,318
Ευσκευασία (m)	35

## Σφιγκτήρες ταινίας – οπλισμού

### 6201000 ΣΦΙΓΚΤΗΡΑΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ Φ24 / ΤΑΙΝΙΑΣ 40x4 St/tZn

Χαλύβδινος θερμά επιψευδαργυρωμένος St/tZn

Εργαστηριακά Δοκιμασμένος κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-1

Κατάλληλος για ηλεκτρική σύνδεση-στήριξη εγκαβωπισμένων σε σκυρόδεμα αγωγών Φ8-10mm ή ταινιών έως 40x4mm με οπλισμό έως Φ24mm σε θεμελιακή γείωση ή αγωγούς καθόδου.

#### Χαρακτηριστικά

Τύπος	H-100kA
Διαστάσεις mm	60x80
Βάρος Kg/τεμ	0,340
Ευσκευασία	50

## Στηρίγματα ταινίας

### 6101240 ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΤΑΙΝΙΑΣ 40x4 UPAT St/tZn

Χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο St/tZn

Ικανοποιεί τις απαιτήσεις του EN 50164-4

Κατάλληλο για στήριξη ταινίας 40x6mm σε τοιχοποιία-beton. Το στηρίγμα φέρει ροδέλα αποστάσεως και ξυλόβιδα για στήριξη με Upat Φ8 το οποίο δεν περιλαμβάνεται στους παραπάνω κωδικούς.

#### Χαρακτηριστικά

Τύπος	H-100kA
Μέγιστες διαστάσεις ταινίας mm	40x6
Βάρος Kg/τεμ	0,088
Ευσκευασία	50

## Αγωγός ισοδυναμικού πλέγματος

### 6420108 ΑΓΩΓΟΣ 50 τ.χ. ΠΟΛΥΚΛΩΝΟΣ ΧΑΛΚΙΝΟΣ Cu

Χάλκινος ηλεκτρολυτικός Cu-E

Εργαστηριακά δοκιμασμένος κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-2

Οι χάλκινοι αγωγοί διατίθενται έως τη διατομή 300mm<sup>2</sup> κατόπιν παραγγελίας.

Οι χάλκινοι αγωγοί διατίθενται και επικασσιτερωμένοι στις ίδιες διατομές.

#### Χαρακτηριστικά

Διαστάσεις Φmm	9
Διαστάσεις mm <sup>2</sup>	50
Χρήση εντός εδάφους	✓
Χρήση εκτός εδάφους	✓
Βάρος kg/m	0,429
Ευσκευασία (m)	100

## Στήριξη ισοδυναμικού πλέγματος

### 6101100 ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΥΡΑΤ Φ8-10 St/tZn

Χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο St/tZn  
Ικανοποιεί της απαιτήσεις του EN 50164-4

Κατάλληλο για στήριξη αγωγών Φ8-10 σε τοιχοποιία-beton. Το στήριγμα φέρει ροδέλα αποστάσεως και ξυλόβιδα για στήριξη με Υρατ Φ8.

#### Χαρακτηριστικά

Τύπος	H-100kA
Διαστάσεις mm	42x20
Για αγωγό Φ mm	8-10
Βάρος Kg/τεμ	0,062
Ευσκευασία	50

## Σφιγκτήρες σύνδεσης πλέγματος με την γείωση

### 6201040 ΣΦΙΓΚΤΗΡΑΣ ΑΓΩΓΟΥ Φ8-10/ ΤΑΙΝΙΑΣ 40x4 St/tZn

Χαλύβδινος θερμά επιψευδαργυρωμένος St/tZn με βίδες St/Zn  
Εργαστηριακά Δοκιμασμένος κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-1

Κατάλληλος για σύνδεση αγωγού Φ8-10mm ή Φ20mm με ταινία πλάτους έως 40mm. Χωρίς ενδιάμεση πλάκα, εξωτερικών διαστάσεων 70x70mm.  
Η σύσφιξη επιτυγχάνεται με 4 βίδες και περικόχλια M8.

#### Χαρακτηριστικά

Τύπος	50Hz
Για αγωγούς Φ/ταινίας mm	Φ8-10/40
Χρήση εντός εδάφους	✓
Χρήση εκτός εδάφους	✓
Βάρος kg/τεμ	0,378
Ευσκευασία	15

## Ζυγί ισοδυναμικών συνδέσεων

### 6600000 ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ 170x50x50 PVC/Ms

Πολυβινύλιο/Κράμα χαλκού  
Εργαστηριακά Δοκιμασμένο κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-1

Αποτελείται από:

- ▶ Πλαστικό κάλυμμα
- ▶ Ορειχάλκινο ζυγό επινικελωμένο
- ▶ 1 υποδοχή αγωγού 50 mm<sup>2</sup>
- ▶ 7 υποδοχές αγωγού 6-25mm<sup>2</sup>
- ▶ Υποδοχή ταινίας 30mm ή αγωγού Φ8-10mm

#### Χαρακτηριστικά

Τύπος	N-50kA
Διαστάσεις mm	170x50x50
Βάρος kg/τεμ	0,228
Ευσκευασία	1

## Δακτύλιος ισοδυναμικής σύνδεσης

### 6420116 ΑΓΩΓΟΣ 16 τ. κ. ΠΟΛΥΚΛΩΜΟΣ Cu

Χάλκινος ηλεκτρολυτικός Cu-E

Εργαστηριακά δοκιμασμένος κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-2

Οι χάλκινοι αγωγοί διατίθενται έως τη διατομή 300mm<sup>2</sup> κατόπιν παραγγελίας.

Οι χάλκινοι αγωγοί διατίθενται και επικασσιτερωμένοι στις ίδιες διατομές.

#### Χαρακτηριστικά

Διαστάσεις Φmm	5,1
Διαστάσεις mm <sup>2</sup>	16
Χρήση εντός εδάφους	✘
Χρήση εκτός εδάφους	✔
Βάρος kg/m	0,245
Συσκευασία(m) περίπου	300

## Στήριξη εσωτερικού δακτυλίου

### 6101106 ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΥΡΑΤ Φ6 St/tZn

Χαλύβδινο θερμά επιψευδαργυρωμένο St/tZn

Ικανοποιεί της απαιτήσεις του EN 50164-4

Κατάλληλο για στήριξη αγωγών Φ6 σε τοιχοποιία-beton. Το στήριγμα φέρει ροδέλα αποστάσεως και ξυλόβιδο για στήριξη με Υρατ Φ8

#### Χαρακτηριστικά

Τύπος	H-100kA
Διαστάσεις mm	42x20
Για αγωγό Φ mm	6
Βάρος Kg/τεμ	0,064
Συσκευασία	50

## Σφικτήρες ισοδυναμικής σύνδεσης

### 6201004 ΣΦΙΚΤΗΡΑΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΟΠΛΙΣΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ Φ10 St/tZn

Χαλύβδινος θερμά επιψευδαργυρωμένος St/tZn

Εργαστηριακά Δοκιμασμένος κατά BS-DIN-ΕΛΟΤ-NF-EN 50164-1

Κατάλληλος για ισοδυναμικές συνδέσεις του φέροντα οπλισμού με αγωγούς γείωσης.

#### Χαρακτηριστικά

Τύπος	H-100kA
Για συνδέσεις αγωγών Φmm <sup>2</sup>	50-70
Με οπλισμό Φmm	10-24
Βάρος kg/τεμ	
Συσκευασία	25

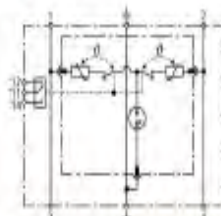


### DR M 2P 255 FM (953 205)

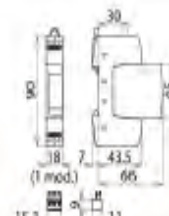
- Two-pole surge arrester consisting of a base part and a plug-in protection module
- High discharge capacity due to heavy-duty zinc oxide varistor / spark gap combination
- Energy coordination with other arresters of the RedLine product family



Figure without plug-in



Basic circuit diagram DR M 2P 255 FM



Dimension drawing DR M 2P 255 FM

Two-pole surge arrester consisting of a base part and a plug-in protection module; with floating remote signalling contact.

Type	DR M 2P 255 FM
Part No.	953 205
SPD according to EN 61643-11 / IEC 61643-11	type 3 / class III
Nominal voltage (a.c.) ( $U_n$ )	230 V (50 / 60 Hz)
Max. continuous operating voltage (a.c.) ( $U_c$ )	255 V (50 / 60 Hz)
Max. continuous operating voltage (d.c.) ( $U_{c,d}$ )	255 V
Nominal load current (a.c.) ( $I_n$ )	25 A
Nominal discharge current (8/20 $\mu$ s) ( $I_n$ )	3 kA
Total discharge current (8/20 $\mu$ s) [L+N-PE] ( $I_{tot}$ )	5 kA
Combination wave ( $U_{c,d}$ )	6 kV
Combination wave [L+N-PE] ( $U_{c,d,tot}$ )	10 kV
Voltage protection level [L-N] / [L/N-PE] ( $U_p$ )	$\leq 1250$ / $\leq 1500$ V
Response time [L-N] ( $t_d$ )	$\leq 25$ ns
Response time [L/N-PE] ( $t_d$ )	$\leq 100$ ns
Max. mains-side overcurrent protection	25 A gG or B 25 A
Short-circuit withstand capability for mains-side overcurrent protection with 25 A gG ( $I_{sc,25}$ )	6 kA <sub>max</sub>
Temporary overvoltage (TOV) [L-N] ( $U_T$ ) - Characteristic	335 V / 5 sec. - withstand
Temporary overvoltage (TOV) [L-N] ( $U_T$ ) - Characteristic	440 V / 120 min. - safe failure
Temporary overvoltage (TOV) [L/N-PE] ( $U_T$ ) - Characteristic	335 V / 120 min. - withstand
Temporary overvoltage (TOV) [L/N-PE] ( $U_T$ ) - Characteristic	440 V / 5 sec. - withstand
Temporary overvoltage (TOV) [L+N-PE] ( $U_T$ ) - Characteristic	1200 V + $U_{max}$ / 200 ms - safe failure
Operating temperature range ( $T_o$ )	-40 °C...+60 °C
Operating state / fault indication	green / red
Number of ports	1
Cross-sectional area (min.)	0.5 mm <sup>2</sup> solid / flexible
Cross-sectional area (max.)	4 mm <sup>2</sup> solid / 2.5 mm <sup>2</sup> flexible
For mounting on	35 mm DIN rails acc. to EN 60715
Enclosure material	thermoplastic, red, UL 94 V-0
Place of installation	indoor installation
Degree of protection	IP 20
Capacity	1 module(s), DIN 43880
Approvals	KEMA, VDE, UL, CSA
Type of remote signalling contact	changeover contact
Switching capacity (a.c.)	250 V / 0.5 A
Switching capacity (d.c.)	250 V / 0.1 A; 125 V / 0.2 A; 75 V / 0.5 A
Cross-sectional area for remote signalling terminals	max. 1.5 mm <sup>2</sup> solid / flexible
Weight	102 g
Customs tariff number	85363030
GTIN	4013364708318
PU	1 pc(s)



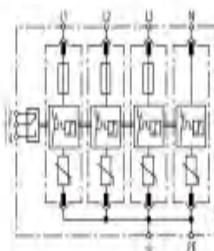


### DG M TNS CI 275 FM (952 406)

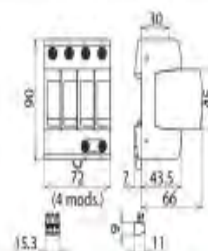
- Arrester backup fuse integrated in the protection module
- Prewired complete unit consisting of a base part and plug-in protection modules
- High reliability due to "Thermo Dynamic Control" SPD monitoring device



Spine without plug-in



Basic circuit diagram DG M TNS CI 275 FM



Dimension drawing DG M TNS CI 275 FM

Modular surge arrester with integrated backup fuses for TN-S systems.

Type	DG M TNS CI 275 FM
Part No.	952 406
SPD according to EN 61643.11 / IEC 61643.11	type 2 / class II
Nominal a.c. voltage ( $U_n$ )	230 / 400 V (50 / 60 Hz)
Max. continuous operating voltage (a.c.) ( $U_c$ )	275 V (50 / 60 Hz)
Nominal discharge current (8/20 $\mu$ s) ( $I_n$ )	12.5 kA
Max. discharge current (8/20 $\mu$ s) ( $I_{max}$ )	25 kA
Voltage protection level [L-PE] / [N-PE] ( $U_p$ )	$\leq 1.5$ / $\leq 1.5$ kV
Voltage protection level [L-PE] / [N-PE] at 5 kA ( $U_p$ )	$\leq 1$ / $\leq 1$ kV
Response time ( $t_d$ )	$\leq 25$ ns
Max. mains-side overcurrent protection	not required
Rated breaking capacity of the internal backup protection	25 kA
Short-circuit withstand capability ( $I_{sc,th}$ )	25 kA <sub>th</sub>
Temporary overvoltage (TOV) ( $U_T$ ) – Characteristic	335 V / 5 sec. – withstand
Temporary overvoltage (TOV) ( $U_T$ ) – Characteristic	440 V / 120 min. – safe failure
Operating temperature range ( $T_u$ )	-40 °C ... +80 °C
Operating state / fault indication	green / red
Number of ports	1
Cross-sectional area (min.)	1.5 mm <sup>2</sup> solid / flexible
Cross-sectional area (max.)	35 mm <sup>2</sup> stranded / 25 mm <sup>2</sup> flexible
For mounting on	35 mm DIN rails acc. to EN 60715
Enclosure material	thermoplastic, red, UL 94 V-0
Place of installation	indoor installation
Degree of protection	IP 20
Capacity	4 module(s), DIN 43880
Approvals	KEMA, VDE
Type of remote signalling contact	changeover contact
Switching capacity (a.c.)	250 V / 0.5 A
Switching capacity (d.c.)	250 V / 0.1 A; 125 V / 0.2 A; 75 V / 0.5 A
Cross-sectional area for remote signalling terminals	max. 1.5 mm <sup>2</sup> solid / flexible
Weight	473 g
Customs tariff number	85363030
GTIN	4013364128364
PU	1 pc(s)

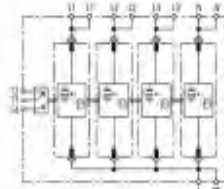


**DV M TNS 255 FM (951 405)**

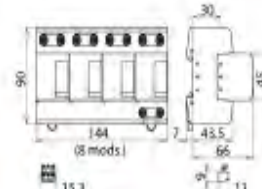
- Prewired spark-gap-based type 1 and type 2 combined lightning current and surge arrester consisting of a base part and plug-in protection modules
- Maximum system availability due to RADAX Flow follow current limitation
- Capable of protecting terminal equipment



Figure without plug-in



Basic circuit diagram DV M TNS 255 FM



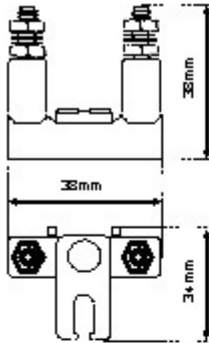
Dimension drawing DV M TNS 255 FM

Modular combined lightning current and surge arrester for TN-S systems.

Type	DV M TNS 255 FM
Part No.	951 405
SPD according to EN 61643-11 / IEC 61643-11	type 1 + type 2 / class 1 + class II
Energy coordination with terminal equipment (≤ 5 m)	type 1 + type 2 + type 3
Nominal voltage (a.c.) (U <sub>n</sub> )	230 / 400 V (50 / 60 Hz)
Max. continuous operating voltage (a.c.) (U <sub>c</sub> )	264 V (50 / 60 Hz)
Lightning impulse current (10/350 µs) [L1+L2+L3+N-PE] (I <sub>imp</sub> )	100 kA
Specific energy [L1+L2+L3+N-PE] (WFR)	2.50 MJ/ohms
Lightning impulse current (10/350 µs) [L, N-PE] (I <sub>imp</sub> )	25 kA
Specific energy [L,N-PE] (WFR)	156.25 kJ/ohms
Nominal discharge current (8/20 µs) [L,N-PE][L1+L2+L3+N-PE] (I <sub>n</sub> )	25 / 100 kA
Voltage protection level [L-PE][N-PE] (U <sub>p</sub> )	≤ 1.5 / ≤ 1.5 kV
Follow current extinguishing capability (a.c.) (I <sub>q</sub> )	50 kA <sub>ac</sub>
Follow current limitation / Selectivity	no tripping of a 20 A gG fuse up to 50 kA <sub>ac</sub> (prosp.)
Response time (T <sub>v</sub> )	≤ 100 ns
Max. backup fuse (L) up to I <sub>n</sub> = 50 kA <sub>ac</sub>	315 A gG
Max. backup fuse (L-L')	125 A gG
Temporary overvoltage (TOV) [L-N] (U <sub>t</sub> ) – Characteristic	440 V / 120 min. – withstand
Operating temperature range [parallel] / [series] (T <sub>o</sub> )	-40 °C ... +60 °C / -40 °C ... +60 °C
Operating state / fault indication	green / red
Number of ports	1
Cross-sectional area (L1, L1', L2, L2', L3, L3', N, N', PE, →) (min.)	10 mm <sup>2</sup> solid / flexible
Cross-sectional area (L1, L2, L3, N, PE) (max.)	50 mm <sup>2</sup> stranded / 35 mm <sup>2</sup> flexible
Cross-sectional area (L1', L2', L3', N', →) (max.)	35 mm <sup>2</sup> stranded / 25 mm <sup>2</sup> flexible
For mounting on	35 mm DIN rails acc. to EN 60715
Enclosure material	thermoplastic, red, UL 94 V-0
Place of installation	indoor installation
Degree of protection	IP 20
Capacity	8 module(s), DIN 43880
Approvals	KEMA, VDE, UL
Type of remote signalling contact	changeover contact
Switching capacity (a.c.)	250 V / 0.5 A
Switching capacity (d.c.)	250 V / 0.1 A; 125 V / 0.2 A; 75 V / 0.5 A
Cross-sectional area for remote signalling terminals	max. 1.5 mm <sup>2</sup> solid / flexible
Extended technical data:	For use in switchgear installations with prospective short-circuit currents of more than 50 kA <sub>ac</sub> (tested by the German VDE)
- Max. prospective short-circuit current	100 kA <sub>ac</sub> (220 kA <sub>peak</sub> )
- Limitation / Extinction of mains follow currents	up to 100 kA <sub>ac</sub> (220 kA <sub>peak</sub> )
- Max. backup fuse (L) up to I <sub>n</sub> = 100 kA <sub>ac</sub>	315 A gG
Weight	1,36 kg
Customs tariff number	85363090
GTIN	4013364108165
PU	1 pos(s)



## ΕΛΕΜΚΟ 6805114



### Χαρακτηριστικά

Αριθμός πόλων	2
Σύνδεση μεταξύ πόλων	L-GND
Αριθμός προστατευμένων ζευγών	1
Ονομαστική τάση δικτύου, UN	300V DC
Μέγιστη τάση λειτουργίας, U <sub>c</sub>	350V DC
Μέγιστη συχνότητα σήματος, F	100 MHz
Αντίσταση μόνωσης (σε 100V DC)	>1GΩ
I <sub>n</sub> , C2 test, (8/20μs), 2P/1P	10kA /5kA
U <sub>p</sub> , (σε 10kV/μs)	<850V
Κύριο Κύκλωμα	GDT
Χρόνος απόκρισης, t <sub>A</sub>	100ns
Σύνδεση στο δίκτυο	Παράλληλα
Διαστάσεις (mm)	38x34x38mm
Υποδοχή ακροδεκτών	0,75-4mm <sup>2</sup>
<b>Κωδικός πίνακα για χρήση σε εξωτερικό χώρο</b>	<b>6805001</b>
Διαστάσεις (mm)	140x56x95mm
Υλικό κατασκευής περιβλήματος	Polymer
Στάθμη προστασίας περιβλήματος	IP20
Μορφή με ενσωματωμένο απαγωγό 6805014	

## 5. Μελέτη φωτισμού και ρευματοδοτών

Η μελέτη του φωτισμού του εξωτερικού και των εσωτερικών χώρων έγινε με την βοήθεια του λογισμικού Dialux Eno 6.1. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε ο κατάλογος φωτιστικών της εταιρίας Philips. Στη συνέχεια προσδιορίζονται τα καλώδια που τροφοδοτούν τα φωτιστικά και τους ρευματοδότες. Δημιουργούνται υποπίνακες φωτισμού και ρευματοδοτών για ομάδες χώρων, με κριτήριο τον αριθμό ρευματοδοτών και την κατά το δυνατό ισοκατανομή της ισχύος των φωτιστικών, όπως αναλύεται παρακάτω. Όπου τοποθετούνται υποπίνακες για περισσότερα από ένα δωμάτια, φροντίζουμε να βρίσκονται στο διάδρομο, έξω από τα δωμάτια, για εύκολη πρόσβαση οποιαδήποτε στιγμή.

