

$I = \frac{P}{U \cdot \cos \phi}$  (A)  
 όπου P: η ηλεκτρική ισχύς του καταναλωτή σε W  
 U: η τάση λειτουργίας του καταναλωτή σε V  
 $\cos \phi$ : ο συντελεστής ισχύος του καταναλωτή

$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi}$  (A)  
 όπου P: η ηλεκτρική ισχύς του καταναλωτή σε W  
 U: η ολική τιμή της τάσης σε V (400 V)  
 I: το ρεύμα τροφοδοσίας του καταναλωτή (ολική τιμή)  
 $\cos \phi$ : ο συντελεστής ισχύος του καταναλωτή

**Η διατομή των καλωδίων επιλέγεται έτσι ώστε η θερμοκρασία της μόνωσης να μην υπερβεί το όριο.**

**Η διατομή των καλωδίων επιλέγεται έτσι ώστε να μην υπερθερμανθεί η μόνωση του καλωδίου κατά τη διάρκεια βραχυκυκλώματος.**

**Η πτώση τάσης είναι 4%.**

**Για την αποφυγή ηλεκτροπληξίας προβλέπεται διακοπή της τροφοδοσίας σε χρόνους 0,2 έως 0,4 sec. Οι χρόνοι αυτοί επιτυγχάνονται εφόσον το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι αρκετά μεγάλο.**

**Συνεπώς το καλώδιο δεν πρέπει να προβάλει αντίσταση δηλαδή η διατομή των καλωδίων πρέπει να ελεγχθεί ώστε να είναι αρκετά μεγάλη.**

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 1

## ΤΥΠΟΙ

$I = \frac{P}{U \cdot \cos \phi}$  (A)

όπου P: η ηλεκτρική ισχύς του καταναλωτή σε W  
 U: η τάση λειτουργίας του καταναλωτή σε V  
 $\cos \phi$ : ο συντελεστής ισχύος του καταναλωτή

$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi}$  (A)

όπου P: η ηλεκτρική ισχύς του καταναλωτή σε W  
 U: η ολική τιμή της τάσης σε V (400 V)  
 I: το ρεύμα τροφοδοσίας του καταναλωτή (ολική τιμή)  
 $\cos \phi$ : ο συντελεστής ισχύος του καταναλωτή

**Μονοφασικός καταναλωτής**  
 = Η αξία ολικών και φασικών τάσεων και ρευμάτων, για τις δυο συνδεσμολογίες είναι:  
 • Συνδεσμολογία οριζόντια: U = √3 · U<sub>φ</sub>    κα    I = I<sub>φ</sub>  
 • Συνδεσμολογία τριγωνική: U = U<sub>φ</sub>    κα    I = √3 · I<sub>φ</sub>

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 2

**1) Πλαστικά καλώδια**

**Μονοφασικά καλώδια:** 1. μόνωση PVC, 2. πλαστικοποιημένη αλυσίδα, 3. PVC  
**Πλάστικα καλώδια XT (PVC) (VDE 250):**  
 - U<sub>0</sub>/U = 220/380 V, U<sub>m</sub> = 2 kV (3 mm) E.P.P., 5 kV E.P.P.  
 - Θ<sub>0</sub> = 70°C, Θ<sub>90</sub> = 170°C  
 - Αρτηρίες: 1. 1 - 2 αρτηρίες, διαμέτρ. 1,5 mm<sup>2</sup> ... 25 mm<sup>2</sup>, μονωμένες ή από αλουμίωση  
 - Επιπρόσθετα: μόνο ή μόνο σε συνδυασμό με γυαλόπλεξι, κατόπιν σε αλκυλεστικές αλυσίδες, σε αλκυλεστικές αλυσίδες, κενά σε αλκυλεστικές αλυσίδες, σε αλκυλεστικές αλυσίδες, σε αλκυλεστικές αλυσίδες, σε αλκυλεστικές αλυσίδες, σε αλκυλεστικές αλυσίδες

**2) Τριφασικά καλώδια XT (PVC)**  
 H (H/AMT 363A), NYM (VDE 250)

**Μονοφασικά καλώδια:** 1. μόνωση PVC, 2, 3, 4 μονωμένες, αλκυλεστικές αλυσίδες, ρελάτοι  
**Τριφασικά καλώδια XT (PVC) (VDE 250):**  
 - U<sub>0</sub>/U = 220/380 V, U<sub>m</sub> = 2 kV (3 mm) E.P.P., 5 kV E.P.P.  
 - Θ<sub>0</sub> = 70°C, Θ<sub>90</sub> = 170°C  
 - Αρτηρίες: 1. 1 - 2 αρτηρίες, διαμέτρ. 1,5 mm<sup>2</sup> ... 25 mm<sup>2</sup>, μονωμένες ή από αλουμίωση  
 - Επιπρόσθετα: μόνο ή μόνο σε συνδυασμό με γυαλόπλεξι, κατόπιν σε αλκυλεστικές αλυσίδες, σε αλκυλεστικές αλυσίδες, σε αλκυλεστικές αλυσίδες, σε αλκυλεστικές αλυσίδες, σε αλκυλεστικές αλυσίδες, σε αλκυλεστικές αλυσίδες