Αρχικά θα δοθεί ένα αναλυτικό παράδειγμα για τον χώρο της αίθουσας συνεδριάσεων για τον προσδιορισμό όλων των απαραίτητων καλωδίων των φωτιστικών και των ρευματοδοτών, καθώς και τον προσδιορισμό των μέσων προστασίας. Στη συνέχεια παρατίθενται όλοι οι υποπίνακες των υπόλοιπων χώρων καθώς και τα μονογραμμικά σχέδια του κάθε υποπίνακα. Καταληκτικά, παρατίθενται τα τεχνικά φυλλάδια του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε.

### 5.1. Εσωτερικός φωτισμός

Η ένταση φωτισμού (lux) για κάθε χώρο διαφέρει ανάλογα με την χρήση του την οποία παίρνουμε υπόψη για τον τελικό προσδιορισμό των φωτιστικών και της διάταξής τους στο χώρο. Η παρούσα μελέτη έχει γίνει σύμφωνα με σχετική Τεχνική Οδηγία του Τ.Ε.Ε.. (3).Επίσης λαμβάνεται υπόψη η χρήση του χώρου και για την επιλογή του τύπου των φωτιστικών, π.χ. στον χώρο εργασίας με τα μηχανήματα επιλέγονται κρεμαστά φωτιστικά, τύπου καμπάνας, έτσι ώστε να έχει εντονότερο φωτισμό στην στάθμη εργασίας.

Για κάθε χώρο επιλέγεται η βέλτιστη διάταξη, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής φωτισμός σε όλα τα σημεία του χώρου, χωρίς περίσσεια φωτιστικών.

Η τροφοδοσία των φωτιστικών είναι μονοφασική και γίνεται συμμετρική κατανομή στις τρεις φάσεις R, S, T, έτσι ώστε να αποφευχθεί και το στροβοσκοπικό φαινόμενο. Θεωρούμε ότι τα φωτιστικά έχουν συντελεστή ισχύος 0,9 επαγωγικό. Επιλέγονται PVC εύκαμπτα καλώδια για ελαφρές καταπονήσεις τύπου H05VV τριών αγωγών με διατομή  $1,5 \text{ mm}^2$ , ((1): πίνακας 7.1).

## 5.2. Εξωτερικός φωτισμός

Ο εξωτερικός φωτισμός είναι απαραίτητος για λόγους ασφαλείας. Τα φωτιστικά τοποθετούνται περιμετρικά στους τοίχους του κτιρίου, επί μεταλλικού βραχίονα τύπου «Γ» έτσι ώστε να υπάρχει επαρκής φωτισμός. Χρησιμοποιούνται καλώδια διατομής H05VV  $2,5 \text{ mm}^2$  και κατάλληλες ασφάλειες.

## 5.3. Ρευματοδότες

Σε γενικούς χώρους οι ρευματοδότες τοποθετούνται ανά  $4 \text{ m}^2$  επιφάνεια (1). Ο τελικός αριθμός ρευματοδοτών εξαρτάται όμως και από τη χρήση του χώρου. Π.χ. στις αποθήκες θεωρούμε ότι δεν χρειάζεται τόσο μεγάλος αριθμός ρευματοδοτών, οπότε εγκαθίσταται ο μισός αριθμός. Στις τουαλέτες για λόγους αποφυγής ηλεκτροπληξίας δεν τοποθετούνται ρευματοδότες, αφού και το μέγεθος του χώρου είναι σχετικά μικρό. Επίσης, στους διαδρόμους και στις σκάλες δεν εγκαθίστανται ρευματοδότες, αφού δεν υπάρχει πρακτικός λόγος. Παντού τοποθετούνται μονοφασικές πρίζες, και στον χώρο των μηχανών, αφού σε περίπτωση που χρειαστεί να τροφοδοτηθεί κάποια μηχανή, είτε νέα, είτε παλιά (λόγω βλάβης του καλωδίου τροφοδότησής της) θεωρούμε ότι συνδέεται απευθείας στον αντίστοιχο υποπίνακα κίνησης, όπου έχει ληφθεί υπόψη πιθανή επέκταση φορτίου.

Κάθε κύκλωμα θα τροφοδοτεί μέγιστο αριθμό 5 ρευματοδοτών. Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται, όμοια είναι H05VV τριών αγωγών με διατομή  ~~$1,5 \text{ mm}^2$~~  ή  $2,5 \text{ mm}^2$ . Θεωρούμε ότι για τους ρευματοδότες ο συντελεστής ισχύος είναι 0,9. Απαραίτητος είναι και ο καθορισμός του συντελεστή ταυτοχρονισμού, ο οποίος παίρνει τιμές 10%-40% ανάλογα με την χρήση του χώρου και συγκεκριμένα:

- a) Γραφεία, εστιατόριο, αίθουσα συνεδριάσεων: 40%
- b) Αποθήκες, λεβητοστάσιο: 10%
- c) Αποδυτήρια, μηχανουργείο: 20%

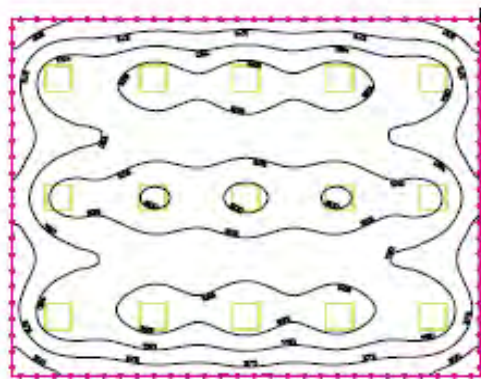
## 5.4. Παράδειγμα

### Αίθουσα συνεδριάσεων

γραφείο 19/8/2017

Τοπολογία 1 / Κόσμος 1 / Όροφος 1 / αίθουσα συνεδριάσεων / Σύνθεση γραφών

αίθουσα συνεδριάσεων


Ύψος χώρου: 2.500 m, Βαθμός ανάκλισης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέση (Όνομο)	Min	Max	Min/Μέση	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 14	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	472 (500)	225	620	0.48	0.36

#### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	103 (30.0)	91.5	111	0.89	0.82
Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	103 (30.0)	92.1	111	0.89	0.83
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	249	99.4	391	0.40	0.25

Αρ.	Αριθμός τεμαχίων			
1	15	Philips Lighting RC125B W50L60 1xLED34S/B40 NOC Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.98% Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 3400 lm Φωτεινή ροή φωτιστικού: 3399 lm Ισχύς: 41.0 W Ορεόλος φωτός: 82.9 lm/W Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100		

Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 51000 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 50985 lm, Συνολική ισχύς: 615.0 W, Ορεόλος φωτός: 82.9 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 7.69 W/m² = 1.63 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια 80.00 m²)

Κατανάλωση: 1500 - 1700 kWh/a από το πολύ 2850 kWh/a

### Επιλογή διατομής καλωδίων

Για τον φωτισμό της αίθουσας συνεδριάσεων χρησιμοποιήθηκαν 15 φωτιστικά, δηλαδή 5 φωτιστικά ανά φάση. Κάθε φωτιστικό καταναλώνει 41W, άρα η κάθε φάση θα πρέπει να φέρει ρεύμα:

$$I_{\text{φωτ}} = \frac{P_{\text{φωτ}}}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{5 \cdot 41}{230 \cdot 0,9} = 0,99\text{A}$$

Ως εκπρόσωπος όλων των συντελεστών διόρθωσης για το ρεύμα που πρέπει να αντέχουν τα καλώδια λαμβάνεται μόνο ο θερμοκρασιακός, ο οποίος για μόνωση PVC και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C λαμβάνεται  $f_{\theta}=0,87$  ( (1): πιν.7.5). Άρα:

$$I_{\text{καλωδίου}} = \frac{I}{0,87} = \frac{0,99}{0,87} = 1,14\text{A}$$

Για ρεύμα 1,14A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο H05VV διατομής 1,5mm<sup>2</sup> ( (1)πίνακας 7.4) καθώς κατά ΕΛΟΤ HD384 τα κυκλώματα ισχύος επιτρέπεται να τροφοδοτούνται από αγωγούς τουλάχιστον 1,5mm<sup>2</sup>. Οι 3 αγωγοί αντιστοιχούν στην φάση, στον ουδέτερο και στον αγωγό προστασίας. Θα υπάρχουν 3 τέτοια καλώδια, ένα για κάθε φάση.

### Έλεγχος πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης για μονοφασικό σύστημα είναι:

$$\varepsilon(\%) = 2 \cdot \Psi' \cdot \frac{P'_1 \cdot l_1 + P'_2 \cdot l_2 + P'_3 \cdot l_3 + P'_4 \cdot l_4 + P'_5 \cdot l_5}{U^2} \cdot 100$$

όπου

- $P'_1 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$
- $P'_2 = P_2 + P_3 + P_4 + P_5$  κ. ο. κ.

- $l_1$  είναι η απόσταση του πιο μακρινού φωτιστικού από τον υποπίνακα,  $l_2$  η απόσταση ανάμεσα στο πιο μακρινό φωτιστικό και στο αμέσως επόμενο που συνδέεται στην ίδια φάση κ.ο.θ

– Για 40°C και γνωρίζοντας ότι η αγωγιμότητα για τον χαλκό στους 20°C είναι  $k_{20} = 56 m/\Omega \cdot mm^2$  προκύπτει ότι:

$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 0,004(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,004 \cdot 20} = 51,852 m/\Omega \cdot mm^2$$

– Για χαμηλή τάση και για διατομές  $A \leq 16 mm^2$  ισχύει  $\psi' \approx R'$ . Άρα η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$\Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 1,5} = 0,01286 \Omega/m$$

Άρα η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = 0,02572 \cdot \frac{205 \cdot 11 + 164 \cdot 5 + 123 \cdot 5 + 82 \cdot 3 + 41 \cdot 3}{230^2} \cdot 100 = 0,2\%$$

Σ' αυτήν την πτώση τάσης θα πρέπει να προστεθούν η πτώση τάσης από το δευτερεύον του ΜΣ ως τον Γ.Π.Χ.Τ και η πτώση τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ ως τον υποπίνακα της αίθουσας συνεδριάσεων που υπολογίζεται αναλυτικά παρακάτω.

Συνολικά έχουμε:

$$\varepsilon_{ολ}(\%) = 0,159 + 1,57\% + 0,2\% = 1,929 < 4\%$$

Παρατηρούμε ότι είναι μικρότερη του 4% που είναι το επιτρεπτό μας όριο και επομένως δεν υπάρχει πρόβλημα. Διαφορετικά θα έπρεπε να αυξήσουμε τη διατομή του καλωδίου (όχι παραπάνω από 2,5mm<sup>2</sup>) ή να χωρίσουμε περισσότερα μονοφασικά κυκλώματα και να ξανά ελέγξουμε την πτώση τάσης.

### Ρευματοδότες

Η αίθουσα θα έχει 18 μονοφασικούς ρευματοδότες. Αυτοί θα χωριστούν σε 2 κυκλώματα το ένα θα έχει 5 ρευματοδότες ανά φάση με μέγιστο ρεύμα 16Α (σύμφωνα με τον κανονισμό της ΔΕΔΔΗΕ) και το άλλο 1 ρευματοδότη ανά φάση με μέγιστο ρεύμα 16Α.

Για τον υπολογισμό της διατομής των καλωδίων λαμβάνεται υπόψη ο θερμοκρασιακός συντελεστής, ο οποίος για μόνωση PVC και μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C λαμβάνεται  $f_{\theta}=0,87$  ( (1): πιν.7.5). Άρα:

$$I_{καλωδίου} = \frac{I}{0,87} = \frac{16}{0,87} = 18,4A$$

Για ρεύμα 18,4A επιλέγεται ένα 3πολικό καλώδιο H05VV διατομής 2,5mm<sup>2</sup> ( (1): πίνακας 7.4). Οι 3 αγωγοί αντιστοιχούν στην φάση, στον ουδέτερο και στον αγωγό προστασίας. Θα υπάρχουν 3 τέτοια καλώδια, ένα για κάθε φάση.

### Υποπίνακας

Για να βρούμε το συνολικό ρεύμα του υποπίνακα υπολογίζουμε το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων που απαιτούνται για φωτισμό και ρευματοδότες, λαμβάνοντας ως συντελεστή ταυτοχρονισμού το μέγιστο 40% λόγω της ιδιαιτερότητας του χώρου. Έχουμε:

$$I_{υπ} = I_{φωτ} + I_{ρευμ} = 1,14 < -25,84^{\circ} + 0,4 \cdot 2 \cdot 16 < -25,84^{\circ} = 13,94 < -25,84^{\circ}A$$

### Επιλογή ζυγών υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{ζυγου} = \frac{I_{υπ}}{0,7} = \frac{13,94}{0,7} = 19,91A$$

Οι μπάρες που επιλέγουμε είναι από χαλκό, παραλληλεπίπεδης διατομής και βαμμένες ( (1): πίνακας 7.37). Συγκεκριμένα επιλέγονται ζυγοί διατομής 3x(12x2) για τις τρεις φάσεις και 2x(12x2) για τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας. Οι ζυγοί αυτοί είναι οι μικρότεροι δυνατοί και υπερκαλύπτουν το μέγιστο υπολογισμένο θερμικό ρεύμα. Επιλέγονται δε και για όλους τους υπόλοιπους υποπίνακες και γι' αυτό δεν αναφέρεται παρακάτω.

### Επιλογή διατομής καλωδίων από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Έχουμε:

$$I_{\text{καλωδίου}} = \frac{I_{\text{υπ}}}{0,87} = \frac{13,94}{0,87} = 16,02\text{A}$$

Για ρεύμα 16,02A επιλέγεται ένα 5πολικό καλώδιο H05VV διατομής 2,5mm<sup>2</sup> για τις τρεις φάσεις, τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας.

### Πτώσης τάσης από τον Γ.Π.Χ.Τ στον υποπίνακα

Η πτώση τάσης για τριφασικό σύστημα είναι:

$$\varepsilon(\%) = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100 = \sqrt{3} \cdot l \cdot \Psi' \cdot I \cdot \frac{\cos \varphi}{U} \cdot 100$$

όπου

- $l$  είναι η απόσταση του υποπίνακα από τον Γ.Π.Χ.Τ, δηλαδή εδώ  $l \approx 30,5\text{m}$
- Για χαμηλή τάση και για διατομές  $A \leq 16\text{mm}^2$  ισχύει  $\psi' \approx R'$ . Άρα η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους είναι:

$$\Psi' = \frac{1}{51,852 \cdot 2,5} = 0,0077\Omega/\text{m}$$

- Η αγωγιμότητα προκύπτει:

$$k_{40} = \frac{k_{20}}{1 + 0,004(40 - 20)} = \frac{56}{1 + 0,004 \cdot 20} = \frac{51,852\text{m}}{\Omega} \cdot \text{mm}^2$$

Άρα η πτώση τάσης προκύπτει:

$$\varepsilon(\%) = \sqrt{3} \cdot 30,5 \cdot 0,0077 \cdot 13,94 \cdot \frac{0,9}{400} \cdot 100 = 1,26\%$$

Παρατηρούμε ότι είναι μικρότερη του 4% που είναι το επιτρεπτό μας όριο και επομένως δεν υπάρχει πρόβλημα. Διαφορετικά θα έπρεπε να αυξήσουμε τη διατομή του καλωδίου και να ξανά ελέγξουμε την πτώση τάσης.



### **Μέσα προστασίας**

Για την προστασία των καλωδίων θα χρησιμοποιηθούν μικροαυτόματοι διακόπτες χαρακτηριστικής τύπου C ,οι οποίοι είναι κατάλληλοι για την προστασία καλωδίων σε κτιριακές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Για την προστασία των γραμμών η ονομαστική ένταση του μικροαυτόματου είναι συνήθως 70-90% του διαρκώς επιτρεπόμενου ρεύματος της γραμμής ( (1): σελ.375). Έτσι για τα κυκλώματα φωτισμού επιλέγουμε τον μικροαυτόματο S201-C10 της εταιρίας ABB, ονομαστικής έντασης 10Α ανά φάση και ο οποίος τοποθετείται στην αναχώρηση κάθε γραμμής.

Για την προστασία των ρευματοδοτών σύμφωνα με το ρεύμα που τους διαρρέει επιλέγεται ο μικροαυτόματος S201-C16 της εταιρίας ABB, ονομαστικής έντασης 16Α ανά φάση.

Για την προστασία του υποπίνακα επιλέγουμε έναν ασφαλειοδιακόπτη τύπου OS32GD12P της εταιρίας ABB λαμβάνοντας υπόψη το ονομαστικό ρεύμα του υποπίνακα (13,94Α) ο οποίος τοποθετείται στην αναχώρηση της γραμμής από το Γ.Π.Χ.Τ προς τον υποπίνακα. Στην άφιξη της γραμμής στον υποπίνακα τοποθετούμε ένα γενικό διακόπτη φορτίου, ώστε να μπορούμε να τον θέσουμε εκτός, σε συνδυασμό με μια ασφάλεια για την προστασία από βραχυκυκλώματα. Επιλέχτηκε από την εταιρεία ABB (με βάση το συνολικό ονομαστικό ρεύμα του υποπίνακα) ο διακόπτης φορτίου OT25-3 κατηγορίας AC22 (χειρισμοί μικτών φορτίων ωμικών-επαγωγικών, συμπεριλαμβανομένης μιας μικρής υπερφόρτισης) και η ασφάλεια OFAF000H20 κατηγορίας gG (πλήρης προστασία στη γενική χρήση).

Επιπλέον για την προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας ή και κατά της πυρκαγιάς χρησιμοποιείται στα γραφεία και στο εστιατόριο διακόπτης διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ), ρεύματος διαρροής 30mA, τύπου F204A-25/0.03 της εταιρίας ABB. Έγινε επιλογή ΔΔΡ τύπου A ώστε να μην πέφτει εξαιτίας τυχών DC συνιστωσών από ηλεκτρονικές συσκευές στα γραφεία (UPS, υπολογιστές, κ.λπ.).

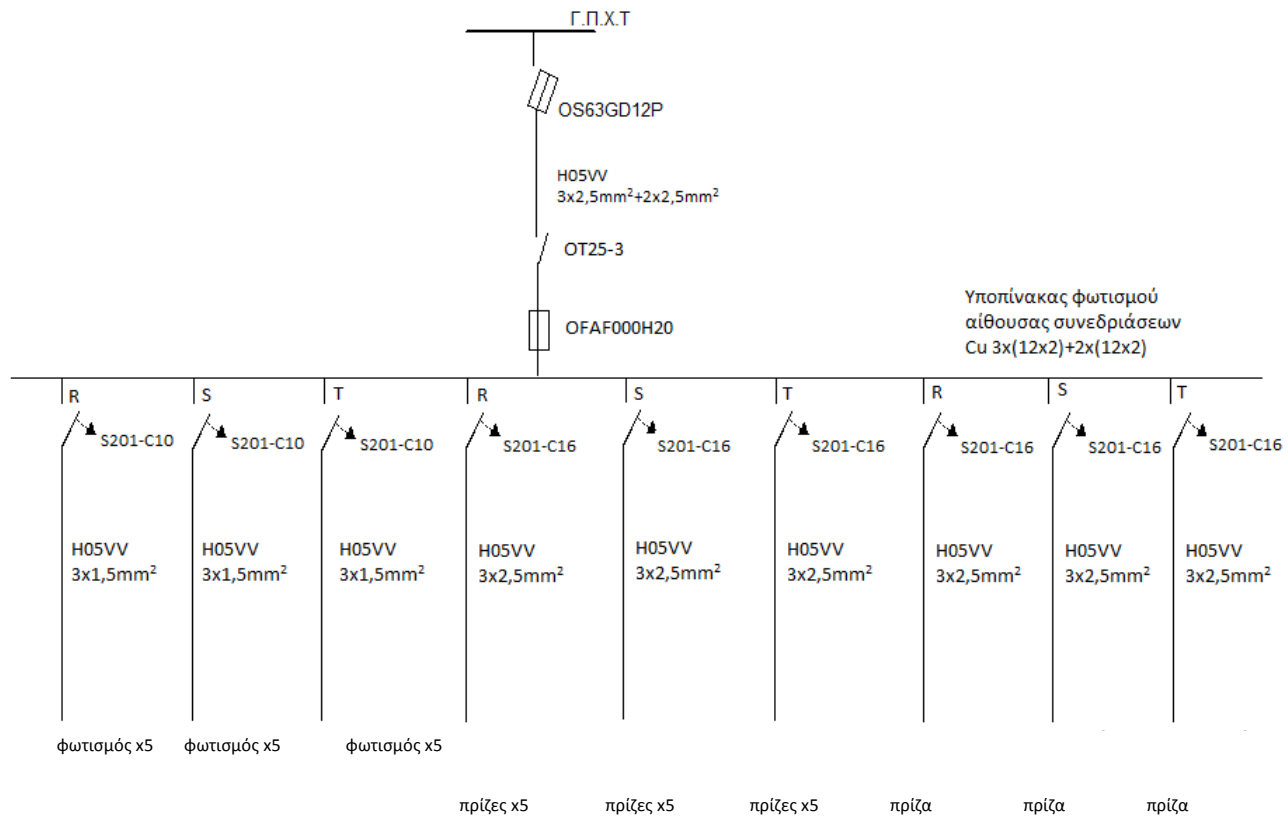
Ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες με τα αποτελέσματα:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	5	1,5	S201-C10		
	S	5	1,5	S201-C10		
	T	5	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	R	1	2,5	S201-C16		
	S	1	2,5	S201-C16		
	T	1	2,5	S201-C16		

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
13,94	2,5	30,5	1,26	OS32GD12P	OT25-3 OFAF000H20

*Πίνακες 20 Συγκεντρωτικά στοιχεία αίθουσας συνεδριάσεων*

Παρακάτω δίνεται το μονογραμμικό σχέδιο:



## 5.5. Υπόγειο

### 5.5.1 Χώρος κινήτων

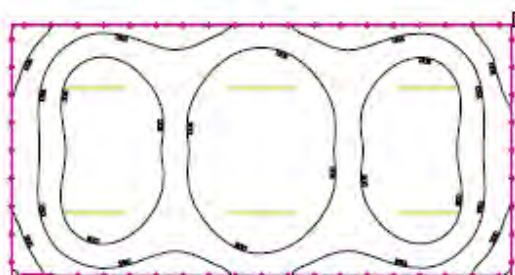
χώρος κινήτων

18/8/2017

# DIALux

Τοποθεσία 1 / Κλίμα 1 / Εσωτερικός χώρος 2 / Εσωτερικός χώρος 1 / Σύνολο χώρων

#### Εσωτερικός χώρος 1



Υψος χώρου: 5.000 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τείχος 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

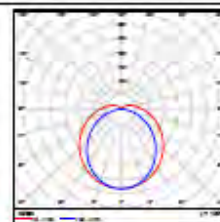
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσα (Όνομα)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 1	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Υψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	288 (500)	147	368	0.51	0.40

#### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	74.2 (30.0)	61.9	88.4	0.70	0.59
Κύριες επιφάνειες (τοιχοί)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	161	67.2	330	0.36	0.17

Αρ. Αριθμός  
τεμαχίων

1 6 Philips Lighting BN124C L1500 1 xLED64S/840  
Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 100.01%  
Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 6400 lm  
Φωτεινή ροή φωτιστικού: 6401 lm  
Ισχύς: 60.0 W  
Ωφέλιμος φωτός: 106.7 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 38400 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 38406 lm, Συνολική ισχύς: 360.0 W, Ωφέλιμος φωτός: 106.7 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 5.00 W/m<sup>2</sup> = 1.74 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 72.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 650 - 800 kWh/a από το πολύ 2660 kWh/a

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	1	1,5	S201-C10	0,51	0,959
	S	1	1,5	S201-C10		
	T	0	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	R	1	2,5	S201-C16		
	S	1	2,5	S201-C16		
	T	1	2,5	S201-C16		

*Πίνακας 21 Συγκεντρωτικά στοιχεία χώρου κινητήρων*

## 5.5.2 Αποθήκη Ι και ΙΙ

αποθήκη 1\_2

18/8/2017

# DIALux

Τοποθέτηση / Κάδρο / Οροφή / αποθήκη / Σύνθεση χώρων

αποθήκη



Υψος χώρου: 5.000 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

### Επίπεδο εργασίας

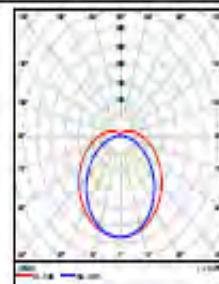
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέση (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέση	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 1	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Υψος του επιπέδου εργασίας: 0.500 m, Ζώνη περιφ: 0.000 m	395 (300)	234	492	0.59	0.48

### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	189 (30.0)	115	507	0.61	0.23
Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	189 (30.0)	115	506	0.61	0.23
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	288	162	540	0.56	0.30

Αρ. Αριθμός  
πυλαίων

1	4	Philips Lighting BN124C L1500 1 xLED64S/B40 Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 100.01% Φωταυτή ροή λαμπτήρα: 6400 lm Φωταυτή ροή φωτιστικού: 6401 lm Ισχύς: 60.0 W Δείκτης φωτός: 106.7 lm/W Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100
---	---	---



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 25600 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 25604 lm, Συνολική ισχύς: 240.0 W, Δείκτης φωτός: 106.7 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 3.33 W/m<sup>2</sup> = 0.84 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 72.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 350 - 550 kWh/a από το πολύ 2550 kWh/a

Ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες με τα αποτελέσματα:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	6	1,5	S201-C10	0,17	0,956
	S	6	1,5	S201-C10		
	T	6	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	R	1	2,5	S201-C16		
	S	1	2,5	S201-C16		
	T	1	2,5	S201-C16		

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
6,54	1,5	16,43	0,63	OS32GD12P	OT16-3 OFAF000H10

Πίνακες 22 Συγκεντρωτικά στοιχεία για αποθήκη I και II

### 5.5.3 Αποθήκη III και λεβητοστάσιο

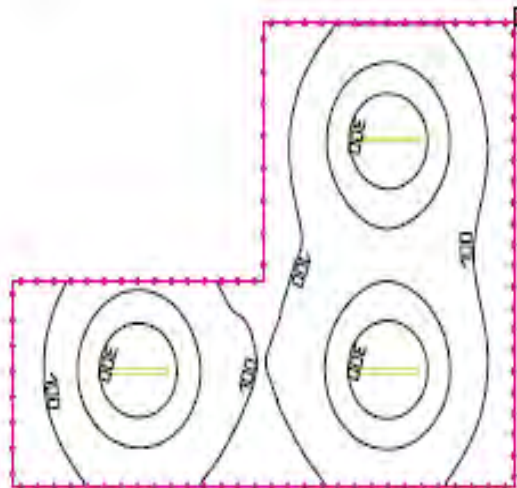
αποθήκη 3

18/8/2017

# DIALux

Τοποθεσία 1 / Κάδρο 1 / Ορόφος 1 / Εσωτερικός χώρος 1 / Ζώνη γύρων

#### Εσωτερικός χώρος 1



Ύψος χώρου: 2.800 m, Βαθμός ανάκλισης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

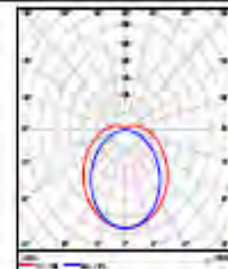
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσα (Όνομα)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 1	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	166 (500)	60.0	417	0.30	0.12

#### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (παβάνι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	46.2 (30.0)	25.8	107	0.56	0.24
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	86.3	37.0	210	0.43	0.18

Αρ. Αριθμός  
τμημάτων

1 3 Philips Lighting BN124C L1500 1 xLED64S/B40  
Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 100.01%  
Φωταυτή ροή λαμπτήρα: 6400 lm  
Φωταυτή ροή φωτιστικού: 6401 lm  
Ισχύς: 60.0 W  
Οφέλος φωτός: 106.7 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



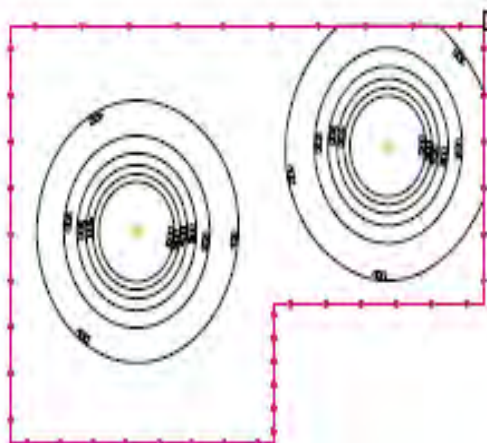
Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 19200 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 19203 lm, Συνολική ισχύς: 180.0 W, Οφέλος φωτός: 106.7 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.31 W/m<sup>2</sup> = 1.39 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 78.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 350 - 500 kWh/a από το πολύ 2750 kWh/a



## Λεβητοστάσιο



Ύψος χώρου: 5.000 m, Βαθμός ανάκλισης: Οροφή 70.0%, Τείχος 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

## Επίπεδο εργασίας

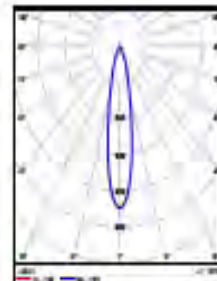
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέση (Όνομα)	Min	Max	Min/Μέση	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 1	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	181 (500)	8.12	1065	0.05	0.01

## EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (παβάνι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	16.9 (30.0)	9.47	21.2	0.56	0.46
Κύριες επιφάνειες (τοιχεία)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	22.6	8.11	75.1	0.36	0.11

Αρ. Αριθμός  
τεμαχίων

1 2 Philips Lighting R5751B 1xLED40S/B40 MB  
Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.87%  
Φωταινή ροή λαμπτήρα: 5200 lm  
Φωταινή ροή φωτιστικού: 5193 lm  
Ισχύς: 39.5 W  
Συχνότητα φωτός: 131.5 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 10400 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 10386 lm, Συνολική ισχύς: 79.0 W, Συχνότητα φωτός: 131.5 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 1.72 W/m<sup>2</sup> = 0.95 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 46.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 200 kWh/a από το πακέτο 1650 kWh/a

Ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες με τα αποτελέσματα:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	0	1,5	S201-C10	0,06	0,819
	S	1	1,5	S201-C10		
	T	1	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	R	3	2,5	S201-C16		
	S	3	2,5	S201-C16		
	T	3	2,5	S201-C16		

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
6,65	1,5	16,43	0,6	OS32GD12P	OT16-3 OFAF000H10

Πίνακες 23 Συγκεντρωτικά στοιχεία για αποθήκη III και λεβητοστάσιο

## 5.5.4 Αποθήκες IV, V, σκάλες

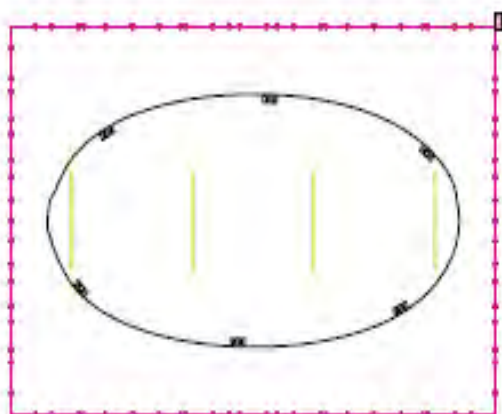
αποθήκη 4

19/8/2017

# DIALux

Τοποθεσία 1 / Κάδρο 1 / Ορόφος 1 / αποθήκη 4 / Σύνολο χώρων

αποθήκη 4



Ύψος χώρου: 5.000 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσο (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 1	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.850 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	194 (300)	111	257	0.57	0.43

### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (παβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	60.6 (30.0)	55.2	79.3	0.91	0.70
Κύρια επιφάνεια (παβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	61.1 (30.0)	51.3	103	0.84	0.50
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	139	79.5	472	0.57	0.17

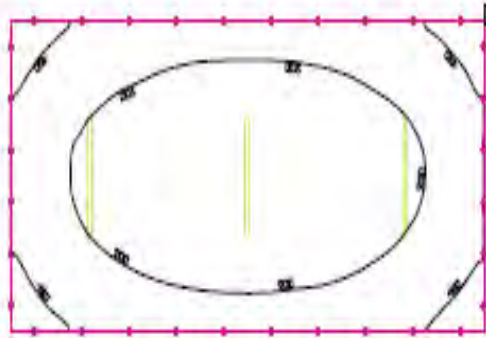
Αρ.	Αριθμός τεμαχίων			
1	4	Philips Lighting BN124C L1500 1 xLED64S/840 Βαθμός απόδοσης λαμπυργίας: 100.01% Φωτεινή ροή λαμπύρα: 6400 lm Φωτεινή ροή φωτιστικού: 6401 lm Ισχύς: 60.0 W Φασματικός δείκτης: 106.7 lm/W Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100		

Συνολική ροή φωτός λαμπυριών: 25600 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 25604 lm, Συνολική ισχύς: 240.0 W, Φασματικός δείκτης: 106.7 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 4.44 W/m<sup>2</sup> = 2.29 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 54.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 350 - 550 kWh/a από το πολύ 1900 kWh/a

## αποθήκη 5



Ύψος χώρου: 5.000 m, Βαθμός ανάκλισης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

## Επίπεδο εργασίας

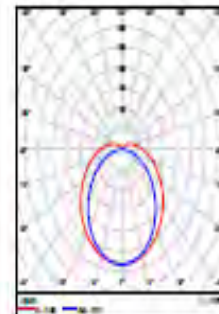
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσο (Όνομ)	Min	Max	Mini/Μέσο	Mini/Max
1 Επίπεδο εργασίας 1	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.850 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	194 (300)	121	241	0.62	0.50

## EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	107 (30.0)	62.7	314	0.59	0.20
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	146	75.3	309	0.52	0.24

Αρ. Αριθμός  
πυλίων

1 3 Philips Lighting BN124C L1500 1 xLED64S/B40  
Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 100.01%  
Φωταινή ροή λαμπτήρα: 6400 lm  
Φωταινή ροή φωτιστικού: 6401 lm  
Ισχύς: 60.0 W  
Όφελος φωτός: 106.7 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100

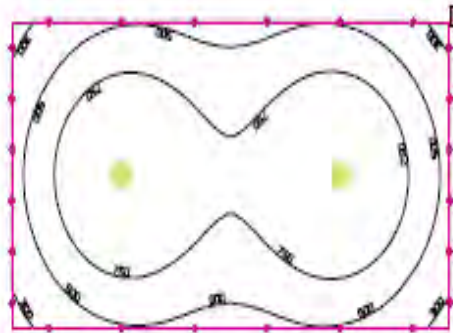


Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 19200 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 19203 lm, Συνολική ισχύς: 180.0 W, Όφελος φωτός: 106.7 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 5.00 W/m<sup>2</sup> = 2.57 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 36.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 250 - 400 kWh/a από το πολύ 1300 kWh/a

## σκάλες



Υψος χώρου: 6.000 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 60.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

## Επίπεδο εργασίας

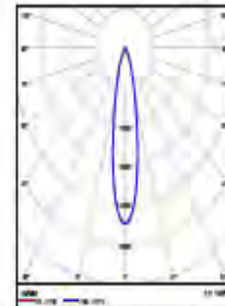
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσα (Όνομ)	Μίν	Μαx	Μίν/Μέσο	Μίν/Μαx
1 Επίπεδο εργασίας 1	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Υψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	704 (300)	267	1143	0.37	0.22

## EN 12464-1

Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	128	30.0	211	0.23	0.14
----------------------------	-----------------------------	-----	------	-----	------	------

Αρ. Αριθμός  
παραγών

- 1 2 Philips Lighting RS761B 1xLED49S/640 MB  
 Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.87%  
 Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 5200 lm  
 Φωτεινή ροή φωτιστικού: 5193 lm  
 Ισχύς: 39.5 W  
 Ωφέλιμος φωτός: 131.6 lm/W  
 Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
 Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 10400 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 10386 lm, Συνολική ισχύς: 79.0 W, Ωφέλιμος φωτός: 131.6 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 9.88 W/m<sup>2</sup> = 1.40 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 8.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 100 - 200 kWh/a από το πολύ 300 kWh/a

Ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες με τα αποτελέσματα:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	1	1,5	S201-C10	0,19	0,519
	S	1	1,5	S201-C10		
	T	1	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	4	2,5	S201-C16		
	S	4	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
7,26	1,5	4,44	0,17	OS32GD12P	OT16-3 OFAF000H10

Πίνακες 24 Συγκεντρωτικά στοιχεία για αποθήκες IV, V και σκάλες



## 5.5.5 Χώρος ΜΣ και διάδρομος

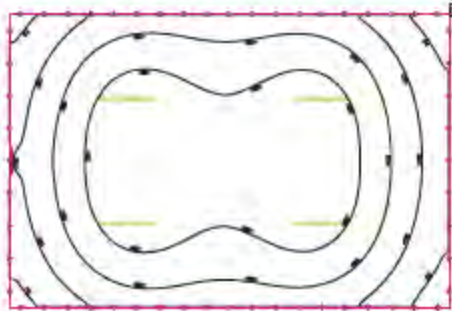
υποσταθμός

19/6/2017

# DIALux

Τοποθεσία 1 / Χώρος 1 / υποσταθμός / χώρος ΜΣ / Στοιχείο χώρου

χώρος ΜΣ



Υψος χώρου: 5.000 m. Βαθμός ανάκλισης: Οροφή 70.0%, Τείχη 60.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποκλίση	Μέσα (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 1	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Υψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περφ.: 0.000 m	131 (300)	60.1	173	0.46	0.35

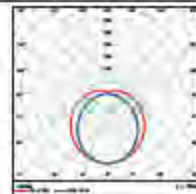
EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (παθόν)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	36.0 (20.0)	32.6	41.8	0.89	0.78
Κόρυφοι επιφάνειες (τοιχοί)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	84.8	17.6	154	0.21	0.11

Αρ.