**3) Μονωμένα καλώδια**  
 H (H/AMT 363A) από NYA (VDE 250)

**Μονοφασικά καλώδια:** 1. μόνωση PVC, 2, 3, 4 μονωμένες, αλκυλεστικές αλυσίδες, ρελάτοι  
**Μονωμένα καλώδια XT (PVC) (VDE 250):**  
 - U<sub>0</sub>/U = 450/750 V, U<sub>m</sub> = 2,5 kV (3 mm) E.P.P., 5 kV E.P.P.  
 - Θ<sub>0</sub> = 70°C, Θ<sub>90</sub> = 170°C  
 - Αρτηρίες: 1. αρτηρίες σε διαμέτρ. 1,5 mm<sup>2</sup> έως 400 mm<sup>2</sup>, Μόδα 16 mm<sup>2</sup> με αλκυλεστική αλυσίδα (E), μέχρι 400 mm<sup>2</sup> αλκυλεστική (E) και μέχρι 240 mm<sup>2</sup> αλκυλεστική γυαλόπλεξι (E)  
 - Επιπρόσθετα: μόνο σε αλκυλεστικές αλυσίδες ή υπερπλεγμένες ή μονωτικές αλυσίδες στο ατσάλι, μόνο σε αλκυλεστικές ή υπερπλεγμένες ή μονωτικές αλυσίδες 3000 V τάσης  
 - Δεν επιτρέπεται: α) αλκυλεστικές αλυσίδες ή σπαστά άκρα ή στα σπαστά, β) στα σπαστά

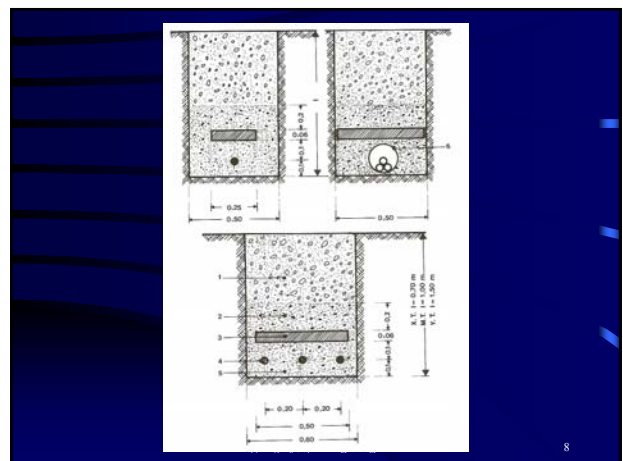
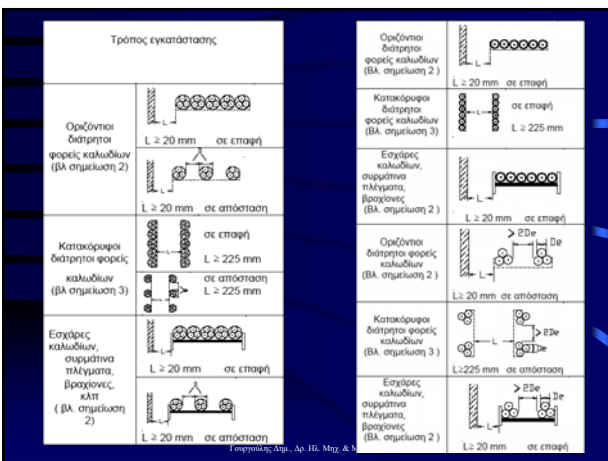
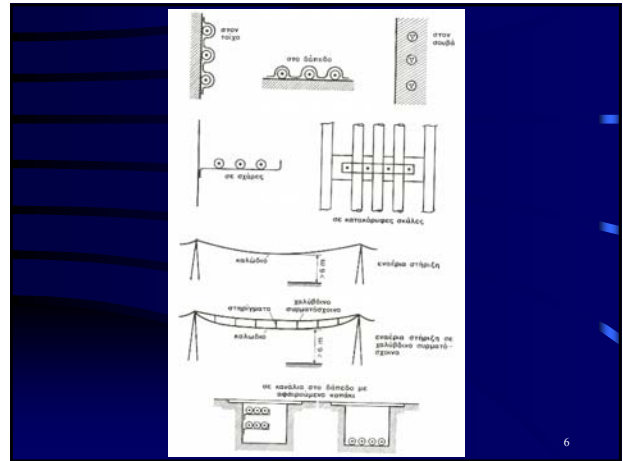
Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 3

Γράμμα	Σημασία
A	έντα, σμύρνες αν είναι τετρατάξιο, NYA
B	μνήθιας μολύβδου, NYW, Y
C	αλχέριμ, ελαστικό NYCY
F	αλάτι καλώδια NYFI
G	μόνωση από ελαστικό NGGA
2G	μόνωση από ελαστικό οπαλάνης N2GA
3G	μόνωση από ελαστικό βουτάνιο N3GA
4G	μόνωση από ελαστικό βινύλαμυλο (EVA) N4GA
I	καλώδιο σε σιαβό NYFI
H	καλώδιο για φορητή ανασυρή, NYMH
L	καλώδιο ελαστικού τύπου NYLHY
M	καλώδιο μέσου τάσης, NYM
N	καλώδιο σύμμετρα με τους κανονισμούς VDE 250, NYM
S	καλώδιο βάριας τάσης, NYS
Y	μονωτικό PVC, NYM
2Y	μονωτικό PE, N2YM
2X	μονωτικό δακτυλειώδη PE N2XM
J	καλώδιο με αγωγή γκόνωσης, NY-J
k	αντοχή στο γρήγορο NSHtk
ò	αντοχή στο λάδι NSHtkω
ü	δεν ανυψώνεται NSHTök
w	αντοχή σε υψηλή θερμοκρασία, NSHökω

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 4

**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΑ ΝΕΩΝ ΤΥΠΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΜΕ ΠΑΛΑΙΟΥΣ**

Νέος τύπος	Παλιός τύπος
HO7V-K	NYAF
HO7V-U	NYA(re)
HO7V-R	NYA(rm)
AO5VV-U	NYM(re)
AO5VV-R	NYM(rm)
HO5VV-F	NYMHY
HO3VV-F	NYLHY(rd)
HO3VH-H	NYFAZ
HO5RR-F	NMH
HO7RN-F	NSHou
JIVV-U	NYV(re)
JIVV-R	NYV(rm)
JIVV-S	NYV(sm)
AO5VVH3-U	NYIFV





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

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

Ποιο είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για αγωγούς σε σωλήνα :  
 3 μονομερεί αγωγοί 1,5 mm<sup>2</sup> και 3 μονομερεί αγωγοί 2,5 mm<sup>2</sup>,  
 α) Μόνωση PVC, Θερμοκρασία περιβάλλοντος 35 °C, εντοιχισμένο,  
 β) Μόνωση PVC, Θερμοκρασία περιβάλλοντος 35 °C, επιτοίχιο

A) Από τον πίνακα 52-K1, στήλη 3.