Αριθμός  
τεμαχίων

1	4	Philips Lighting BN124C L1500 1xLED645/640 Βαθμός απόδοσης λαμπυργίας: 100.01% Φωταυτή ροή λαμπτήρα: 6400 lm Φωταυτή ροή φωτιστικού: 6401 lm Ισχύς: 60.0 W Έμφαν. φωτός: 106.7 lm/W Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100
---	---	--

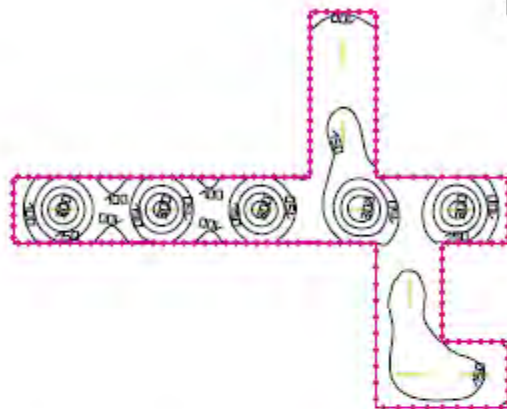


Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 25600 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 25604 lm, Συνολική ισχύς: 240.0 W, Έμφαν. φωτός: 106.7 lm/W

Είδητή ημής σύνδεσης: 2.50 W/m² = 1.91 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια 96.00 m²)

Κατανάλωση: 850 kWh/a από το πακέτο 3400 kWh/a

διάδρομος



Ύψος χώρου: 5.000 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 50.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

Επίπεδο εργασίας

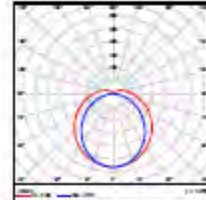
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσα (Όνομα)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 1	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.500 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	158 (500)	0.00	351	0.00	0.00

EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	87.3 (30.0)	45.3	410	0.52	0.11
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	106	0.00	206	0.00	0.00

Αρ. Αριθμός  
παράλιον

1 10 Philips Lighting BN124C L1500 1 xLED64S/B40  
Βαθμός απόδοσης λαμπυρίας: 100.01%  
Φωτεινή ροή λαμπήρια: 6400 lm  
Φωτεινή ροή φωτιστικών: 6401 lm  
Ισχύς: 60.0 W  
Εκπεμπόμενος φωτός: 106.7 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήριων: 64000 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 64010 lm, Συνολική ισχύς: 600.0 W, Εκπεμπόμενος φωτός: 106.7 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.78 Wlm² = 1.76 Wlm²/100 lx (Βασική επιφάνεια 216.00 m²)

Κατανάλωση: 1650 kWh/a από το ποσό 7600 kWh/a



Ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες με τα αποτελέσματα:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	1	1,5	S201-C10	0,66	0,999
	S	1	1,5	S201-C10		
	T	1	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	0	-	-		
	S	0	-	-		
	T	0	-	-		

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
6,67	1,5	5,5	0,18	OS32GD12P	OT16-3 OFAF000H10

Πίνακες 25 Συγκεντρωτικά στοιχεία για Χώρο ΜΣ και διάδρομο

Επομένως, συγκεντρωτικά για το υπόγειο έχουμε τους παρακάτω 5 υποπίνακες:

Υποπίνακας	Χώρος
1	Χώρος κινητήρων
2	Αποθήκη I και II
3	Αποθήκη III και Λεβητοστάσιο
4	Αποθήκη IV, V και Σκάλες
5	Χώρος Μ/Σ και διάδρομος

Πίνακας 26 Υποπίνακες υπογείου

## 5.6 Ισόγειο

### 5.6.1 Αποδυτήρια I,II, Εστιατόριο, Σκάλες

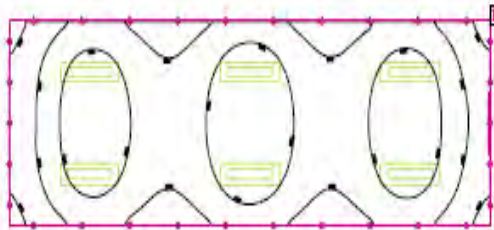
#### Αποδυτήρια 1 & 2

παραγωγή 19/8/2017

Τοποθεσία 1 / Κόριο 2 / Όροφος 1 / αποδυτήρια II / Σύνοψη χώρων

# DIALux

#### αποδυτήρια II



Ύψος χώρου: 5.000 m, Βαθμός ανάκλισης: Όροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

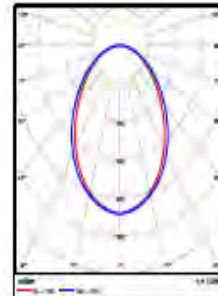
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσα (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 5	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	267 (200)	128	368	0.48	0.35

#### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	31.6 (30.0)	21.3	38.4	0.67	0.55
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	92.2	21.3	233	0.23	0.09

Αρ. Αριθμός  
τεμαχίων

1 6 Philips Lighting RC088B W30L120 1xLED22S/840  
Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.83%  
Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 2375 lm  
Φωτεινή ροή φωτιστικού: 2371 lm  
Ισχύς: 27.6 W  
Ωφέλιμος φωτός: 85.9 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 14250 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 14226 lm, Συνολική ισχύς: 165.6 W, Ωφέλιμος φωτός: 85.9 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 5.63 W/m<sup>2</sup> = 2.11 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 29.40 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 200 - 300 kWh/a από το πολύ 1050 kWh/a

## Εστιατόριο

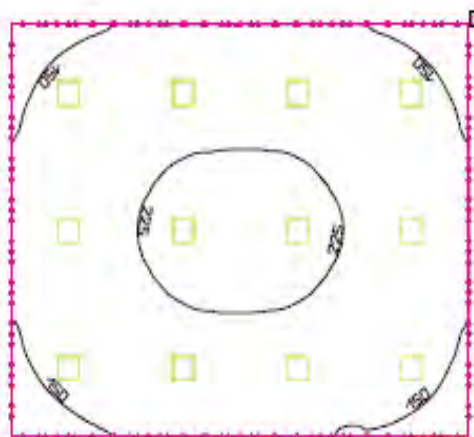
παραγωγή

19/8/2017

# DIALux

Τοποθεσία 1 / Κάτοχος 2 / Ορόφος 1 / Εστιατόριο / Σύνολο χώρου

### εστιατόριο



Ύψος χώρου: 5.000 m, Βαθμός ανάκλισης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

### Επίπεδο εργασίας

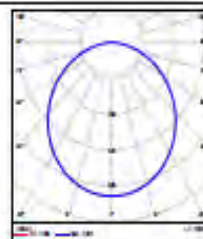
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσο (Όνομα)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 4	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	192 (50.0)	109	236	0.57	0.46

### EN 12464-1

Κύρια σφαιρική (ταβάνι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	46.8 (30.0)	0.00	52.3	0.00	0.00
Κύρια σφαιρική (ταβάνι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	46.8 (30.0)	0.00	52.4	0.00	0.00
Κύριες σφαιρικές (τοιχοί)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	122	63.8	180	0.44	0.30

Αρ. Αριθμός  
τοιχείων

1 12 Philips Lighting RC125B W50L60 1xLED34S/B40  
NOC  
Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.98%  
Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 3400 lm  
Φωτεινή ροή φωτιστικού: 3396 lm  
Ισχύς: 41.0 W  
Όφελος φωτός: 82.9 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 40800 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 40788 lm, Συνολική ισχύς: 492.0 W, Όφελος φωτός: 82.9 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 3.98 W/m<sup>2</sup> = 2.08 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική σφαιρική 123.48 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 1800 - 1900 kWh/a από το πολύ 4350 kWh/a

## Σκάλες

σκάλες

19/8/2017

# DIALux

Τοποθεσία 1 / Κήφισο 1 / Ορόφος 1 / σκάλες / Σύνολο χώρων

σκάλες



Ύψος χώρου: 6.000 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τείχος 60.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

### Επίπεδο εργασίας

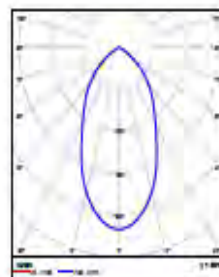
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσο (Όνομα)	Μin	Max	Μin/Μέσο	Μin/Max
1 Επίπεδο εργασίας 1	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.600 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	234 (300)	172	274	0.74	0.63

### EN 12464-1

Κύριες επιφάνειες (τοιχοί)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	160	69.6	433	0.37	0.14
----------------------------	-----------------------------	-----	------	-----	------	------

Αρ. Αριθμός  
πραχίων

1 4 Philips Lighting DN131B D217 1xLED20S/840  
 Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 87.87%  
 Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 2400 lm  
 Φωτεινή ροή φωτιστικού: 2109 lm  
 Ισχύς: 22.0 W  
 Ωφέλιος φωτός: 96.9 lm/W  
 Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
 Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 9600 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 8436 lm, Συνολική ισχύς: 88.0 W, Ωφέλιος φωτός: 96.9 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 11.00 W/m<sup>2</sup> = 4.71 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 8.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 100 - 200 kWh/a από το πολύ 300 kWh/a

Συγκεντρωτικά για τους χώρους αυτούς έχουμε:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	2	1,5	S201-C10	1,36	3,3
	S	1	1,5	S201-C10		
	T	2	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	R	1	2,5	S201-C16		
	S	1	2,5	S201-C16		
	T	1	2,5	S201-C16		
	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	4	2,5	S201-C16		

Για τον υποπίνακα 1 έχουμε:

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
17,96	2,5	19	1,8	OS32GD12P	OT25-3 OFAF000H20

*Πίνακες 27 Συγκεντρωτικά στοιχεία για Αποδυτήρια Ι,ΙΙ, Εστιατόριο, Σκάλες*

## 5.6.2 Μικρός χώρος κινητήρων

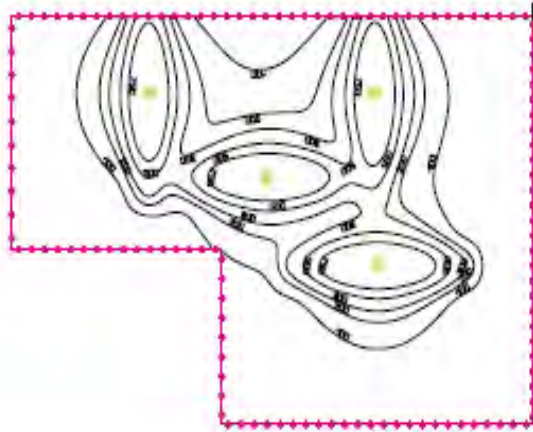
παραγωγή)

198/2017

Τοποθέτα 1 / Κλίμα 2 / Όροφος 1 / μικρός χώρος κινητήρων / Σύνολο χώρου

# DIALux

### μικρός χώρος κινητήρων



Ύψος χώρου: 5.000 m, Βαθμός ανάκλισης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

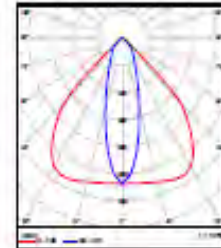
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσα (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 2	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	247 (500)	13.2	1311	0.05	0.01

#### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	41.5 (30.0)	13.6	70.6	0.33	0.19
Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	41.5 (30.0)	13.6	70.6	0.33	0.19
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	44.7	15.0	530	0.34	0.03

Αρ. Αριθμός  
1 4 τμημάτων

Philips Lighting BY47 1X 1xGRN250S/B40 HRD GC  
 Βαθμός απόδοσης λαμπυργίας: 99.68%  
 Φωταυτή ροή λαμπτήρα: 25000 lm  
 Φωταυτή ροή φωτιστικού: 24920 lm  
 Ισχύς: 182.0 W  
 Ωφέλιμος φωτός: 136.9 lm/W  
 Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
 Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 100000 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 99680 lm, Συνολική ισχύς: 728.0 W, Ωφέλιμος φωτός: 136.9 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 2.11 W/m² = 0.86 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια 344.64 m²)

Κατανάλωση: 1150 - 1650 kWh/a από το ποσό 12100 kWh/a



Συγκεντρωτικά για τον χώρο αυτό έχουμε:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματ ος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	2	1,5	S201-C10	0,43	1,45
	S	1	1,5	S201-C10		
	T	1	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	R	5	2,5	S201-C16		
	S	4	2,5	S201-C16		
	T	4	2,5	S201-C16		

Για τον υποπίνακα 2 έχουμε:

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
13,615	1,5	21	0,86	OS32GD12P	OT16-3 OFAF000H16

*Πίνακες 28 Συγκεντρωτικά στοιχεία για μικρό χώρο ΜΣ*





Ο χώρος αυτός χωρίστηκε σε 3 επιμέρους υποπίνακες. Ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες με τα αποτελέσματα:

3<sup>ος</sup> υποπίνακας:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	4	1,5	S201-C10	2,67	3,1
	S	4	1,5	S201-C10		
	T	4	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	T	4	2,5	S201-C16		

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
5,01	1,5	16,5	0,27	OS32GD12P	OT16-3 OFAF000H6

4<sup>ος</sup> υποπίνακας:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	4	1,5	S201-C10	1,97	3,5
	S	4	1,5	S201-C10		
	T	4	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	5	2,5	S201-C16	1,97	3,5
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
11,66	1,5	42	1,32	OS32GD12P	OT16-3 OFAF000H16

5<sup>ος</sup> υποπίνακας:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	4	1,5	S201-C10	2,13	3,4
	S	4	1,5	S201-C10		
	T	4	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
3,77	1,5	34	1,07	OS32GD12P	OT16-3 OFAF000H6

Πίνακες 29 Συγκεντρωτικά στοιχεία για μεγάλο χώρο ΜΣ

Επομένως, συγκεντρωτικά για το ισόγειο έχουμε τους παρακάτω 5 υποπίνακες:

Υποπίνακας	Χώρος
1	Αποδυτήρια I και II, Εστιατόριο, Σκάλες
2	Μικρός χώρος κινητήρων
3	Μεγάλος χώρος κινητήρων
4	Μεγάλος χώρος κινητήρων
5	Μεγάλος χώρος κινητήρων

Πίνακας 30 Υποπίνακες Ισογείου

## 5.7 Γραφεία

### 5.7.1 Αποθήκη (2,5x4) - WC - Γραφεία I και II - Αποθήκη (3x4) - Διάδρομος

#### Αποθήκη (2,5x4)

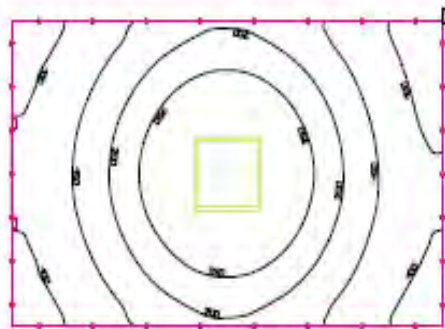
γραφεία

19/8/2017

# DIALux

Τοποθέτηση 1 / Κόμβος 1 / Οροφή 1 / αποθήκη / Σύνθεση χώρων

αποθήκη



Ύψος χώρου: 2.500 m, Βαθμός ανάκλισης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80


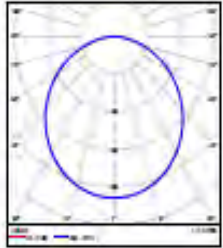
#### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέση (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέση	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 2	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	186 (500)	77.3	349	0.42	0.22

#### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	41.7 (30.0)	30.3	49.1	0.73	0.62
Κύρια επιφάνεια (τοίχοι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	93.1	37.7	209	0.40	0.18

Αρ. Αριθμός  
τεμαχίων

1	1	Philips Lighting RC125B W80L60 1xLED34S/840 NOC Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.98% Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 3400 lm Φωτεινή ροή φωτιστικού: 3399 lm Ισχύς: 41.0 W Δireλος φωτός: 82.9 lm/W Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100		
---	---	--	--	---

Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 3400 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 3399 lm, Συνολική ισχύς: 41.0 W, Direλος φωτός: 82.9 lm/W

Εδική τιμή σύνδεσης: 4.10 W/m<sup>2</sup> = 2.21 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 10.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 50 - 100 kWh/εία από το πολύ 400 kWh/εία

## WC

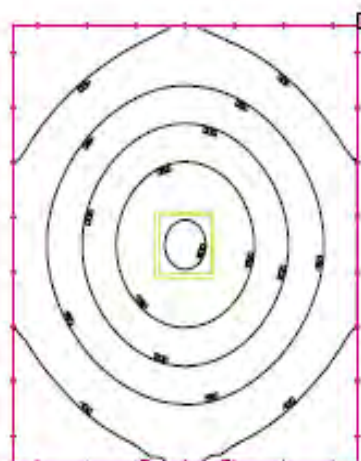
γραφείο

19/6/2017

# DIALux

Τοποθέτηση 1 / Κτίριο 1 / Οροφος 1 / WC / Σύνθεση ερίων

## WC



Ύψος χώρου: 2.500 m, Βαθμός ανάκλισης: Οροφή 70.0%, Τίγλη 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

### Επίπεδο εργασίας

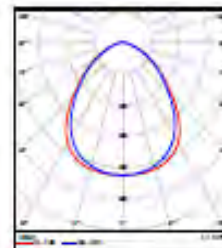
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέση (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέση	Μin/Max
1 Επίπεδο εργασίας 3	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.500 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	155 (500)	52.5	306	0.34	0.17

### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	27.3 (30.0)	18.5	31.8	0.68	0.58
Κύριες επιφάνειες (τοιχοί)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	59.1	20.7	101	0.35	0.20

Αρ. Αριθμός  
παραγώνων

1 1 Philips Lighting RC127V W60L60 1x LED34S/830  
OC  
Βαθμός απόδοσης λαμπυρίδας: 99.96%  
Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 3400 lm  
Φωτεινή ροή φωτιστικού: 3399 lm  
Ισχύς: 41.0 W  
Οφέλος φωτός: 82.9 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 3400 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 3399 lm, Συνολική ισχύς: 41.0 W, Οφέλος φωτός: 82.9 lm/W

Εδική τιμή σύνδεσης:  $2.93 \text{ W/m}^2 = 1.89 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Βασική επιφάνεια 14.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 50 - 100 kWh/a από το ποσό 500 kWh/a

## Γραφείο 1 & 2

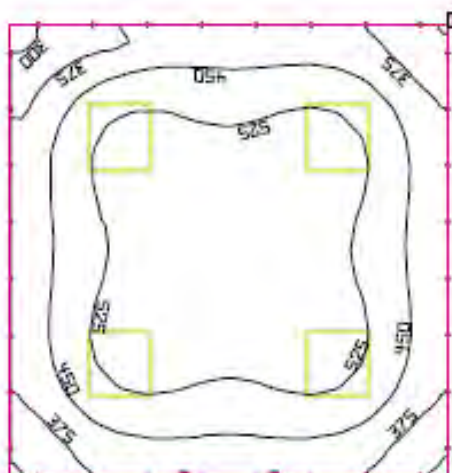
γραφείο

19/8/2017

# DIALux

Ταβλάκι 1 / Κάτο 1 / Όροφος 1 / 1 / Σύνολο γύρων

1



Ύψος χώρου: 2.500 m, Βαθμός ανακλάσης: Οροφή 70.0%, Τείχος 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

### Επίπεδο εργασίας

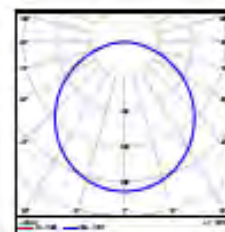
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσο (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 4	Κάθιστη ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	476 (500)	284	655	0.60	0.50

### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (παβάν)	Κάθιστη ένταση φωτισμού [lx]	117 (30.0)	98.3	126	0.84	0.78
Κόρυφ επιφάνειας (τοιχοί)	Κάθιστη ένταση φωτισμού [lx]	273	161	409	0.59	0.39

Αρ. Αριθμός  
πρωτόνων

1 4 Philips Lighting RC125B W50L60 (x)LED34S/840  
NCC  
Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.98%  
Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 3400 lm  
Φωτεινή ροή φωτιστικού: 3399 lm  
Ισχύς: 41.0 W  
Δεξιά φωτός: 82.9 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 13600 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 13596 lm, Συνολική ισχύς: 164.0 W, Δεξιά φωτός: 82.9 lm/W

DIALux

Σελίδα 1

## Αποθήκη (3x4)

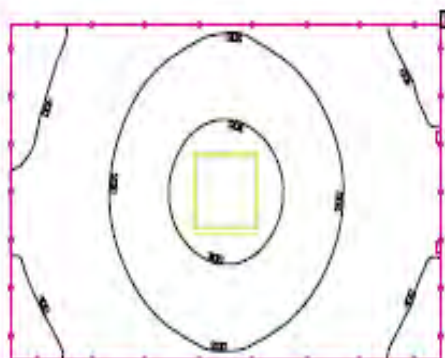
γραφείο

19/8/2017

# DIALux

Τοποθεσία 1 / Κάδρο 1 / Ορόφος 1 / αποθήκη / Σύνθεση χώρων

αποθήκη



Ύψος χώρου: 2.500 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

### Επίπεδο εργασίας

Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέση (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 7	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	186 (500)	76.4	348	0.41	0.22

### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (παβόνι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	41.3 (30.0)	29.1	49.0	0.70	0.59
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	92.8	37.8	209	0.41	0.18

Αρ. Αριθμός  
πραχών

1	1	Philips Lighting RC125B W60L60 1xLED34S/840 NOC Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.98% Φωταυτή ροή λαμπτήρα: 3400 lm Φωταυτή ροή φωτιστικού: 3399 lm Ισχύς: 41.0 W Διεύθυνση φωτός: 82.9 lm/W Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K Διακτής αναπαραγωγής χρώματος: 100		
---	---	--	--	--

Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 3400 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 3399 lm, Συνολική ισχύς: 41.0 W, Διεύθυνση φωτός: 82.9 lm/W

Ειδικά τιμή σύνδεσης: 4.10 W/m² = 2.21 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια 10.00 m²)

Κατανάλωση: 50 - 100 kWh/ώρα από το ποσό 400 kWh/ώρα



## Διάδρομος

γραφεία

19/8/2017

# DIALux

Τοποθεσία 1 / Κτίριο 1 / Ορόφος 1 / Διάδρομος / Σύνολο χώρων

### διάδρομος



Ύψος χώρου: 2.500 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

#### Επίπεδο εργασίας

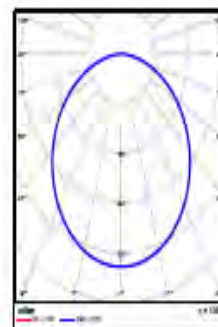
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσα (Όνομ)	Min	Max	Μini/Μέσο	Μin/Max
1 Επίπεδο εργασίας 13	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.500 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	280 (500)	85.6	375	0.31	0.23

#### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	95.1 (30.0)	40.0	134	0.42	0.30
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	185	40.7	609	0.22	0.07

Αρ. Αριθμός  
τεμαχίων

1 7  
Philips Lighting RC125B W60L60 1xLED34S/840  
NOC  
Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.98%  
Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 3400 lm  
Φωτεινή ροή φωτιστικού: 3399 lm  
Ισχύς: 41.0 W  
Ωφέλιμος φωτός: 82.9 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 23800 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 23793 lm, Συνολική ισχύς: 287.0 W, Ωφέλιμος φωτός: 82.9 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 7.65 W/m<sup>2</sup> = 2.73 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 37.51 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 800 kWh/a από το πολύ 1350 kWh/a



Συγκεντρωτικά για τον χώρο αυτό έχουμε:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	3	1,5	S201-C10	0,6	1,79
	S	2	1,5	S201-C10		
	T	2	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	3	2,5	S201-C16		
	S	3	2,5	S201-C16		
	T	3	2,5	S201-C16		
	R	3	2,5	S201-C16		
	S	2	2,5	S201-C16		
	T	2	2,5	S201-C16		
	R	2	2,5	S201-C16		
	S	2	2,5	S201-C16		
	T	2	2,5	S201-C16		
	R	2	2,5	S201-C16		

Για τον υποπίνακα 2 έχουμε:

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
15,96	2,5	20	1,04	OS32GD12P	OT16-3 OFAF000H20

Πίνακες 31 Συγκεντρωτικά στοιχεία για Αποθήκη (2,5x4) - WC – Γραφεία I και II - Αποθήκη (3x4) Διάδρομος

## 5.7.2 Αποθήκη (2,5x4) - WC - Γραφεία III και IV - Αποθήκη (3x4) Αποθήκη (2,5x4)

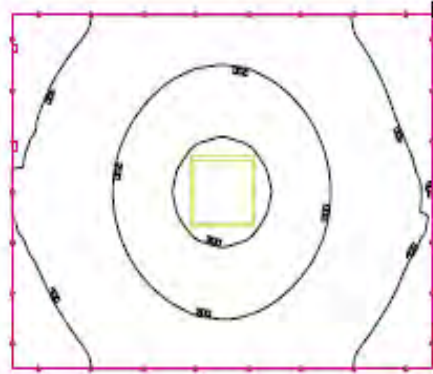
γραφεία

19/8/2017

# DIALux

Τοποθεσία 1 / Κάδρο 1 / Όροφος 1 / αποθήκη / Σύνολο χώρων

αποθήκη



Ύψος χώρου: 2.500 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

### Επίπεδο εργασίας

Εμφάνιση	Αποτέλεσμα	Μέσο (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 0	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	167 (500)	65.6	339	0.39	0.19

### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	34.9 (30.0)	25.8	40.0	0.74	0.65
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	79.0	33.3	147	0.42	0.23

Αρ. Αριθμός  
παράχτων

1	1	Philips Lighting RC125B W60L60 txLED345/640 NOC Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.98% Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 3400 lm Φωτεινή ροή φωτιστικού: 3399 lm Ισχύς: 41.0 W Διερχόμενος φωτός: 82.9 lm/W Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100		
---	---	--	--	--

Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 3400 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 3399 lm, Συνολική ισχύς: 41.0 W, Διερχόμενος φωτός: 82.9 lm/W

Εδικά πηλ σύνδεσης: 3.42 W/m² = 2.05 W/m²/100 lx (Βασική επιφάνεια 12.00 m²)

Κατανάλωση: 50 - 100 kWh/a από το πολύ 450 kWh/a

# WC

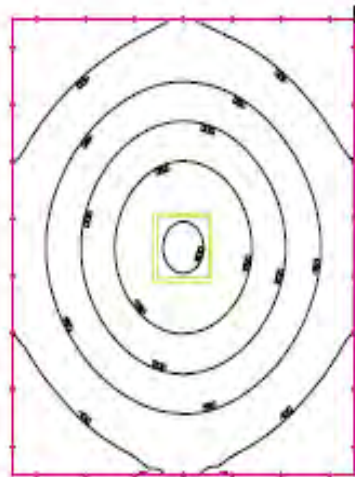
γραφεία

19/8/2017

# DIALux

Τοποθέτ. 1 / Κάτοχ. 1 / Οροφός 1 / WC / Σύνολο εδάφιν

## WC



Ύψος χώρου: 2.500 m, Βαθμός ανακλάσης: Οροφή 70.0%, Τίγχοι 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

### Επίπεδο εργασίας

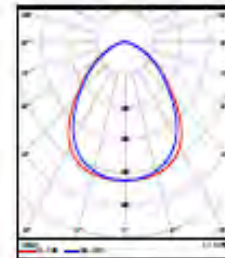
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσο (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 3	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.500 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	155 (500)	52.5	306	0.34	0.17

### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (ταβάνι)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	27.3 (30.0)	18.5	31.8	0.68	0.58
Κόριες επιφάνειες (τοιχοί)	Κάθετη ένταση φωτισμού [lx]	59.1	20.7	101	0.35	0.20

Αρ. Αριθμός  
παράχων

1 1 Philips Lighting RC127V W60L60 1x LED34S/830  
OC  
Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.98%  
Φωτεινή ροή λαμπτήρια: 3400 lm  
Φωτεινή ροή φωτιστικού: 3399 lm  
Ισχύς: 41.0 W  
Οφέλος φωτός: 82.9 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 3400 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 3399 lm, Συνολική ισχύς: 41.0 W, Οφέλος φωτός: 82.9 lm/W

Εδική τιμή σύνδεσης: 2.93 W/m<sup>2</sup> = 1.89 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 14.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 50 - 100 kWh/a από το ποσό 500 kWh/a

## Γραφείο 3 & 4

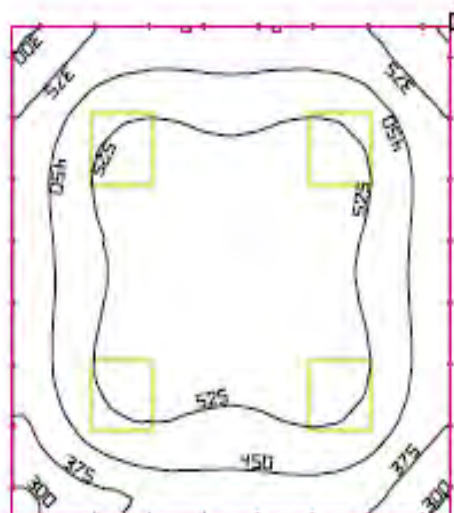
γραφείο

19/8/2017

# DIALux

Τοποθεσία 1 / Κάτοο 1 / Όροφος 1 / 3 / Σύνολο γύρων

3



Ύψος χώρου: 2.500 m, Βαθμός ανάκλασης: Οροφή 70.0%, Τοίχοι 60.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

### Επίπεδο εργασίας

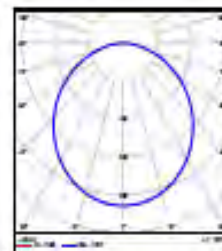
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσο (Όνομ)	Min	Max	Μιν/Μέσο	Μιν/Μαx
1 Επίπεδο εργασίας 9	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx] Ύψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ.: 0.000 m	476 (500)	283	666	0.60	0.50

### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (παβάνι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	117 (30.0)	96.9	126	0.83	0.77
Κύριες επιφάνειες (τοίχοι)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	272	160	408	0.59	0.39

Αρ. Αριθμός  
τεμαχίων

1 4 Philips Lighting RC125B W60L60 1xLED34S/840  
NOC  
Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 99.98%  
Φωτινική ροή λαμπτήρα: 3400 lm  
Φωτινική ροή φωτιστικού: 3399 lm  
Ισχύς: 41.0 W  
Φακός φωτός: 82.9 lm/W  
Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K  
Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 13800 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 13596 lm, Συνολική ισχύς: 164.0 W, Φακός φωτός: 82.9 lm/W

DIALux

Σελίδα 1

## Γραφείο 5

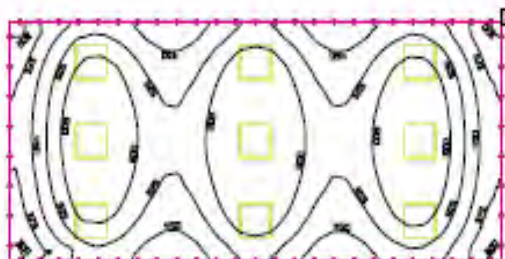
γραφείο

19/8/2017

# DIALux

Τοποθεσία 1 / Κάτοχο 1 / Όροφος 1 / 5 / Σύνολο χώρων

5



Υψος χώρου: 2.500 m, Βαθμός ανάκλισης: Οροφή 70.0%, Τείχος 50.0%, Δάπεδο 20.0%, Συντελεστής συντήρησης: 0.80

### Επίπεδο εργασίας

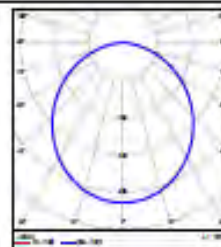
Επιφάνεια	Αποτέλεσμα	Μέσο (Όνομ)	Min	Max	Min/Μέσο	Min/Max
1 Επίπεδο εργασίας 11	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx] Υψος του επιπέδου εργασίας: 0.800 m, Ζώνη περιφ: 0.000 m	542 (500)	278	735	0.51	0.38

### EN 12464-1

Κύρια επιφάνεια (παβάν)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	127 (30.0)	93.9	162	0.74	0.68
Κύριες επιφάνειες (τοιχοί)	Κάθιση ένταση φωτισμού [lx]	304	113	748	0.37	0.15

Αρ. Αριθμός  
παραγών

1	9	Philips Lighting RC125B W60L60 1xLED34S/840 NOC Βαθμός απόδοσης λαμπυργίας: 99.98% Φωτάνη ροή λαμπτήρα: 3400 lm Φωτάνη ροή φωτιστικού: 3399 lm Ισχύς: 41.0 W Σφαιρικός φωτός: 82.9 lm/W Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100
---	---	---



Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 30600 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 30591 lm, Συνολική ισχύς: 369.0 W, Σφαιρικός φωτός: 82.9 lm/W

Ειδική τιμή σύνδεσης: 10.25 W/m<sup>2</sup> = 1.89 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Βασική επιφάνεια 36.00 m<sup>2</sup>)

Κατανάλωση: 900 - 1000 kWh/a από το πολύ 1300 kWh/a

Συγκεντρωτικά για τους χώρους αυτούς έχουμε:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	3	1,5	S201-C10	1,3	2,67
	S	3	1,5	S201-C10		
	T	3	1,5	S201-C10		
Ρευματοδότες	R	5	2,5	S201-C16		
	S	5	2,5	S201-C16		
	T	5	2,5	S201-C16		
	R	5	2,5	S201-C16		
	S	4	2,5	S201-C16		
	T	4	2,5	S201-C16		
	R	1	2,5	S201-C16		
	S	1	2,5	S201-C16		
	T	1	2,5	S201-C16		

Για τον υποπίνακα 3 έχουμε:

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
19,12	2,5	20	1,21	OS32GD12P	OT25-3 OFAF000H25

Πίνακας 32 Συγκεντρωτικά στοιχεία για Αποθήκη (2,5x4) - WC – Γραφεία III και IV - Αποθήκη (3x4)

Επομένως, συγκεντρωτικά για τα γραφεία έχουμε τους παρακάτω 3 υποπίνακες:

Υποπίνακας	Χώρος
1	Αίθουσα συνεδριάσεων
2	Αποθήκη(2,5x4), WC, Γραφεία I και II Αποθήκη (3x4), Διάδρομος
3	Αποθήκη(2,5x4), WC, Γραφεία III και IV, Γραφείο V

Πίνακας 33 Υποπίνακες γραφείων



## 5.8 Εξωτερικός φωτισμός

Για τον εξωτερικό φωτισμό αναρτώνται 27 φωτιστικά τύπου Speedracer της Philips επί μεταλλικού βραχίονα (μπράτσου) περιμετρικά στην πρόσοψη του κτηρίου.

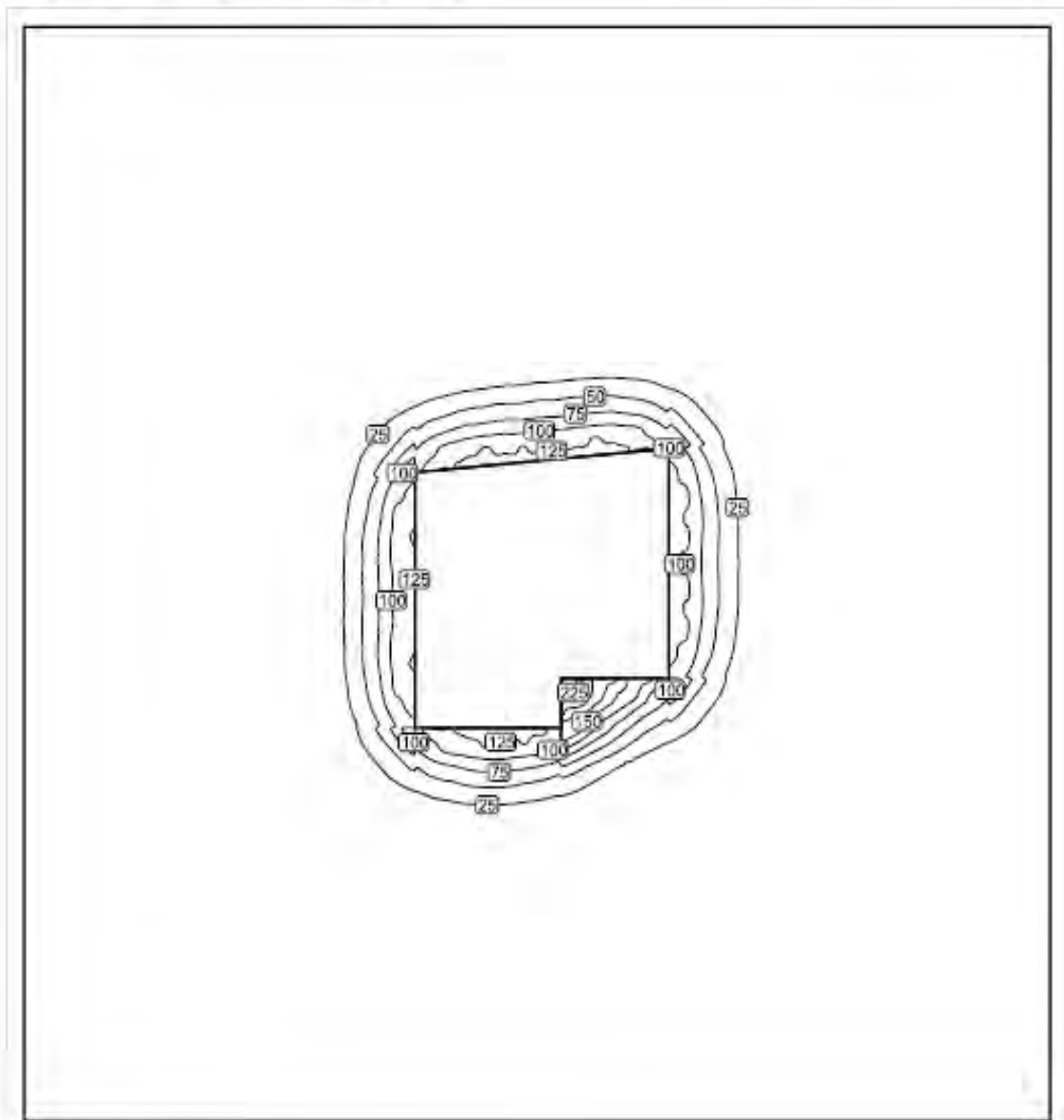
εξωτερικός φωτισμός

19/8/2017

DIALux

Επιφάνεια 1 / Επιφάνεια - Αντικείμενο αποτελέσματος 2 / Προβλεπόμενες γραμμές / Κάθση έντασης φωτισμού (Προσποιητικό)

Επιφάνειες - Αντικείμενο αποτελέσματος 2


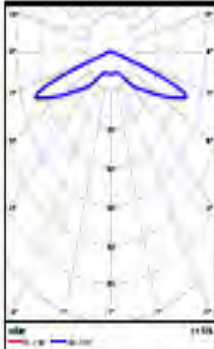


Κλίμακα: 1 : 1250

Κάθση έντασης φωτισμού (Επιφάνεια)

Μέση (πραγμα): 6.66 lx, Min: 0.00 lx, Max: 236 lx, Min/Μέση: 0.00, Min/Max: 0.00

## Τοποθεσία 1

Αριθμός τεμαχίων	Φωτιστικό (Εκπομπή φωτός)		
27	Philips Lighting BGP323 T35 1xGRN137-3S/740 S Εκπομπή φωτός 1 Εξοπλισμός: 1xGRN137-3S/740 Βαθμός απόδοσης λειτουργίας: 82.68% Φωτεινή ροή λαμπτήρα: 14400 lm Φωτεινή ροή φωτιστικού: 11906 lm Ισχύς: 103.0 W Ωφέλιος φωτός: 115.6 lm/W Θερμοκρασία χρώματος: 3000 K Δείκτης αναπαραγωγής χρώματος: 100		

Συνολική ροή φωτός λαμπτήρων: 388800 lm, Συνολική ροή φωτός φωτιστικών: 321462 lm, Συνολική ισχύς: 2781.0 W, Ωφέλιος φωτός: 115.6 lm/W

Θα τοποθετηθούν δύο υποπίνακες για τον εξωτερικό φωτισμό διότι διαφορετικά έχουμε μεγάλη πτώση τάσης (>4%).

Ακολουθούν συγκεντρωτικοί πίνακες με τα αποτελέσματα:

1<sup>ος</sup> υποπίνακας:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	1	2,5	S201-C16	1,23	2,3
	S	1	2,5	S201-C16		
	T	1	2,5	S201-C16		
Ρευματοδότες	R	-	-	-		
	S	-	-	-		
	T	-	-	-		



Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
12,54	2,5	17,64	0,914	OS32GD12P	OT25-3 OFAF000H25

2<sup>ος</sup> υποπίνακας:

	Φάση	Αριθμός φορτίων	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Μικροαυτόματος	Πτώση τάσης ε(%)	
					Από υποπίνακα	Συνολική
Φωτισμός	R	1	2,5	S201-C16	1,35	3,16
	S	1	2,5	S201-C16		
	T	1	2,5	S201-C16		
Ρευματοδότες	R	-	-	-		
	S	-	-	-		
	T	-	-	-		

Ιυπ (A)	Διατομή καλωδίου (mm <sup>2</sup> )	Απόσταση από τον Γ.Π.Χ.Τ (m)	Πτώση τάσης ε(%)	Ασφαλειοδιακόπτης	Διακόπτης φορτίου και ασφάλεια
11,15	2,5	33,87	1,65	OS32GD12P	OT25-3 OFAF000H20

Πίνακας 34 Συγκεντρωτικά στοιχεία εξωτερικού χώρου

## 6 Συμπεράσματα

Είναι κατανοητό πως η εκπόνηση μελέτης για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση ενός κτιρίου πρέπει να πραγματοποιείται με βάση τους ισχύοντες κανόνες. Η επιλογή κατάλληλου εξοπλισμού, όπως οι διατομές των καλωδίων και οι διατάξεις προστασίας, είναι τα πλέον σημαντικά στοιχεία της εγκατάστασης για να μην υπάρχει περίπτωση τα υλικά να φτάσουν στις οριακές τιμές λειτουργίας τους και να θέσουν σε κίνδυνο την εγκατάσταση.

Εκτός των τύπων και των σχετικών πινάκων στην ηλεκτρολογική μελέτη χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα σχεδιαστικά και υπολογιστικά προγράμματα, που βοήθησαν είτε στην επιβεβαίωση των υπολογισμών είτε οδήγησαν στην επιλογή κατάλληλης προστασίας και σε καλύτερη εποπτική εικόνα της όλης εγκατάστασης με τη συμπλήρωση ορισμένων μόνο απαιτούμενων παραμέτρων. Το πρόγραμμα της εταιρίας 4M αποτελεί ένα από τα παραπάνω.

Αρχικά, έγινε η καταγραφή όλων των κινητήρων για τετραπολικούς επαγωγικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα του εργοστασίου. Σχεδιάστηκε και περιγράφηκε πλήρως ο υποσταθμός σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο IEC 61936 για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις άνω του 1 kV. Επιλέχθηκε η χρήση δύο μετασχηματιστών ως πιο σωστή λύση και μπορεί μετά από σφάλμα η βιομηχανία να λειτουργεί πιθανόν με τον έναν από τους δύο. Πραγματοποιήθηκε έλεγχος πτώσης τάσης όχι μόνο για λόγους κατανάλωσης αλλά και λειτουργικούς προκειμένου στην εγκατάστασή να μην προκληθεί σημαντική μείωση ισχύος και στην χειρότερη περίπτωση μη εκκίνηση του κινητήρα.