$I_0 = 14,5 \text{ A}$  για 1,5 mm<sup>2</sup>,  $I_0 = 19,5 \text{ A}$  για 2,5 mm<sup>2</sup>  
 Ο συντελεστής θερμοκρασίας προκύπτει :  $f_a = 0,94$ ,  
 Ο συντελεστής ομαδοποίησης προκύπτει για 2 συστήματα :  $f_b = 0,80$ .  
 Συνεπώς οι μέγιστες επιτρεπόμενες εντάσεις είναι:  
 Για 1,5 mm<sup>2</sup>  $I = 14,5 \times 0,94 \times 0,80 = 10,90 \text{ A}$   
 Για 2,5 mm<sup>2</sup>  $I = 19,5 \times 0,94 \times 0,80 = 14,67 \text{ A}$ .

B) Από τον πίνακα 52-K1, στήλη 5.

Για 1,5 mm<sup>2</sup>  $I_0 = 17 \text{ A}$  και για 2,5 mm<sup>2</sup>  $I_0 = 23 \text{ A}$ .  
 Για 1,5 mm<sup>2</sup>  $I = 17 \times 0,94 \times 0,80 = 12,78 \text{ A}$   
 Για 2,5 mm<sup>2</sup>  $I = 23 \times 0,94 \times 0,80 = 17,30 \text{ A}$ .

Μονωτική επένδυση	Πλάτος Φύλλου (mm)	Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα (σε Α) εντοιχισμένων (αριστερά) και επιτοίχιων (δεξιά) ηλεκτρικών γραμμών Μόνωση από PVC & ΕΡΡΕ ή ΧΛΡΕ									
		Οι αριθμοί παρατίθενται στις στήλες που ακολουθούν					Πολυπολικά καλώδια				
		Μονομερές αγωγό σε σωλήνα		Επιτοίχιο			Επιτοίχιο		Επιτοίχιο		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
PVC		3	2	4	2	5	1	3			
ΕΡΡΕ ή ΧΛΡΕ		3	3	7	5	8	4	6			
Κλάση	mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	1,5	13	13,3	14,5	15,5	17	19	20	22	23	
	2,5	17,5	18	19,5	21	23	26	28	30	31	
	4	23	24	26	28	31	35	37	40	42	
	6	29	31	34	36	40	44	48	51	54	
	10	39	42	46	50	54	60	66	69	75	
	16	52	56	61	66	73	80	88	91	100	
	25	66	73	80	89	95	105	117	119	133	
	35	83	89	99	109	117	128	144	148	164	
	50	99	108	118	130	141	154	175	175	198	
	70	125	136	149	164	179	194	222	221	253	
	95	150	164	179	197	214	233	269	265	306	
	120	172	188	206	227	249	269	312	305	354	
	150	196	216	240	259	285	316	-	371	441	
	185	223	245	273	295	324	362	-	424	506	
	240	261	286	321	346	380	424	-	500	599	
300	298	328	367	396	438	489	-	576	693		
Απόσταση	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	18	41	43	46	53	58	64	71	72	79	
	25	53	57	62	70	73	84	93	90	101	
	35	65	70	77	88	90	103	116	112	126	
	50	78	84	92	104	110	124	140	136	154	
	70	94	107	116	131	140	156	179	174	198	
	95	118	129	139	157	170	189	217	211	241	
	120	135	148	160	180	197	216	251	245	280	
	150	155	170	180	206	226	253	-	293	324	
	185	176	194	215	233	256	286	-	323	371	
	240	207	227	252	279	300	338	-	382	439	
	300	237	261	289	313	344	387	-	440	506	

$P = \frac{U \cdot I}{\eta}$  (W)

$\rho = 0,018 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$  (χαλκός)

Μονοφασικός καταναλωτής:  
 $\Delta U = \rho \frac{2 \cdot l}{S} \cdot I$  συνφ

Τριφασικός καταναλωτής:  
 $\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \frac{l}{S} \cdot I$  συνφ

όπου  $\Delta U$ : η πτώση τάσης στον αγωγό της γραμμής (σε V)  
 $\rho$ : η ειδική αντίσταση του υλικού του αγωγού (σε  $\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$ )  
 $l$ : το μήκος της γραμμής τροφοδοσίας του καταναλωτή (σε m)  
 $S$ : η διατομή των αγωγών της γραμμής τροφοδοσίας (σε mm<sup>2</sup>)  
 $I$ : η ένταση του ρεύματος που περνάει από τη γραμμή (σε Α)  
 συνφ: ο συντελεστής ισχύος του καταναλωτή

Σύμφωνα με το άρθρο 128 των κανονισμών εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, η πτώση τάσης δεν πρέπει να ξεπερνά κάποια όρια τα οποία είναι:

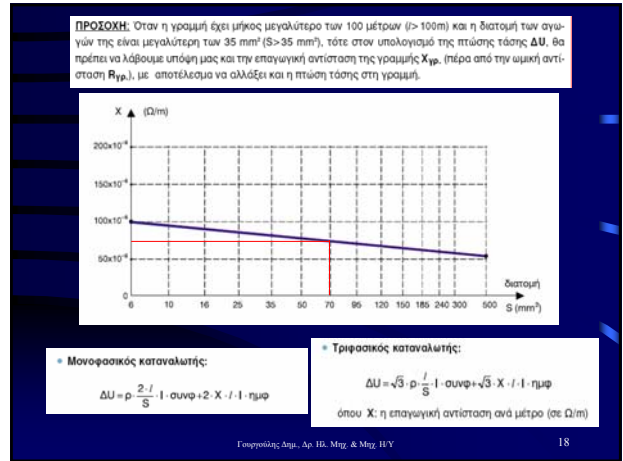
- = 3% για τροφοδοσία ηλεκτρικών κινητήρων, αλλά και συσκευών με δικό τους κύκλωμα τροφοδοσίας, όπως μηχανεία, θερμοσίφωνες, κ.λπ. (για τάση  $U = 400 \text{ V}$  επιτρεπτή πτώση τάσης μέχρι  $\Delta U = 12 \text{ V}$  (συντελεστής ισχύος  $\cos \phi = 0,9$ ).
- = 1% για φωτιστικές γεννήτριες χρήσης (για τάση μέχρι  $\Delta U = 230 \text{ V}$  επιτρεπτή πτώση τάσης  $U = 400 \text{ V}$  επιτρεπτή πτώση τάσης  $U = 2,3 \text{ V}$ ).