Σύμφωνα με την ανάλυση και τους υπολογισμούς επιλέχθηκαν τα κατάλληλα μέσα προστασίας τόσο για τη μέση τάση και την προστασία του Υποσταθμού όσο και για τη Χαμηλή Τάση και την προστασία της υπόλοιπης εγκατάστασης. Εγκαταστάθηκε πλέγμα ισοδυναμικών συνδέσεων στο δωμάτιο του υποσταθμού, έτσι ώστε σε περίπτωση σφάλματος στη Μέση Τάση, όποιος βρίσκεται σε εκείνον τον χώρο, να είναι στο ίδιο δυναμικό. Στην πλευρά της Χαμηλής Τάσης που ρέουν μεγάλα ρεύματα, τοποθετήθηκε ένα μέσο προστασίας σε κάθε κλάδο του δευτερεύοντος ως

εφεδρική προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων και υπερφόρτισης καλωδίων και μετασχηματιστών.

Στη μελέτη κίνησης χωρίστηκαν όλα τα μηχανήματα σε 8 υποπίνακες, διότι λόγω του μεγάλου τους αριθμού δεν ήταν δυνατή η απευθείας τροφοδότησή τους από τον γενικό πίνακα χαμηλής τάσης. Ο χωρισμός έγινε με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει μεγάλη διαφορά στη συνολική ονομαστική ισχύ των μηχανημάτων που τροφοδοτεί ο κάθε υποπίνακας.

Η μελέτη αντιστάθμισης έγινε με την τοποθέτηση πυκνωτών διόρθωσης σε συνδεσμολογία αστέρα ή τριγώνου τοπικά στους μετασχηματιστές του υποσταθμού και κεντρικά στην υπόλοιπη εγκατάσταση, η οποία λειτουργεί με κυμαινόμενο φορτίο.

Όσον αφορά το Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας, το αποτέλεσμα το οποίο εξήχθη μετά την εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων στο RAPAL, είναι ότι πρέπει να εγκατασταθεί ΣΑΠ στάθμης προστασίας Ι με επιπλέον μέσα προστασίας.

Δεδομένου ότι δεν υπάρχουν εύφλεκτα υλικά και χώροι με κίνδυνο έκρηξης ή πυρκαγιάς, στην παρούσα εγκατάσταση, η Εξωτερική Αντικεραυνική Προστασία είναι μη μονωμένη.

Η σχεδίαση του συλλεκτήριου συστήματος πραγματοποιήθηκε με την τοποθέτηση πλέγματος αγωγών κατάλληλων διαστάσεων, με σκοπό να αποφευχθεί η οπτική ρύπανση που προκαλούν οι ακίδες λόγω του ύψους τους και τα τεταμένα σύρματα. Για να διαπιστωθεί, λοιπόν, η αποτελεσματική προστασία του κτηρίου εφαρμόστηκε η μέθοδος της κυλιόμενης σφαίρας.

Όσον αφορά τη γείωση του κτιρίου, η βέλτιστη λύση για την προστασία του κτιρίου είναι η θεμελιακή, η οποία προσφέρει πλήρη προστασία σε όλες τις εγκαταστάσεις της κατασκευής.

Η μελέτη φωτισμού του εξωτερικού και των εσωτερικών χώρων έγινε με την βοήθεια του λογισμικού Dialux Eno 6.1 σύμφωνα με την τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος(Τ.Ε.Ε) και την χρησιμοποίηση φωτιστικών της εταιρίας Philips.

## 7 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Μια πρόταση που θα μπορούσε να γίνει είναι η εγκατάσταση ενός ολοκληρωμένου συστήματος αυτοματισμού σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN15232 <<Ενεργειακή απόδοση κτιρίων -Επίδραση του αυτοματισμού κτιρίων, των ελέγχων και της κτιριακής διαχείρισης>>. Θα διαχειρίζεται τα ηλεκτρικά και μηχανικά μέρη της βιομηχανίας στοχεύοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και την άνεση και ασφάλεια των εργαζομένων.

Επιπλέον, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μια μελέτη εγκατάστασης συστήματος ανανεώσιμων πηγών ενέργειας(ΑΠΕ) με σκοπό μέρος της απαιτούμενης ενέργειας λειτουργίας του εργοστασίου να καλύπτεται από αυτό.

Ολοκληρώνοντας, η σύνταξη ενός κοστολογικού σχεδίου θα ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα. Συγκεκριμένα, με την καταγραφή του κόστους των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν και την κοστολόγηση της παραγωγικής διαδικασίας θα επιτευχθεί εμπειριστατωμένο πλάνο, έχοντας ως απότοκο το μεγαλύτερο δυνατό κέρδος σε συνδυασμό με τη μείωση κόστους παραγωγής.

## Παράρτημα III

### Μικρο-αυτόματοι διακόπτες

## Προστασία Μικροαυτόματοι S200 χαρακτηριστικών B και C, 6 kA

### 1 B/C



S201-B



S202-B



S203-B

Μικροαυτόματοι S200, χαρακτηριστικών B και C

Λειτουργία: Προστασία και έλεγχος κυκλωμάτων έναντι υπερφόρτωσης και βραχυκυκλωμάτων

Εφαρμογές: Οικιακές, εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Πρότυπα: IEC / EN 60898, IEC / EN 60947-2.

Αριθμός πόλων	Ονομαστική ένταση	Αριθμός σταθμών	Στοιχεία για παραγγελία				Τύπος (C)	Συνολικό μήκος	
			Χαρακτηριστικό B		Χαρακτηριστικό C				
			Ισχύς	Κωδικός	Τύπος	Κωδικός			
	in A	Πλάτος 17,5 στα							
1	1	1	-	-	S201-C1	24744	9,60	10	
	2	1	-	-	S201-C2	24745	9,60	10	
	4	1	-	-	S201-C4	24746	9,60	10	
	6	1	S201-B6	24690	S201-C6	24747	7,75	10	
	10	1	S201-B10	24691	S201-C10	24748	7,75	10	
	16	1	S201-B16	24692	S201-C16	24749	7,75	10	
	20	1	S201-B20	24693	S201-C20	24750	7,75	10	
	25	1	S201-B25	24694	S201-C25	24751	7,75	10	
	32	1	S201-B32	24695	S201-C32	24752	7,75	10	
	40	1	S201-B40	24696	S201-C40	24753	9,50	10	
	50	1	S201-B50	24697	S201-C50	24754	11,30	10	
	63	1	S201-B63	24698	S201-C63	24755	11,30	10	
	90	1	-	-	S201-C90	79504	31,30	10	
	100	1	-	-	S201-C100	79505	31,30	10	
	2	1	2	-	-	S202-C1	24756	24,40	5
		2	2	-	-	S202-C2	24757	24,40	5
4		2	-	-	S202-C4	24758	24,40	5	
6		2	S202-B6	24700	S202-C6	24759	19,35	5	
10		2	S202-B10	24700	S202-C10	24760	19,35	5	
16		2	S202-B16	24701	S202-C16	24761	19,35	5	
20		2	S202-B20	24702	S202-C20	24762	19,35	5	
25		2	S202-B25	24703	S202-C25	24763	19,35	5	
32		2	S202-B32	24704	S202-C32	24764	19,35	5	
40		2	S202-B40	24705	S202-C40	24765	24,80	5	
50		2	S202-B50	24706	S202-C50	24766	29,00	5	
63		2	S202-B63	24707	S202-C63	24767	29,90	5	
80		2	-	-	S202-C80	79506	57,10	5	
100		2	-	-	S202-C100	79507	57,10	5	
3		1	3	-	-	S203-C1	24768	33,70	1
		2	3	-	-	S203-C2	24769	33,70	1
	4	3	-	-	S203-C4	24770	32,50	1	
	6	3	S203-B6	24708	S203-C6	24771	29,20	1	
	10	3	S203-B10	24709	S203-C10	24772	29,20	1	
	16	3	S203-B16	24710	S203-C16	24773	29,20	1	
	20	3	S203-B20	24711	S203-C20	24774	29,20	1	
	25	3	S203-B25	24712	S203-C25	24775	29,20	1	
	32	3	S203-B32	24713	S203-C32	24776	29,20	1	
	40	3	S203-B40	24714	S203-C40	24777	36,05	1	
	50	3	S203-B50	24715	S203-C50	24778	44,10	1	
	63	3	S203-B63	24716	S203-C63	24779	44,10	1	
	80	3	-	-	S203-C80	79508	65,65	1	
	100	3	-	-	S203-C100	79509	65,65	1	

## Διακόπτες Διαρροής Ρεύματος (ΔΔΡ)

### Προστασία Διακόπτες διαρροής F200

1 A



F202A



F204A

Διακόπτες διαρροής F200, κατηγορίας A.

Λειτουργία: Προστασία και έλεγχος κυκλωμάτων έναντι διαρροής προς γη εναλλασσόμενου ημιτονοειδούς ρεύματος που περιέχει και συνιστώσες συνεχούς.

Εφαρμογές: Οικιακές και εμπορικές εγκαταστάσεις. Πρότυπα: IEC/EN 61008

Οι διακόπτες διαρροής F200 δέχονται βοηθητικές επαφές και εξαρτήματα.

Ονομαστική ένταση In A	Ρεύμα διαρροής IdR mA	Αριθμός επαφών Πάσης 17,5 mm	Στοιχεία για παραγγελία		Τιμή (€)	Στατιστική Τυαλίρα
			Πάση	Κωδικός		
<b>Μικροσυνολοί (Συνολικός, 30 mA)</b>						
25	30	2	F202A-25/0.03	25048	73,50	6
40	30	2	F202A-40/0.03	25050	74,80	6
63	30	2	F202A-63/0.03	25052	104,00	6
<b>Τριφασικοί (Τριφασικός), 30 mA</b>						
25	30	4	F204A-25/0.03	25054	102,00	3
40	30	4	F204A-40/0.03	25056	103,80	3
63	30	4	F204A-63/0.03	25058	141,00	3
80	30	4	F204A-80/0.03	28028	237,00	3
100	30	4	F204A-100/0.03	28029	279,00	3
<b>Μεγασυνολοί (Συνολικός, 100 mA)</b>						
25	100	2	F202A-25/0.1	45106	90,00	6
40	100	2	F202A-40/0.1	46515	96,00	6
63	100	2	F202A-63/0.1	47135	109,00	6
<b>Τριφασικοί (Τριφασικός), 100 mA</b>						
25	100	4	F204A-25/0.1	70520	118,00	3
40	100	4	F204A-40/0.1	47140	127,00	3
63	100	4	F204A-63/0.1	47139	146,00	3
80	100	4	F204A-80/0.1	47549	261,00	3
100	100	4	F204A-100/0.1	47550	330,00	3
<b>Μεγασυνολοί (Συνολικός), 300 mA</b>						
25	300	2	F202A-25/0.3	25049	70,50	6
40	300	2	F202A-40/0.3	25051	72,50	6
63	300	2	F202A-63/0.3	25053	99,00	6
<b>Τριφασικοί (Τριφασικός), 300 mA</b>						
25	300	4	F204A-25/0.3	25055	90,00	3
40	300	4	F204A-40/0.3	25057	103,50	3
63	300	4	F204A-63/0.3	25059	133,50	3
80	300	4	F204A-80/0.3	28030	223,00	3
100	300	4	F204A-100/0.3	28031	259,00	3



## Διακόπτες φορτίου Τριπολικοί (3P) διακόπτες φορτίου, OT



I <sub>n</sub> A	Έκδοση	Ισχύς	Διατομή καλωδίου	Στοιχεία για παραγγελία		Τιμή (€)
	AC22 / AC21 480 V	AC21 480 V	mm <sup>2</sup>	Τίτλος	Κατάλογος	
<b>Τριπολικοί (3P) διακόπτες φορτίου με ηλεκτρομαγνητικό χαρακτηρισμό μόνο στα κυκλώματα 16...280 A</b> Περιλαμβάνεται περιπρογραμμαζόμενο χαρακτηρισμό 0-1 πάνω στο διακόπτη.						
25	16 / 16	7,5	0,75...10	OT16F3	41666	16,20
32	25 / 20	9	0,75...10	OT25F3	41602	23,05
40	40 / 23	11	0,75...10	OT40F3	41608	25,07
63	63 / 45	22	1,5...35	OT63F3	41704	39,43
80	80 / 75	37	1,5...35	OT80F3	41710	32,87
115	100 / 80	37	10...70	OT100F3	41676	51,66
125	125 / 90	45	10...70	OT125F3	41660	59,06
160	160 / 160	75	10...70	OT160G03K (N)	80650	97,10
<b>Τριπολικοί (3P) διακόπτες φορτίου για προστασία και μέτρηση 16...280 A</b> Περιλαμβάνεται περιπρογραμμαζόμενο χαρακτηρισμό.						
25	16 / 16	7,5	0,75...10	OT16FT3	12343	23,92
32	25 / 20	9	0,75...10	OT25FT3	12344	26,85
40	40 / 23	11	0,75...10	OT40FT3	12345	28,25
63	63 / 45	22	1,5...35	OT63FT3	12346	40,30
80	80 / 75	37	1,5...35	OT80FT3	12347	47,80
115	100 / 80	37	10...70	OT100FT3	12348	56,33
125	125 / 90	45	10...70	OT125FT3	12349	71,50
160	160 / 160	75	10...70	OT160GT03P (N)	80654	133,00
<b>Τριπολικοί (3P) διακόπτες φορτίου με τριελαστικό παραπρογραμμαζόμενο χαρακτηρισμό 16...3.150 A</b> Περιλαμβάνεται περιπρογραμμαζόμενο διαμορφωμένο χαρακτηρισμό πάρας 0-1 και άξονας με ρυθμιζόμενο μήκος.						
25	16 / 16	7,5	0,75...10	OT16-3	11512	29,52
32	25 / 20	9	0,75...10	OT25-3	11513	30,37
40	40 / 23	11	0,75...10	OT40-3	11514	32,30
63	63 / 45	22	1,5...35	OT63-3	11515	38,85
80	80 / 75	37	1,5...35	OT80-3	11516	42,23
115	100 / 80	37	10...70	OT100-3	11509	61,10
125	125 / 90	45	10...70	OT125-3	11510	66,50
160	160 / 160	75	10...70	OT160G03P (N)	80651	104,96
200	200 / 200	110	95*	OT200E03WP	44517	130,31
250	250 / 250	140	120*	OT250E03WP	44518	156,79
315	315 / 315	180	165*	OT315E03P	44519	210,25
400	400 / 400	220	240*	OT400E03P	44520	219,32
500	630 / 630	355	2 x 185*	OT500E03P (N)	44521	284,54
800	800 / 720	450	2 x 240*	OT800E03P	44522	405,66
1.000	1.000 / 800	450	2 x 300*	OT1000E03P	14327	744,46
1.250	1.250 / 1.000	560	2 x 400*	OT1250E03P	14328	868,10
1.800	1.800 / 1.000	560	2 x 500*	OT1800E03P	14329	1.076,66
2.000	2.000 / -	-	3 x (100 x 5)*	OT2000E03P	42670	1.549,80
2.500	2.500 / -	-	4 x (100 x 5)*	OT2500E03P	42672	2.196,17
3.200	3.200 / -	-	3 x (100 x 10)*	OT3200E03P	75887	3.484,53

\* Ελάχιστη διατομή αγωγού καλωδίου. (N) - NEO

# Ασφαλειοδιακόπτες

## Τριπολικοί ασφαλειοδιακόπτες, OS

Τριπολικοί (3P) ασφαλειοδιακόπτες

Περιλαμβάνεται περιοριστικό χηριστήριο 0-1 και άξονας με ρυθμιζόμενο μήκος.



OS200D03P



OS400D03P



OA\_G

Τριπολικοί (3P) ασφαλειοδιακόπτες, 32...800 A

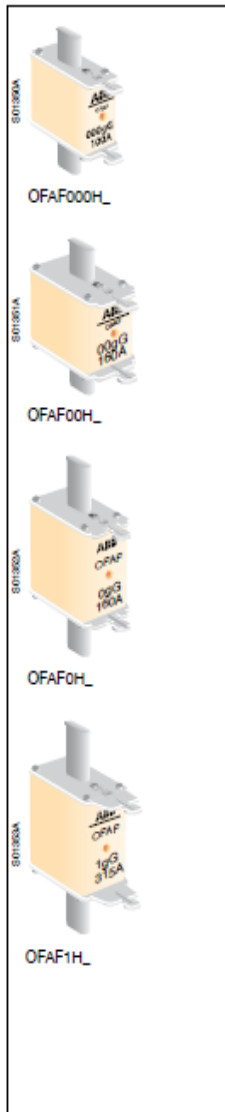
Ένταση AC2S, 400 V	Ισχύς AC2S, 400 V	Μέγιστος απόβλητος	Στοιχεία για παραγγελία		
			Τίτλος	Κωδικός	Τιμή (€)
32	15	000	OS32GD12P	44649	191,98
63	30	000	OS63GD12P	44650	140,27
125	55	000,00	OS125GD12P	44651	167,78
160	75	000,00	OS160GD12P	44652	225,11
200	110	0	OS200D03P	24501	318,90
250	145	0,1	OS250D03P	24502	348,41
400	230	0,2	OS400D03P	28078	590,49
630	355	3	OS630D03P	42228	1.082,55
800	450	3	OS800D03P	42229	1.416,25
<b>Επιπλέον</b>					
<b>Βοηθητικός επαφής</b>					
Βοηθητική επαφή 1NO για OT, OTM			OA1G10	10896	12,80
Βοηθητική επαφή 1NC για OT160EV...4000, OTM160...2500, OTDC, OS			OA3G01	18356	12,80

4





## HRC Fuse links, DIN-type, gG Ordering information



### HRC fuse links, gG, universal fuses OFAF\_H\_L, ≤ 500 V

The type code includes one fuse link, the delivery batch is according to the column.  
Dual indication.

IEC-size	Rated current $I_n$ [A]	Power loss $P_n$ [W]	Type	Order number	Delivery batch [pcs]	Weight/ unit [kg]
000	2	3.9	OFAF000H2	19CA022827R0230	9	0.12
	4	1.5	OFAF000H4	19CA022827R0310	9	0.12
	6	1.6	OFAF000H6	19CA022827R0400	9	0.12
	10	1.1	OFAF000H10	19CA022827R0580	9	0.12
	16	1.8	OFAF000H16	19CA022827R0680	9	0.12
	20	2.4	OFAF000H20	19CA022827R0740	9	0.12
	25	2.4	OFAF000H25	19CA022827R0820	9	0.12
	32	2.7	OFAF000H32	19CA022827R0910	9	0.12
	35	3.0	OFAF000H35	19CA022827R1040	9	0.12
	40	3.4	OFAF000H40	19CA022827R1120	9	0.12
	50	3.9	OFAF000H50	19CA022827R1210	9	0.12
	63	4.7	OFAF000H63	19CA022827R1390	9	0.12
	80	5.7	OFAF000H80	19CA022827R1470	9	0.12
	100	6.7	OFAF000H100	19CA022827R1550	9	0.12
	00	125	8.4	OFAF00H125	19CA022827R1630	3
160		10.6	OFAF00H160	19CA022827R1710	3	0.18
0	6	1.8	OFAF0H6	19CA022827R1800	3	0.21
	10	1.5	OFAF0H10	19CA022827R1980	3	0.21
	16	2.5	OFAF0H16	19CA022827R2010	3	0.21
	20	3.5	OFAF0H20	19CA022827R2100	3	0.21
	25	3.5	OFAF0H25	19CA022827R2280	3	0.21
	32	3.2	OFAF0H32	19CA022827R2360	3	0.21
	35	3.5	OFAF0H35	19CA022827R2440	3	0.21
	40	4.2	OFAF0H40	19CA022827R2520	3	0.21
	50	5.1	OFAF0H50	19CA022827R2610	3	0.21
	63	6.2	OFAF0H63	19CA022827R2790	3	0.21
	80	7.1	OFAF0H80	19CA022827R2870	3	0.21
	100	8.7	OFAF0H100	19CA022827R2950	3	0.21
	125	11.0	OFAF0H125	19CA022827R3090	3	0.21
	160	11.7	OFAF0H160	19CA022827R3170	3	0.21
	200	15.0	OFAF0H200	19CA022829R5140	3	0.30
224	16.2	OFAF0H224	19CA022829R5220	3	0.30	
250	17.8	OFAF0H250	19CA022829R5310	3	0.30	
1	16	2.5	OFAF1H16	19CA022827R3250	3	0.28
	20	3.5	OFAF1H20	19CA022827R3330	3	0.28
	25	3.3	OFAF1H25	19CA022827R3410	3	0.28
	32	3.2	OFAF1H32	19CA022827R3500	3	0.28
	35	3.5	OFAF1H35	19CA022827R3680	3	0.28
	40	4.2	OFAF1H40	19CA022827R3760	3	0.28
	50	5.1	OFAF1H50	19CA022827R3840	3	0.28
	63	6.2	OFAF1H63	19CA022827R3920	3	0.28
	80	7.1	OFAF1H80	19CA022827R4080	3	0.28
	100	8.7	OFAF1H100	19CA022827R4140	3	0.28
	125	11.0	OFAF1H125	19CA022827R4220	3	0.40
	160	11.7	OFAF1H160	19CA022827R4310	3	0.40
	200	14.5	OFAF1H200	19CA022827R4490	3	0.40
	224	15.9	OFAF1H224	19CA022827R4570	3	0.40
	250	19.7	OFAF1H250	19CA022827R4650	3	0.40
315	26.0	OFAF1H315	19CA022827R4730	3	0.40	
355	26.4	OFAF1H355	19CA022701R4520	3	0.40	

## Καμπάνες – high bay



# CoreLine Highbay

## BY120P G3 LED105S/840 PSU WB GR

Generation 3 - LED Module, system flux 10,500 lm - 840 neutral white - Power supply unit - Wide beam - Gray

Following the successful introduction of the CoreLine High-bay in 2013, the upgrade to a new generation further improves the total cost of ownership and provides optionally DALI dimming for even further savings. Designed as a replacement for HPI 250/400 W luminaires, CoreLine High-bay G3 offers customers all the benefits of LED lighting – fresh light quality, longer service lifetime, reduced energy consumption and less maintenance – from a trusted manufacturer. At the same time, it delivers clear benefits for the installer too. The luminaire can be installed on the existing grid. Electrical connector is straightforward: there is no need to open the luminaire for installation or servicing. And being smaller and lighter than conventional luminaires, it is very easy to handle.

### Product data

General information		Details	
Number of light sources	1 (pc)	Cable	Cable 0.5 m with cable connector 3-pole
Lamp family code	LED105S (LED Module, system flux 10,500 lm)	Protection class (EC)	Safety class I
Beam angle of light source	~4°	Standard RAAL color	Light grey
Light source color	840 neutral white	Glow-wire test	Temperature (550 °C), duration 5 s
Light source replaceable	No	Flammability mark	For mounting on normally flammable surfaces
Number of gear units	1 unit	CE mark	CE mark
Driver/power unit/transformer	Power supply unit	EMEC mark	-
Driver included	Yes	Warranty period	3 years + 2 years upon registration
Cable type	Wide beam	Constant light output	No
Optical cover/lens type	Polycarbonate bowl/lens	Number of products on MCB of 16 A type B (H)	1
Luminaire light beam spread	~90°	RoHS mark	-
Connection	Connection unit 3-pole		

## CoreLine Highbay

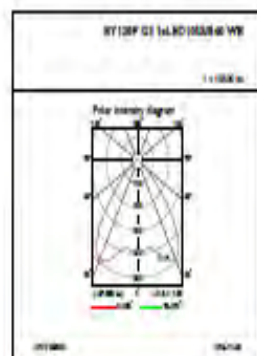
Operating and Electrical	
Input Voltage	200 to 240 V
Input Frequency	50 to 60 Hz
Control signal voltage	-
Inrush current	45 A
Inrush time	0.44 ms
Power Factor (Min)	0.9
Controls and Dimming	
Dimmable	No
Mechanical and Housing	
Housing Material	Aluminum
Reflector material	-
Optic material	Polycarbonate
Optical cover lens material	Polycarbonate
Fixation material	-
Optical cover lens finish	Clear
Overall length	382 mm
Overall width	379 mm
Overall height	141 mm
Overall diameter	379 mm
Approval and Application	
Ingress protection code	IP65   Dust penetration-protected, jet-proof
Mech. Impact protection code	IK07   2 J (narrow)
Initial Performance (IEC Compliant)	
Initial luminous flux (system flux)	10500 lm
Luminous flux tolerance	+/-10%
Initial LED luminaires efficacy	132.000 lm/W

Init. Corr. Color Temperature	4000 K
Init. Color Rendering Index	>80
Initial chromaticity	(0.38, 0.38) SDCM <5
Initial input power	85 W
Power consumption tolerance	+/-10%
Over Time Performance (IEC Compliant)	
Driver failure rate at 5000 h	1 %
Median useful life L70B50	50000 h
Median useful life L80B50	30000 h
Median useful life L90B50	15000 h
Application Conditions	
Ambient temperature range	-30 to +45 °C
Average ambient temperature	25 °C
Suitable for random switching	Yes (relates to presence movement detection and daylight harvesting)
Product Data	
Full product code	871018330144000
Order product name	BY120P-G3 LED1055R40 PSU WB GH
EANUPC - Product	8710183301440
Order code	911401505331
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	1
Material Nr. (L2HC)	911401505331
Net Weight (Piece)	3.300 kg

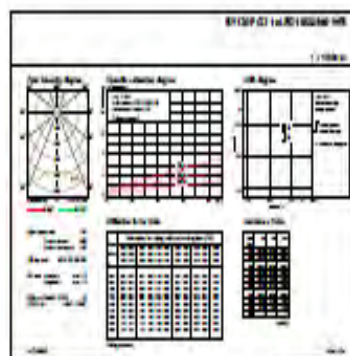
## Dimensional drawing

## CoreLine Highbay

## Photometric data



IPCY\_BY120PG31xLED1055R40WB



IPQU1\_BY120PG31xLED1055R40WB

## Φωτιστικά δρόμου – street lights



### SpeedStar

BGP323 GRN137--3S/740 I DM FG AL SI P3-7

SpeedStar Large - LED GreenLine 13,700 lm - Distribution medium - Flat glass

Municipalities are under pressure to meet energy conservation goals by reducing their energy consumption and carbon footprint while complying with lighting norms and standards. Our SpeedStar LED luminaire addresses these fundamental issues and provides a solution to reduce the impact on our environment. SpeedStar is an energy-efficient luminaire requiring minimal maintenance and incorporating the easy-to-upgrade LEDGNE, which can be connected to lighting regulation systems for further energy savings. This carbon-neutral luminaire is the ideal solution for functional road and street lighting.

#### Product data

General information		Connection	
Number of light sources	95 pins	Connection	-
Lamp family code	GRN137 (LED GreenLine 13,700 lm)	Cable	-
Lamp version	3S (3rd generation, screw fixation)	Protection class (IEC)	Safety class I
Light source color	740 neutral white	Parts color	All parts colored
Light source replaceable	Yes	Coating	-
Number of gear units	1 unit	Glass-rite test	Temperature 550 °C, duration 5 s
Driver/power unit/transformer	Power supply unit regulating	Flammability mark	-
Driver included	Yes	CE mark	CE mark
Optical cover/lens type	Flat glass	EMEC mark	EMEC mark
Luminaire light beam spread	100°	Reddot Design Award Winner mark	Reddot Design Award Winner 2011
Embedded control	-	Green Flagship mark	Green Flagship
Control interface	-	Warranty period	5 years
Light regulation	-	Mechanical accessories	-
		Optic type outdoor	Distribution medium

Datasheet, 2017, April 12

data subject to change



## SpeedStar

Colored frame	-
Protocol	Minical (hole 20 mm) preset for 70 lx
Constant light output	No
Number of products on MOB of 16 A type II 8	
RoHS mark	RoHS mark
Light source engine type	LED
Product family code	BGP323   SpeedStar Large

### Light Technical

Upward light output ratio	0.03
Initial luminous flux at 15 °C	14400 lm
Initial luminous flux at 25 °C	14400 lm
Initial luminous flux at 35 °C	14400 lm
Initial luminous flux at 50 °C	14400 lm
Standard 81 angle posttop	5°
Standard 81 angle side entry	0°

### Operating and Electrical

Input Voltage	220 to 240 V
Input Frequency	50 to 60 Hz
Control signal voltage	1-10 V DC
Inrush current	83 A
Inrush time	0.3 ms
Driver current	335 mA
Power Factor (Min)	0.9

### Controls and Dimming

Dimmable	No
----------	----

### Mechanical and Housing

Housing Material	Aluminum
Reflector material	-
Optic material	Polycarbonate
Optical coverlens material	Glass
Flatoon material	Aluminum
Mounting device	Universal for diameter 42 to 75 mm
Optical coverlens shape	Convex lens
Optical coverlens finish	Clear
Overall length	1021 mm
Overall width	400 mm

Overall height	144 mm
Effective projected area	0.041 m²

### Approval and Application

Ingress protection code	IP65 [ Dust penetration-protected, jet-proof]
Mech. Impact protection code	IK08 [ 5 J vandal-protected]
Surge Protection (Common/Differential)	Luminaires surge protection level until 8 kV differential mode and 8 kV common mode

### Initial Performance (IEC Compliant)

Initial luminous flux (system flux)	14400 lm
Luminous flux tolerance	+/-7%
Initial LED luminaire efficacy	140 lm/W
Init. Corr. Color Temperature	4300 K
Init. Color Rendering Index	70
Initial chromaticity	(0.380, 0.370) SDCM <3
Initial input power	103 W
Power consumption tolerance	+/-10%

### Over Time Performance (IEC Compliant)

Driver failure rate at 5000 h	0.15 %
Useful life L60B10	100000 h

### Application Conditions

Ambient temperature range	-20 to +35 °C
Average ambient temperature	35 °C
Maximum dim level	Not applicable

### Product Data

Full product code	871829134493200
Order product name	BGP323 GPN137-80740   DIM FG AL SI P3-7
BANUFG - Product	8718291344932
Order code	910505016356
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	1
Material Nr. (12NC)	910505016356
Net Weight (Piece)	17.250 kg

## Γραμμικά φωτιστικά



# CoreLine Batten

## BN124C LED64S/840 PSU TW1 L1500

LED Module, system flux 6400 lm - 840 neutral white - Power supply unit

Whether for a new building or renovation of an existing space, customers want lighting solutions that provide quality of light and substantial energy and maintenance savings. The new CoreLine Batten range of LED products can be used to replace traditional battens with fluorescent lamps. The process of selecting, installing and maintaining is so easy – it's a simple switch.

### Product data

General information		Constant light output	
Lamp family code	LED64S (LED Module, system flux 6400 lm)	Constant light output	No
Light source color	840 neutral white	Number of products on MCB of 16 A type B 24	
Light source replaceable	No	RoHS mark	RoHS mark
Number of gear units	1 unit	Operating and Electrical	
Driver/power unit/transformer	Power supply unit	Input Voltage	220-240 V
Driver included	Yes	Input Frequency	50 to 60 Hz
Optic type	-	Inrush current	0.37 A
Luminaire light beam spread	120°	Inrush time	0.06 ms
Connection	Push-in connector 3-pole	Power Factor (Min)	0.9
Cable	-	Controls and Dimming	
Protection class (IEC)	Safety class I	Dimmable	No
Glow-wire test	Temperature 850 °C, duration 30 s	Mechanical and Housing	
Flammability mark	For mounting on easy flammable surfaces	Housing Material	Metal
CE mark	CE mark	Reflector material	-
ENEC mark	-		
Warranty period	3 years + 2 years upon registration		

Datasheet, 2017, July 10

data subject to change

## CoreLine Batten

Optic material	–
Optical coverlens material	Polycarbonate
Fluorin material	Stainless steel
Optical coverlens finish	Frosted
Overall length	1475 mm
Overall width	64 mm
Overall height	62 mm

### Approval and Application

Ingress protection code	IP20 (Finger-protected)
Mech. Impact protection code	IK02 (0.2 J standard)

### Initial Performance (IEC Compliant)

Initial luminous flux (system flux)	6400 lm
Luminous flux tolerance	+/-10%
Initial LED luminaires efficacy	107 lm/W
Init. Cor. Color Temperature	4000 K
Init. Color Rendering Index	>90
Initial chromaticity	(0.38, 0.38) SDCM <+5
Initial input power	60 W
Power consumption tolerance	+/-10%

### Over Time Performance (IEC Compliant)

Driver failure rate at 5000 h	1 %
-------------------------------	-----

Median useful life L70B50	50000 h
Median useful life L80B50	30000 h
Median useful life L90B50	15000 h

### Application Conditions

Ambient temperature range	0 to +35 °C
Suitable for random switching	Yes (relates to presence of movement detection and daylight harvesting)

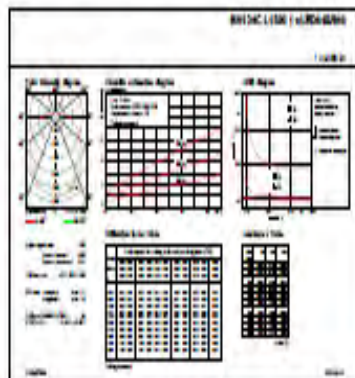
### Product Data

Full product code	871889930001499
Order product name	BN124C LED645640 PSU TW1 L1500
EANUPIC - Product	8718899300014
Order code	910500910281
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	5
Material Nr. (12NC)	910500910281
Net Weight (Pack)	1.700 kg

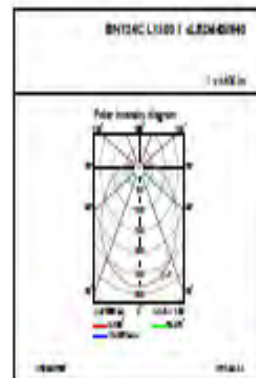
## Dimensional drawing

## CoreLine Batten

## Photometric data



FOU1\_BN124CL1500(4,024401940)



FOU1\_BN124CL1500(4,024401940)

## Πάνελ 60 x 60cm



## CoreLine Panel

### RC125B LED34S/840 PSU W60L60

CORELINE PANEL NOC - LED Module, system flux 3400 lm - 840 neutral white - Power supply unit - Width 0.60 m, length 0.60 m

Whether for a new building or renovation of an existing space, customers want lighting solutions that provide quality of light and substantial energy and maintenance savings. The new CoreLine Panel range of LED products can be used to replace functional luminaires in general lighting applications. Both Non-Office Compliant (NOC) version and Office Compliant version (OC) are now available. The process of selecting, installing and maintaining is so easy – it's a simple switch.

#### Product data

General information		CE mark	
Lamp family code	LED34S   LED Module, system flux 3400 lm	ENEC mark	-
Light source color	840 neutral white	UL mark	-
Light source replaceable	No	Warranty period	3 years + 2 years upon registration
Number of gear units	1 unit	Constant light output	No
Driver/power unit/transformer	Power supply unit	Number of products on MOE of 16 A type B 40	
Driver included	Yes	RoHS mark	RoHS mark
Optic type	-	Product family code	RC125B   CORELINE PANEL NOC
Luminaire light beam spread	110°	<b>Operating and Electrical</b>	
Connection	Push-in connector and pull relief	Input Voltage	220 to 240 V
Cable	-	Input Frequency	50 to 60 Hz
Protection class (IEC)	Safety class II	Inrush current	6 A
Close-site test	Temperature 650 °C, duration 30 s	Inrush time	0.055 ms
Flammability mark	For mounting on normally flammable surfaces	Power Factor (Min)	0.9
Safety device	SC   Safety cable		
Type description	-		



## CoreLine Panel

### Controls and Dimming

Dimmable	No
----------	----

### Mechanical and Housing

Geometry	Width 0.50 m, length 0.50 m
Housing Material	Polycarbonate
Reflector material	-
Optic material	-
Optical coverlens material	Polystyrene
Fixation material	-
Optical coverlens finish	Opal
Overall length	597 mm
Overall width	597 mm
Overall height	42 mm

### Approval and Application

Ingress protection code	IP20 (Finger-protected)
Mech. Impact protection code	IK02 (0.2 J standard)

### Initial Performance (IEC Compliant)

Initial luminous flux (system flux)	3400 lm
Luminous flux tolerance	+/-10%
Initial LED luminaires efficacy	83 lm/W
Init. Corr. Color Temperature	4000 K
Init. Color Rendering Index	≥80
Initial chromaticity	(0.38, 0.38) SDCM ≤5
Initial input power	41 W

Power consumption tolerance	+/-10%
-----------------------------	--------

### Over Time Performance (IEC Compliant)

Driver failure rate at 5000 h	1 %
Median useful life L70B50	50000 h
Median useful life L80B50	30000 h
Median useful life L90B50	15000 h

### Application Conditions

Ambient temperature range	+10 to +40 °C
Average ambient temperature	25 °C
Suitable for random switching	Yes (relative to presence movement detection and daylight harvesting)

### Product Data

Full product code	87185905731400
Order product name	RC 025B LED045/040 PSU W80,50
EANUPC - Product	871859057314
Order code	910503910025
Number of Quantity Per Pack	1
Number of Packs per outer box	1
Material Nr. (12NC)	910503910025
Net Weight (Pieces)	4.500 kg

## Dimensional drawing

## Πάνελ 30 x 120cm



# MAD Troffer

## RC088B LED22S/840 PSU W30L120 CN

LED Module, system flux 2200 lm - 840 neutral white - Power supply unit - Width 0.30 m, length 1.20 m - China

MAD Troffer is a cost-effective LED solution for general office lighting. It offers reasonable energy savings and a corresponding reduction in CO2 emissions. With this Philips-branded luminaire, system reliability and durability are guaranteed.

### Product data

General Information	
Lamp family code	LED22S [ LED Module, system flux 2200 lm]
Light source color	840 neutral white
Driver/power unit/transformer	Power supply unit
Driver included	Yes
Protection class IEC	Safety class I
Flammability mark	For mounting on normally flammable surfaces
Country version	CN [ China]
Operating and Electrical	
Input Voltage	220 to 240 V
Input Frequency	50 to 60 Hz
Controls and Dimming	
Dimmable	No
Mechanical and Housing	
Geometry	Width 0.30 m, length 1.20 m

Approval and Application	
Ingress protection code	IP20 [ Finger-protected]
Initial Performance (IEC Compliant)	
Initial input power	30 W
Product Data	
Full product code	911401525411
Order product name	RC088B LED22S/840 PSU W30L120 CN
Order code	911401525411
Number of - Quantity Per Pack	1
Number of - Packs per outer box	4
Material Nr. (LINC)	911401525411
Net Weight (Piece)	2,800 kg

## Φωτιστικά PL



# LuxSpace Accent CrispWhite

RS751B LED39S/CRW PSE-E WB WH

LuxSpace Accent Performance G3 - LED Module, system flux 3900  
lm - Crisp white - Power supply unit external, DC compatible for  
central emergency lighting - Wide beam - - - Push-in connector and  
pull relief - White

Retailers are increasingly having to contend with rising energy prices. At the same time, they need to retain high-quality lighting to catch the customer's eye, as well as flexibility in architectural integration. Fashion retailers generally want superior light sources that illuminate fabrics in the truest way possible, making colors appear rich and intense while keeping whites bright. A warm color temperature is often preferred, as it keeps colors true and saturated. Until now, a drawback of LED has been that whites can appear yellowish. The good news – that's about to change. CrispWhite is a unique concept in retail lighting that makes whites appear whiter than white, yet still gives colors a warm and saturated intensity. This new color experience will wow customers and make merchandise impossible to resist.