4%, 16V 3φ, 9.2V 1φ

Characteristics of the installation at 40°C, 230 V AC, Cos φ = 0.95 (1)				
Lighting power (kW) including any ballast losses	Rated current (A)	Maximum cable length (m) for a 3% voltage drop (the value shown is the average distance between the electrical switchboard and the lamps)		
0.2	1	204	489	783
0.4	2	147	245	391
0.7	3	98	163	261
1.3	5	58	130	196
2.2	10	29	65	104
3.5	16	18	41	65
4.4	20	14	31	49
5.5	25	11	24	39
7.0	32	8	18	29
8.7	40	6	14	22
10.9	50	5	11	17
13.8	63	4	9	14

Cable	1.5	2.5	4	6	10	16	25
Cross-section of each conductor (mm <sup>2</sup> )	1.5	2.5	4	6	10	16	25
Circuit breaker	twice the rated current of the lighting circuit						
Rating (A)	recommended	2 x 6 A = 13 or 16 A					
maximum (Z) cable with PVC insulation	13	16	25	32	40	50	63
other insulating material more efficient at high temperature	16	20	32	40	50	63	80



\* Τριφασικός καταναλωτής:  
 $\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \frac{l}{S} \cdot I \cdot \cos\phi + \sqrt{3} \cdot X \cdot l \cdot I \cdot \eta \sin\phi$   
 όπου X: η επαγωγική αντίσταση ανά μέτρο (σε Ω/m)

**Αν αντικαταστήσω το ρεύμα με P και Q και στη συνέχεια διαιρέσω και τα δύο μέλη με U για να εκφράζω σε ποσοστό την πτώση τάσης**

$$\Delta U = \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot \frac{P}{U} + X \cdot l \cdot \frac{Q}{U} \Rightarrow \frac{\Delta U}{U} = \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot \frac{P}{U^2} + X \cdot l \cdot \frac{Q}{U^2}$$

$$\rho = \frac{1}{\kappa} \quad \kappa = 56 \Omega^{-1} \text{mm}^{-2} \text{m (χαλκός)} \quad R = \frac{1}{\kappa \cdot A}$$

$$\frac{\Delta U}{U} = I \cdot \frac{P}{U^2} \cdot (R + X \cdot \frac{Q}{P})$$

εάν  $\Psi' = (R + X \cdot \frac{Q}{P}) = (R + X \cdot \tan\phi)$  τότε  $\frac{\Delta U}{U} = I \cdot \frac{P}{U^2} \cdot \Psi'$

Τριφασικός κινητήρας ισχύος 15 kW, 400 V, η=0.9, cosφ=0.84, l=80m, ρ=0,018 Ω mm<sup>2</sup> / m (χαλκός), 40 °C. Ποια η διατομή των αγωγών τροφοδοσίας γείωσης και ουδέτερου σύμφωνα με τον HD384, αν οι αγωγοί είναι τοποθετημένοι σε σχάρα, κατασκευασμένοι από PVC, πολυπολυκί. Με τι μέγεθος διακόπτη ισχύος μπορούμε να προστατεύσουμε τον κινητήρα. (Διαθέσιμοι Δ.Ι. 10Α, 16Α, 25Α, 32Α, 40Α, 50Α, 63Α).

Παράλληλα να γίνει έλεγχος απόσβεσης σε βραχυκύκλωμα λαμβάνοντας υπόψη ότι η αντίσταση του δικτύου είναι 0.4 Ω.

$$I_{ov} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi \cdot \eta} = \frac{15000}{1,73 \cdot 400 \cdot 0,84 \cdot 0,9} = 28,6 \text{ A}$$

Για T = 40 °C.  $I_{40} = \frac{I_{ov}}{0,87} = 32,9 \text{ A}$

Από τον πίνακα 52-K2, στήλη 1. Επιθυμητή διατομή 5 x 6mm<sup>2</sup>.

Πτώση τάσης, l<100m.  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I \cdot \cos\phi = 1,73 \cdot 0,018 \cdot \frac{80}{6} \cdot 28,6 \cdot 0,84 = 9,97 \text{ V}$

Αν ήταν μεγαλύτερο από 16 V (4%) θα επιλέγαμε μεγαλύτερη διατομή και θα ξανακάναμε έλεγχο.