### Product data

General information		Driver/power unit/transformer	Power supply unit external, DC compatible for central emergency lighting
Number of light sources	1 pc	Driver included	Yes
Lamp family code	LED39S (LED Module, system flux 3900 lm)	Optic type	Wide beam
Beam angle of light source	120°	Optical cover/lens type	-
Light source color	Crisp white	Luminaire light beam spread	30°
Light source replaceable	No	Control interface	-
Number of gear units	1 unit		

Datasheet, 2017, April 20

data subject to change

## LuxSpace Accent CrispWhite

Connection	Push-in connector and pull relief
Cable	-
Protection class IEC	Safety class II
Glass-she test	Temperature 650 °C, duration 5 s
Flammability mark	For mounting on normally flammable surfaces
CE mark	CE mark
EMC mark	EMC mark
UL mark	-
Warranty period	5 years
Constant light output	No
Number of products on MCB of 16 A type B 24	
RoHS mark	RoHS mark
Product family code	R57518   LuxSpace Accent Performance G3

### Operating and Electrical

Input Voltage	220 to 240 V
Input Frequency	50 to 60 Hz
Initial CLO power consumption	- W
Average CLO power consumption	- W
Inrush current	23.5 A
Inrush time	0.272 ms
Power Factor (Min)	0.9

### Controls and Dimming

Dimmable	No
----------	----

### Mechanical and Housing

Housing Material	Aluminum
Reflector material	Silver
Optic material	Polycarbonate
Optical cover/lens material	Polycarbonate
Flotation material	-
Optical cover/lens finish	Clear
Overall height	150 mm
Overall diameter	158 mm

### Approval and Application

Ingress protection code	IP20   (Finger-protected)
-------------------------	---------------------------

Mech. Impact protection code	IK02   (0.2 J standard)
------------------------------	-------------------------

### Initial Performance (IEC Compliant)

Initial luminous flux (system flux)	3900 lm
Luminous flux tolerance	+/-10%
Initial LED luminaires efficacy	75.8 lm/W
Init. Corr. Color Temperature	3000 K
Init. Color Rendering Index	≥95
Initial chromaticity	(0.43, 0.32) SDCM <3
Initial input power	46.5 W
Power consumption tolerance	+/-10%

### Over Time Performance (IEC Compliant)

Driver failure rate at 5000 h	1 %
Median useful life L70B50	70000 h
Median useful life L80B50	50000 h
Median useful life L90B50	25000 h

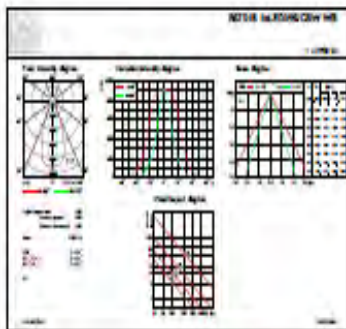
### Application Conditions

Ambient temperature range	+10 to +40 °C
Average ambient temperature	25 °C
Suitable for random switching	Yes (relates to presence movement detection and daylight harvesting)

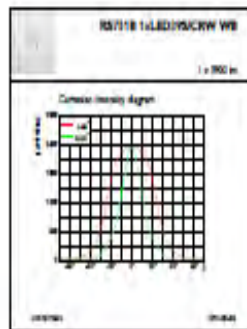
### Product Data

Full product code	67186916711000
Order product name	R57518 LED395/CRW PSE-E WB W1
EANUPC - Product	671869167110
Order code	910500459422
Manufacturer - Quantity Per Pack	1
Manufacturer - Packs per outer box	1
Material Nr. (12NC)	910500459422
Net Weight (Piece)	1.377 kg

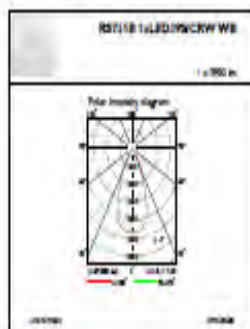
Photometric data



IFAS1\_RS75181xLED195CRWB



IFCC1\_RS75181xLED195CRWB



IFPC1\_RS75181xLED195CRWB



## Καμπάνες LED 155W – high bay



# GentleSpace GreenWarehouse

BY471X GRN250S/840 HRO GC ACW SI

GentleSpace GreenWarehouse - LED GreenLine system flux 25,000  
lm - 840 neutral white - High-rack optic - Clear glass - ActiLume  
wireless - Silver

This dedicated system makes it easy for warehouse developers and facility managers to achieve maximum energy savings. It seamlessly integrates state-of-the-art LED lighting with an easy-to-use and reliable networked control solution. When the situation on the work floor changes, settings such as dimming levels and timing can be changed wirelessly by the end-users themselves. Luminaires can be combined in groups across the layout, and re-zoning them does not require a hardware change, thus minimizing commissioning costs. The system delivers savings over and above the actual efficiency of the LEDs and is future-proof. Easy to understand, easy to design-in, and easy to use, the GreenWarehouse is simplicity itself.

### Product data

General information		Optic type	
Number of light sources	16 pcs	Optical cover/lens type	High-rack optic
Lamp family code	GRN250S   LED GreenLine system flux 25,000 lm	Luminaire light beam spread	Clear glass
Beam angle of light source	114°	Embedded control	ActiLume wireless
Light source color	840 neutral white	Control interface	-
Light source replaceable	Yes	Connection	External connector
Number of gear units	2 units	Cable	Cable 0.5 m with cable connector 3-pole
Driver/power unit/transformer	Power supply unit with DALI interface	Protection class (IP)	Safety class I
Driver included	Yes	Mounting	Suspension 4x1 hole, triangle

## GentleSpace GreenWarehouse

Glow-wire test	Temperature 650 °C, duration 5 s
Flammability mark	For mounting on easily flammable surfaces
CE mark	CE mark
EMEC mark	EMEC mark
Design Award Winner mark	Design Award Winner 2014
Warranty period	5 years
Constant light output	No
Number of products on MOE of 15 A type II 5	
RoHS mark	RoHS mark
Product family code	BY471X   GentleSpace GreenWarehouse

### Operating and Electrical

Input Voltage	220 to 240 V
Input Frequency	50 to 60 Hz
Control signal voltage	0-16 V DC (DALI)
Inrush current	9.6 A
Inrush time	2.3 ms
Power Factor (Min)	0.9

### Controls and Dimming

Dimmable	Yes
----------	-----

### Mechanical and Housing

Housing Material	Aluminum
Reflector material	-
Optic material	Acrylate
Optical cover lens material	Glass
Flotation material	Stainless steel
Optical cover lens finish	Clear
Overall length	647 mm
Overall width	450 mm
Overall height	211 mm

### Approval and Application

Ingress protection code	IP65 ( Dust penetration-protected, jet-proof)
Mech. Impact protection code	IK07 ( 2 J nonfract.)

### Initial Performance (IEC Compliant)

Initial luminous flux (system flux)	25000 lm
Luminous flux tolerance	+/-7%
Initial LED luminous efficacy	152 lm/W
Init. Corr. Color Temperature	4000 K
Init. Color Rendering Index	≥80
Initial chromaticity	(0.38, 0.38) SDCM <3
Initial input power	165 W
Power consumption tolerance	+/-11%

### Over Time Performance (IEC Compliant)

Driver failure rate at 5000 h	0.5 %
Median useful life L70B50	70000 h
Median useful life L80B50	50000 h
Median useful life L90B50	25000 h

### Application Conditions

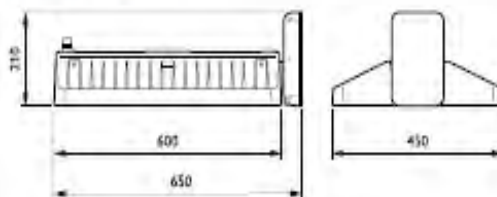
Ambient temperature range	-20 to +45 °C
Average ambient temperature	25 °C
Maximum dim level	10%
Suitable for random switching	Yes (relative to presence/ movement detection and daylight harvesting)

### Product Data

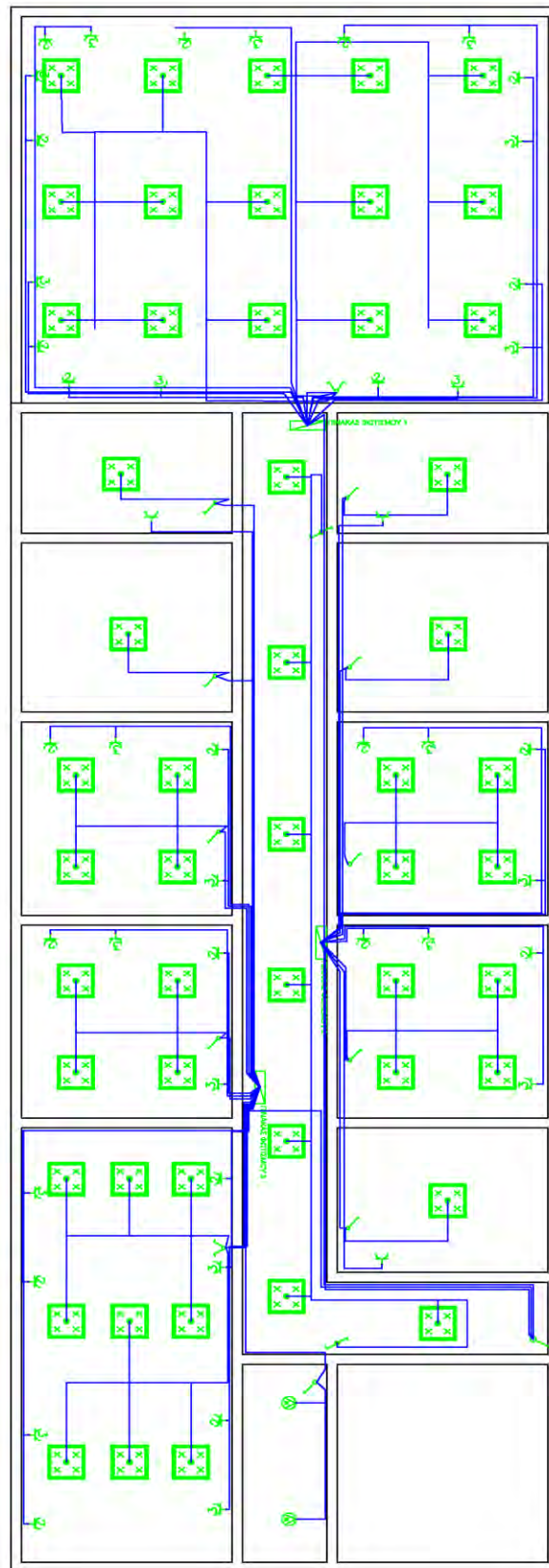
Full product code	871869632143000
Order product name	BY471X GFPN2505/840 1870 GC ACW 50
EANUPD - Product	8718696321430
Order code	910930205902
Number - Quantity Per Pack	1
Number - Packs per outer box	1
Material Nr. (12NC)	910930205902
Net Weight (Pieces)	16.100 kg



### Dimensional drawing

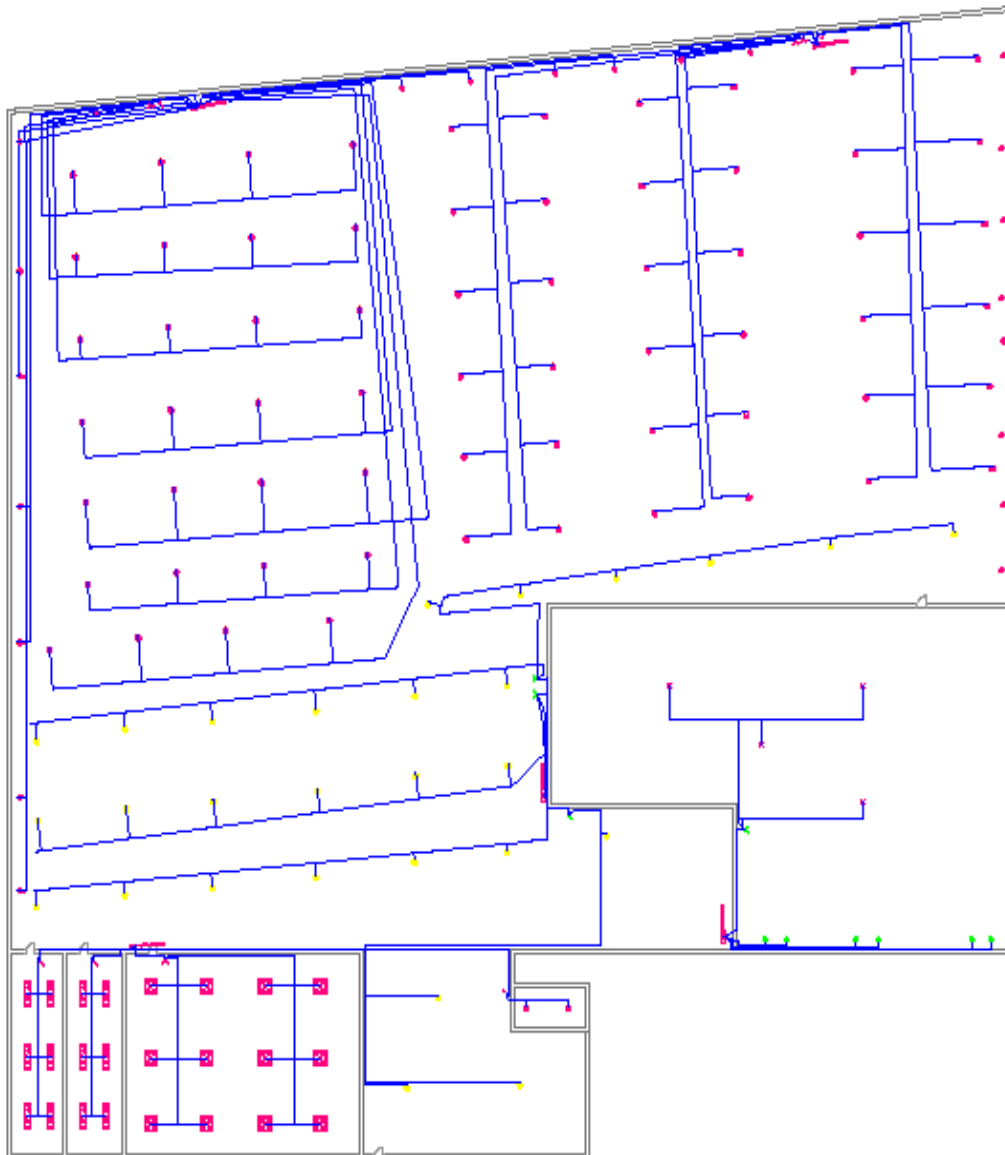


## Φορτία γραφείων





## Φορτία Παραγωγής



## Βιβλιογραφία

1. Ντοκόπουλος, Πέτρος. *Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών*. σ.λ. : Ζήτη, 2005.
2. Κονταξής Γ.-Βουρνάς Κ. : Εισαγωγή στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας.
3. ΕΛΛΑΔΟΣ, ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ. Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. ΤΟΤΤΕ 20701-1/2010. Αθήνα : s.n., 2012.
4. HD384, ΕΛΟΤ
5. <http://www.elemko.gr>
6. Μικρόπουλος Παντελής, Συστήματα Αντικεραυνικής Προστασίας Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Θεσσαλονίκη 2006
7. Δρ.Φαντίδης Ιάκωβος,Σημειώσεις μαθήματος Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις 2, Καβάλα
8. Αναστασοπούλου Αγγελική, Διπλωματική εργασία με θέμα Αντικεραυνική Προστασία Φ/Β εγκαταστάσεων ΑΠΘ
9. Δρακάκη Μ.,Μαυρίκης Χ.,Τεκεντζόγλου Α.,εργασία με θέμα Αντικεραυνική προστασία κοινών κατασκευών ΑΠΘ

## Εικόνες

Εικόνα 1: Δομή δικτύου τροφοδοσίας από ΜΤ(1) .....	14
Εικόνα 2 Συνδεσμολογία παροχής Β2 για υπόγειο δίκτυο .....	19
Εικόνα 3 Τομή υπογείου εγκατάστασης ΜΣ .....	29
Εικόνα 4: Ζυγοί Χ.Τ.....	31
Εικόνα 5 Διατάξεις χαντακιών καλωδίων κάτω από τον πίνακα ΜΤ.....	32
Εικόνα 6:Μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση ζυγών χαλκού/αλουμινίου .....	41
Εικόνα 7: Συντελεστής $V_f \cdot V_r$ για τον υπολογισμό δυνάμεων στους μονωτήρες στήριξης .....	45
Εικόνα 8: Αντιδράσεις καλωδίων ΧΤ και ΜΤ στο ορθό σύστημα για 50HZ (1) σχ. 7.13 .....	47
Εικόνα 9: Τομή υπογείου εγκατάστασης ΜΣ .....	54
Εικόνα 10: Ζυγοί Χ.Τ.....	54
Εικόνα 12: Συλλεκτήρια επιφάνεια Ad/b του κτηρίου.....	90
Εικόνα 13: Επιφάνεια $A_m$ του κτηρίου.....	90
Εικόνα 14 Χάρτης ισοκεραυνικών καμπυλών Ελλάδας, στοιχεία ΔΕΔΔΗΕ.....	91
Εικόνα 15 Εισαγωγή στοιχείων κτηρίου .....	93
Εικόνα 16 Εισαγωγή ηλεκτρικών στοιχείων εγκατάστασης.....	94
Εικόνα 17 Επιλογή επιπέδου προστασίας αναφορικά με τους ανθρώπους .....	95
Εικόνα 18 Επιλογή επιπέδου προστασίας αναφορικά με την περιουσία .....	96
Εικόνα 19 Επιλογή επιπέδου προστασίας αναφορικά με την περιουσία – οικονομική θεώρηση .....	97
Εικόνα 20 Υπολογισμός κινδύνου και τυχόν απωλειών.....	98
Εικόνα 21 Όψεις συλλεκτήριου συστήματος οροφής.....	102
Εικόνα 22 Μέθοδος κυλιόμενης σφαίρας επί της οροφής του κτηρίου .....	103
Εικόνα 23 Κτήριο με κολώνες άνω όψη .....	105

Εικόνα 24 Υπόγειο.....	108
Εικόνα 25 Ισόγειο.....	108
Εικόνα 26 Πλέγμα γείωσης – δακτύλιοι.....	109
Εικόνα 27 Τοποθέτηση θεμελιακής γείωσης .....	111
Εικόνα 28 Πλέγμα ισοδυναμικής σύνδεσης.....	114
Εικόνα 29 Ζυγοί ισοδυναμικών συνδέσεων.....	117
Εικόνα 30 Εκτροπέας υπερτάσεων DV M TNS 255 .....	126
Εικόνα 31 Εκτροπέας υπερτάσεων DG M TNS CI275 .....	126
Εικόνα 32 Εκτροπέας υπερτάσεων DR M 2P 255 .....	127
Εικόνα 33 Απαγωγός υπερτάσεων ΕΛΕΜΚΟ 6805114.....	127
Εικόνα 34: Διάταξη προστασίας τηλεφωνικής γραμμής.....	128

## Πίνακες

Πίνακας 1: Προσδιορισμός ισχύος μηχανών.....	17
Πίνακας 2: 1ος υποπίνακας κίνησης .....	55
Πίνακας 3: 2ος υποπίνακας κίνησης .....	58
Πίνακας 4: 3ος υποπίνακας κίνησης .....	60
Πίνακας 5: 4ος υποπίνακας κίνησης .....	62
Πίνακας 6: Ηλεκτρικά στοιχεία κινητήρα 52 .....	64
Πίνακας 7: Ηλεκτρικά στοιχεία κινητήρα 55 .....	68
Πίνακας 8: Παροχές μηχανών 52-56 .....	71
Πίνακας 9: Παροχές μηχανών 52-56 .....	71
Πίνακας 10: 5ος υποπίνακας κίνησης .....	73
Πίνακας 11: 6ος υποπίνακας κίνησης .....	75
Πίνακας 12: 7ος υποπίνακας κίνησης .....	78
Πίνακας 13: 8ος υποπίνακας κίνησης .....	79
Πίνακας 14: Πλέγμα αγωγών ανά κατηγορία προστασίας (1).....	100
Πίνακας 15: Πυκνότητα ισοδυναμικών συνδέσεων.....	116
Πίνακας 16: Τιμές $k_p$ .....	120
Πίνακας 17: Παράμετροι κεραυνικού πλήγματος.....	121
Πίνακας 18: Συντελεστές θωράκισης καλωδίων .....	122
Πίνακας 19: Αντοχή σε κρουστική τάση .....	123
Πίνακες 20 Συγκεντρωτικά στοιχεία αίθουσας συνεδριάσεων .....	145
Πίνακας 21 Συγκεντρωτικά στοιχεία χώρου κινητήρων .....	148
Πίνακες 22 Συγκεντρωτικά στοιχεία για αποθήκη I και II .....	150
Πίνακες 23 Συγκεντρωτικά στοιχεία για αποθήκη III και λεβητοστάσιο .....	153
Πίνακες 24 Συγκεντρωτικά στοιχεία για αποθήκες IV, V και σκάλες.....	157
Πίνακες 25 Συγκεντρωτικά στοιχεία για Χώρο ΜΣ και διάδρομο.....	160

Πίνακας 26 Υποπίνακες υπογείου .....	160
Πίνακες 27 Συγκεντρωτικά στοιχεία για Αποδυτήρια I,II, Εστιατόριο, Σκάλες.....	164
Πίνακες 28 Συγκεντρωτικά στοιχεία για μικρό χώρο ΜΣ.....	166
Πίνακες 29 Συγκεντρωτικά στοιχεία για μεγάλο χώρο ΜΣ.....	170
Πίνακας 30 Υποπίνακες Ισογείου .....	170
Πίνακες 31 Συγκεντρωτικά στοιχεία για Αποθήκη (2,5x4) - WC – Γραφεία I και II - Αποθήκη (3x4) Διάδρομος.....	176
Πίνακες 32 Συγκεντρωτικά στοιχεία για Αποθήκη (2,5x4) - WC – Γραφεία III και IV - Αποθήκη (3x4).....	181
Πίνακας 33 Υποπίνακες γραφείων .....	181
Πίνακας 34 Συγκεντρωτικά στοιχεία εξωτερικού χώρου .....	184