Πίνακας 52-K2  
Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα (σε Α) ηλεκτρικών γραμμών με καλώδια στον αέρα (σε απόσταση από το πάτωμα 6 μέτρα θεωρώντας) Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Γραμμή Φασική ή αγωγίων	Πλάτος Φασικής καλωδίου	Μονοφασικά καλώδια																	
			Σε επόμενη μετριά τους (απόσταση από το πάτωμα 6 μέτρα)			Σε απόσταση μετριά τους (απόσταση από το πάτωμα 6 μέτρα)			Σε απόσταση μετριά τους (απόσταση από το πάτωμα 6 μέτρα)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9									
PVC	2	2	5	4	4	7	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPR ή XLPE	3	3	7	6	6	9	7	8	8	11	9	11	11	14	12	14	14	17	17	20

Κλάση	mm²	Στάση								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	18,5	20	26	-	-	-	-	-	-	-
2,5	26	36	-	-	-	-	-	-	-	-
4	36	49	-	-	-	-	-	-	-	-
6	49	63	-	-	-	-	-	-	-	-
10	70	86	-	-	-	-	-	-	-	-
16	94	113	-	-	-	-	-	-	-	-
25	119	149	110	130	135	141	141	141	142	142
35	146	182	137	162	169	176	176	176	176	176
50	180	225	167	196	207	216	216	216	216	216
70	226	282	209	241	254	264	264	264	264	264
95	278	342	254	294	309	321	321	321	321	321
120	334	409	309	354	371	384	384	384	384	384
150	394	479	354	404	424	444	444	444	444	444
180	454	544	404	454	474	494	494	494	494	494
240	554	644	454	504	524	544	544	544	544	544
300	654	744	504	554	574	594	594	594	594	594
400	-	-	554	604	624	644	644	644	644	644
500	-	-	-	654	674	694	694	694	694	694
630	-	-	-	-	704	724	724	724	724	724

Το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας είναι 28.6 Α, άρα ο Δ.Ι. που θα επιλέξω θα είναι 32 Α.

Η αντίσταση του καλωδίου είναι  $R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,018 \cdot \frac{80}{6} = 0,24 \Omega$

Η συνολική αντίσταση δικτύου – καλωδίου είναι:

$$R_{total} = R_{καλωδίου} + R_{δικτύου} = 0,24 \Omega + 0,4 = 0,64 \Omega$$

Για να λειτουργήσει ο διακόπτης των 32 Α σε βραχυκύκλωμα θα πρέπει τουλάχιστον να παρουσιαστεί ρεύμα σε βραχυκύκλωμα 5 φορές τον ονομαστικό ρεύμα του διακόπτη δηλαδή 160 Α.

$$I_{βραζ} = \frac{230}{R_{total}} = \frac{230}{0,64} = 359,4 A > 160 A$$

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. ΗΥ

Τριφασικό φορτίο κίνησης ισχύος 100 kW, 400 V, cosφ=0,8, l=250m, ρ=0,018 Ω mm² / m (χαλκός). Ποια η διατομή των αγωγών τροφοδοσίας γείωσης και ουδετέρου σύμφωνα με τον HD384, αν οι αγωγοί είναι τοποθετημένοι σε σχάρα – σε επαφή μεταξύ τους – διάταξη επίπεδη, κατασκευασμένοι από PVC, μονοπολικοί.

$$I_{ον} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} = \frac{100000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 180,4 A$$

Από τον πίνακα 52-K2, στήλη 4. Επιθυμητή διατομή 3 x 70mm² + 2 x 35 mm².

Πτώση τάσης, l>100m, S>35mm², άρα X = 75 10⁴ Ω/m.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I_{ον} \cdot \cos\phi + \sqrt{3} \cdot X \cdot l \cdot I_{ον} \cdot \sin\phi =$$

$$= 1,73 \cdot 0,018 \cdot \frac{250}{70} \cdot 180,4 \cdot 0,8 + 1,73 \cdot 75 \cdot 10^4 \cdot 0,6 \cdot 250 \cdot 180,4 \cdot \sqrt{1 - 0,8^2} =$$

$$= 16,05 + 3,50 = 19,55 V$$

ΔU>16 V άρα νέα διατομή 3 x 95mm² + 2 x 50mm², X = 70 10⁴ Ω/m, και ξανακάνουμε έλεγχο.

ΔU = 11,82+3,26=15,08V<16V.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. ΗΥ

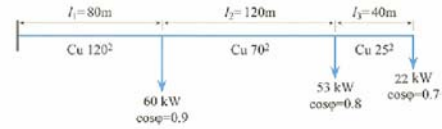
Πίνακας 52-K2  
Μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα (σε Α) ηλεκτρικών γραμμών με καλώδια στον αέρα (σε απόσταση από το πάτωμα 6 μέτρα θεωρώντας) Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Γραμμή Φασική ή αγωγίων	Πλάτος Φασικής καλωδίου	Μονοφασικά καλώδια																	
			Σε επόμενη μετριά τους (απόσταση από το πάτωμα 6 μέτρα)			Σε απόσταση μετριά τους (απόσταση από το πάτωμα 6 μέτρα)			Σε απόσταση μετριά τους (απόσταση από το πάτωμα 6 μέτρα)											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9									
PVC	2	2	5	4	4	7	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPR ή XLPE	3	3	7	6	6	9	7	8	8	11	9	11	11	14	12	14	14	17	17	20

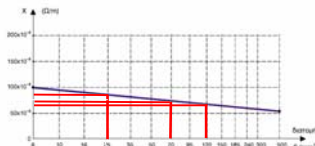
Κλάση	mm²	Στάση								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	18,5	20	26	-	-	-	-	-	-	-
2,5	26	36	-	-	-	-	-	-	-	-
4	36	49	-	-	-	-	-	-	-	-
6	49	63	-	-	-	-	-	-	-	-
10	70	86	-	-	-	-	-	-	-	-
16	94	113	-	-	-	-	-	-	-	-
25	119	149	110	130	135	141	141	141	142	142
35	146	182	137	162	169	176	176	176	176	176
50	180	225	167	196	207	216	216	216	216	216
70	226	282	209	241	254	264	264	264	264	264
95	278	342	254	294	309	321	321	321	321	321
120	334	409	309	354	371	384	384	384	384	384
150	394	479	354	404	424	444	444	444	444	444
180	454	544	404	454	474	494	494	494	494	494
240	554	644	454	504	524	544	544	544	544	544
300	654	744	504	554	574	594	594	594	594	594
400	-	-	554	604	624	644	644	644	644	644
500	-	-	-	654	674	694	694	694	694	694
630	-	-	-	-	704	724	724	724	724	724

Τριφασική γραμμή διανομής 400 V, τύπου J1V-R ή κατά VDE (NY) τροφοδοτεί τρία φορτία, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.15. Να βρεθεί η πτώση τάσης στο περισσότερο απομακρυσμένο σημείο.



Σχ. 7.15. Διάγραμμα για παράδειγμα υπολογισμού πτώσης τάσης.

$P_1 = 60 \text{ kW}, P_2 = 53 \text{ kW}, P_3 = 22 \text{ kW}$   
 $\cos\phi_1 = 0,9, \cos\phi_2 = 0,8, \cos\phi_3 = 0,7$   
 $\phi_1 = 25,80^\circ, \phi_2 = 36,90^\circ, \phi_3 = 45,60^\circ$   
 $\tan\phi_1 = 0,483, \tan\phi_2 = 0,750, \tan\phi_3 = 1,020$   
 $Q_1 = 60 \cdot 0,483 = 28,98 \text{ kVar}$   
 $Q_2 = 53 \cdot 0,750 = 39,75 \text{ kVar}$   
 $Q_3 = 22 \cdot 1,020 = 22,40 \text{ kVar}$



Θα βρεθούν αρχικά οι επιμέρους πτώσεις τάσης.  
 Για διάφορα μήκη  $l_1, l_2, l_3$  έχουμε τις ακόλως τιμές:

Μήκος  $l_1$ :

Ισχύς  $P'_1 = P_1 + P_2 + P_3 = 60 + 53 + 22 = 135 \text{ kW}$ ,

άεργη ισχύς  $Q'_1 = P_1 \tan\phi_1 + P_2 \tan\phi_2 + P_3 \tan\phi_3 =$   
 $= 60 \cdot 0,483 + 53 \cdot 0,75 + 22 \cdot 1,020 = 91,17 \text{ kVar}$ .

Ισοδύναμη αντίσταση:

$$\Psi' = R' + X' \tan\phi,$$

$X'_1 = 80 \text{ μΩ/m}, \kappa = 56 \text{ Ω}^{-1} \text{ mm}^2 \text{ m (χωλικός)}$

$$R' = \frac{1}{\kappa A}$$

$$\Psi'_1 = R'_1 + X'_1 \frac{Q'_1}{P'_1} = \frac{1}{56 \cdot 120} + 80 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{91,17}{135} =$$

$$= 148,8 \cdot 10^{-6} + 54,0 \cdot 10^{-6} = 0,203 \text{ mΩ/m},$$

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{l \Psi' P}{U^2}$$

$$\frac{\Delta U_1}{U} = l_1 \cdot \Psi'_1 \frac{P'_1}{U^2} = 80 \cdot 0,203 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{135 \cdot 10^3}{400^2} = 1,37 \%$$

Μήκος  $l_2$ :

Ισχύς  $P'_2 = P_2 + P_3 = 53 + 22 = 75 \text{ kW}$ ,

άεργη ισχύς  $Q'_2 = Q_2 + Q_3 = 39,75 + 22,40 = 52,15 \text{ kVar}$ ,

$X'_2 = 82 \text{ μΩ/m}$

$\Psi'_2 = \frac{1}{56 \cdot 70} + 82 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{52,15}{75} = (255,1 + 57,0) \cdot 10^{-6} = 0,3 \cdot 12 \text{ mΩ/m}$ ,

$$\frac{\Delta U_2}{U} = l_2 \cdot \frac{\Psi'_2 \cdot P'_2}{U^2} = 120 \cdot 0,312 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{75 \cdot 10^3}{400^2} = 1,75 \%$$

Μήκος  $l_3$ :

$Q'_3 = Q_3 = 22,4 \text{ kVar}, P'_3 = P_3 = 22 \text{ kW}$ ,

$X'_3 = 85 \text{ μΩ/km}$ ,

$\Psi'_3 = R'_3 + X'_3 \frac{Q'_3}{P'_3} = \frac{1}{56 \cdot 25} + 85 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{22,4}{22} = (714,3 + 86,5) \cdot 10^{-6} = 0,801 \text{ mΩ/m}$ ,

$\frac{\Delta U}{U} = l_3 \frac{\Psi'_3}{U^2} = 40 \cdot 0,801 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{22 \cdot 10^3}{400^2} = 0,44 \%$ .

Η πτώση τάσης στο πιο απομακρυσμένο σημείο της γραμμής είναι:

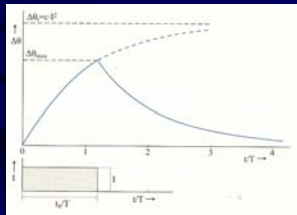
$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\Delta U_1}{U} + \frac{\Delta U_2}{U} + \frac{\Delta U_3}{U} = 1,52 + 1,94 + 0,49 = 3,56 \%$$





### Βραχυχρόνια φόρτιση, χρονική σταθερά καλωδίων

Αν η μέγιστη φόρτιση διαρκεί λιγότερο απ'ότι η χρονική σταθερά του καλωδίου, τότε μιλάμε για βραχυχρόνια φόρτιση.  
 Έστω καλώδιο στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αν αυτό φορτιστεί για ένα χρονικό διάστημα με σταθερή ένταση  $I$ , τότε η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια φόρτισης αυξάνεται ως προς την αρχική θερμοκρασία κατά  $\Delta\theta$  και φθάνει το μέγιστο της  $\Delta\theta_{max}$  όταν η φόρτιση σταματήσει μετά από χρόνο  $t_b$ . Ακολούθως ψύχεται. Για τη θέρμανση και ψύξη του καλωδίου ισχύει



Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

33

Θέρμανση :  $\Delta\theta = \Delta\theta_t(1 - e^{-t/T})$   $t \leq t_b$   
 Ψύξη :  $\Delta\theta = \Delta\theta_{max} e^{-(t-t_b)/T}$   $t \geq t_b$   
 Μέγιστη θερμοκρασία  $\Delta\theta_{max}$  :  $\Delta\theta_{max} = \Delta\theta_t(1 - e^{-t_b/T})$

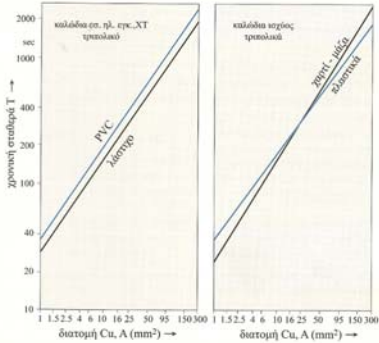
$t_b =$  διάρκεια φόρτισης

- $\Delta\theta_t$  : η διαφορά μεταξύ θερμοκρασιών καλωδίου και περιβάλλοντος (ισοθερμοκρασία) στο χρόνο  $t$ .
- $\Delta\theta_t$  : θερμοκρασιακή διαφορά για άπειρο χρόνο.
- $T$  : η θερμική χρονική σταθερά,  $T = R_{th}C_{th}$ .
- $R_{th}$  : η θερμική αντίσταση του καλωδίου που υποδιεργάζεται κατά την απαγωγή θερμότητας.
- $C_{th}$  : η θερμοχωρητικότητα του καλωδίου.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

34

Η χρονική σταθερά  $T$  του καλωδίου δίνεται στο σχήμα. Είναι της τάξης μεγάλου λεπτών.



Χρονική σταθερά τριπολικών καλωδίων χαλκού. Το οριζότερο σκέλος αφορά καλώδιο XT, ελαφρού τύπου, π.κ. NYM, NYF (VDE 250), A05VV (ELOT563, 623). Το δεξιό σκέλος αφορά καλώδια βαρέως τύπου, π.κ. NYY, NKBA, NZYSY (VDE 298), J1VV, (IEC 60502, EACOT 844, EACOT 4000).

35

Το καλώδιο, ακόμη και σε συνεχείς βραχυχρόνιες φορτίσεις, δεν πρέπει να υπερθερμανθεί πάνω από την επιτρεπόμενη θερμοκρασία του. Ας υπολογιστούμε τώρα το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα στη βραχυχρόνια λειτουργία και  $I_b$  το ρεύμα στη συνεχή λειτουργία.  
 Η τελική υπερθερμοκρασία  $\Delta\theta_b$  είναι ανάλογη της ισχύος, δηλαδή του τετραγώνου του ρεύματος  $I^2$ . Η μέγιστη επιτρεπόμενη υπερθερμοκρασία  $\Delta\theta_{max}$  είναι η θερμοκρασία που αντιστοιχεί στην συνεχώς επιτρεπόμενη ένταση  $I_b$  που βρίσκεται από τους πίνακες. Δηλαδή, η  $\Delta\theta_{max}$  είναι ανάλογη του  $I_b^2$  ισχύει επομένως η παρακάτω σχέση:

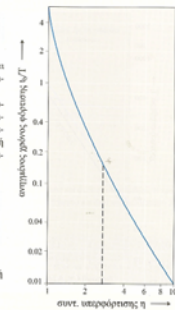
$$\frac{I^2}{I_b^2} = \frac{\Delta\theta_t}{\Delta\theta_{max}}$$

Τόσο στη βραχυχρόνια, όσο και στη συνεχή λειτουργία, η τελική επιτρεπόμενη θερμοκρασία είναι η ίδια. Από τις σχέσεις προκύπτει το ρεύμα βραχυχρόνιας φόρτισης σαν γινόμενο του ρεύματος συνεχούς λειτουργίας επί ένα συντελεστή υπερφόρτισης, ο οποίος χαρακτηρίζεται με το γράμμα  $\eta$ .

$$I = I_b \eta$$

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{1 - e^{-t_b/T}}}$$

Το σχήμα δίνει τον συντελεστή υπερφόρτισης  $\eta$ .



36

Καλώδιο JVV-R 3x50+1 G 25 (NYG 3x50+25) φορτίζεται για 2 λεπτά με σταθερό ρεύμα και ακολούθως ψήχεται στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος που είναι 40 °C. Η εγκατάσταση βρίσκεται στον ελεύθερο αέρα και είναι μακριά από τοίχους ή άλλα καλώδια. Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται. Ποιο είναι το μέγιστο θερμικό ρεύμα φόρτισης;

Από τον πίνακα 52-K2, στήλη 1 για συνεχή φόρτιση  $I_{30}=153 \text{ A}$  στους 30 °C. Στους 40 °C είναι  $I_{40}=159 \cdot 0,87=133,11 \text{ A}$ . Η χρονική σταθερά είναι για το παραπάνω καλώδιο, σύμφωνα με το σχήμα,  $T=600 \text{ sec}$ .

Ο συντελεστής υπερφόρτισης είναι για  $t_b=2 \text{ min}$ ,  $T=600 \text{ sec}=10 \text{ min}$ .

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{1 - e^{-2/10}}} = 2,35.$$

Επομένως, για φόρτιση με διάρκεια 2 min η ένταση αποτελεί ποσοστό 235% της συνεχούς έντασης του ρεύματος, δηλαδή:

$$I = 133,11 \cdot 2,35 = 311 \text{ A}.$$

Οι ασφάλειες του καλωδίου θα αντιστοιχούν στα 133,11 A, δηλαδή θα εκλέξουμε 120 A ασφάλειες, σαν το αμέσως μικρότερο τυποποιημένο μέγεθος.

## Προστασία γραμμών χαμηλής τάσης

Η προστασία των γραμμών και των καλωδίων ΧΤ τόσο σε βραχυκυκλώματα όσο και σε υπερφόρτιση γίνεται με τα παρακάτω μέσα:

- ασφάλειες τήξης, μέχρι 1000 A περίπου,
- μικροαυτόματος προστασίας γραμμών, μέχρι 64 A,
- διακόπτες ισχύος με θερμική διάγερση για υπερφόρτιση και ηλεκτρομαγνητική διάγερση για βραχυκυκλώματα, μέχρι και 5000 A.

Πρέπει εδώ να παρατηρηθεί ότι, ασφάλειες ή μικροαυτόματοι ανοίγουν το κύκλωμα σε ρεύματα ~140%-210% του ονομαστικού ρευσματός τους, όπως αυτό αναπτύσσεται και στο κεφάλαιο περί διακοπών.

Συγκεκριμένα, ασφάλεια των 16 A δεν λιώνει στα 16 A, ούτε καν στα 20 A, αλλά στα 22,4 A περίπου, μέσα σε μια ώρα φόρτισης.

Σύμφωνα με το πρότυπο HD 384.433.1, τα ρεύματα φόρτισης και τα όργανα προστασίας πρέπει να πληρούν τις παρακάτω συνθήκες:

$$I_b \leq I_n \leq I_c$$

$$I_2 \leq 1,45 I_c \quad \text{ή} \quad I_2 \geq 0,69 I_2$$

όπου

- $I_b$  το μέγιστο ρεύμα φόρτισης
- $I_n$  η ονομαστική ένταση του οργάνου προστασίας
- $I_c$  το μέγιστο θερμικά επιτρεπόμενο ρεύμα της γραμμής
- $I_2$  το ρεύμα στο οποίο αντιδρά το όργανο προστασίας και ανοίγει το αντίστοιχο κύκλωμα

Σε σκευές απόζευξης (διακόπτες ισχύος) με ρυθμιζόμενη ένταση απόζευξης το ρεύμα αντίδρασης  $I_2$  λαμβάνεται ίσο με το ρεύμα  $I_n$ .

- Προτείνεται να προστατεύονται οι γραμμές σε υπερφόρτιση με την αμέσως μικρότερη τυποποιημένη τιμή του  $I_n$ .

Έστω ότι το κανονικό φορτίο είναι 20 A και το όριο της θερμικής φόρτισης της γραμμής  $2,5 \text{ mm}^2$  είναι 23 A. Τότε επιλέγουμε όργανο προστασίας  $I_n=20 \text{ A}$ . Στην περίπτωση μικροαυτόματου το ρεύμα που θα αντιδράσει το μέσο προστασίας είναι 28 A. Δηλαδή ο κανονισμός δεν εξασφαλίζει πλήρως την προστασία έναντι υπερφόρτισης διότι το όργανο δεν θα ανοίξει π.χ. στα 25 A.

## Έλεγχος χρόνου απόζευξης

Εκτός των παραπάνω ελέγχων σε μεγάλα μήκη πρέπει να γίνεται ο έλεγχος ή των 5 δευτερολέπτων ή 0,4 sec σε κυκλώματα πριζών κατά CENELEC HD 384, γιατί εμφανίζονται μεγάλες τάσεις επαφής και αυτές πρέπει να διαρκούν λιγότερο από 5 ή 0,4 δευτερόλεπτα. Το ρεύμα βραχυκύκλωσης  $I_k$  πρέπει να είναι μεγαλύτερο του ρεύματος  $I_5$  των 5 sec ή του ρεύματος  $I_{0,4}$  των 0,4 sec.

$$I_k > I_5 \quad \text{ή} \quad I_{0,4}$$

$$I_B > I_k > I_A \quad (\text{σχ. 7.16}).$$

Για ασφάλειες το ρεύμα  $I_5$  των 5 sec είναι προσεγγιστικά  $I_5 \approx (5-10) I_N$ , ενώ το ρεύμα  $I_{0,4}$  των 0,4 sec είναι  $I_{0,4} \approx (10-15) I_N$ . Για μικροαυτόματος η απαιτούμενη ένταση βραχυκύκλωσης για 0,4 έως 5 sec απόζευξη είναι  $5 I_N$  περίπου. Για τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης χρειαζόμαστε:

- την τάση  $U=0,95 \times 230 \text{ V}=218,5 \text{ V}$ . Λαμβάνεται 95% της ονομαστικής (για λόγους ασφάλειας),

- την αντίσταση του δικτύου,
- τα χαρακτηριστικά της γραμμής.

Γραμμή 2,5 mm<sup>2</sup>, 230 V, τύπου A05VV-R τροφοδοτεί μονοφασικές συσκευές όπου η μέγιστη διάρκεια βραχυκυκλώματος πρέπει να είναι 0,2 sec. Ποιο το μέγιστο μήκος της γραμμής που επιτρέπεται να εγκατασταθεί, αν αυτή προστατεύεται από μικροαυτόματο 16 A; Η εσωτερική αντίσταση του δικτύου είναι ωμική 0,3 Ω μέχρι τον πίνακα αναχώρησης. Η μέση ειδική αγωγιμότητα του χαλκού να ληφθεί 50 Ω<sup>-1</sup>.m<sup>-mm<sup>2</sup></sup>.

Το ρεύμα που προκαλεί πτώση σε 0,2 sec είναι 5-πλάσιο του ονομαστικού.  
 $I_{0,2} = 5 \times 16 = 80 \text{ A}$ .

Η συνολική αντίσταση πρέπει να είναι

$$R \leq 230 \cdot 0,95 / 80 = 2,73 \Omega$$

Η αντίσταση σαν συνάρτηση του μήκους είναι

$$R = 0,3 + \frac{2,7}{(2,5 \cdot 50)} = 0,3 + 0,016 \cdot l$$

Συνεπώς,

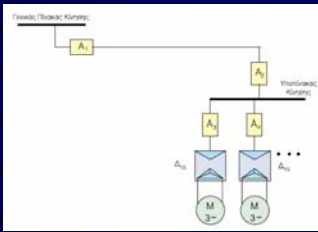
$$0,300 + 0,016 \cdot l \leq 2,73,$$

$$l \leq 152 \text{ m.}$$

Αν το μήκος είναι μεγαλύτερο από 152 m πρέπει να αυξηθεί η διατομή.



► Η μελέτη και σχεδίαση της εγκατάστασης κίνησης περιλαμβάνει:



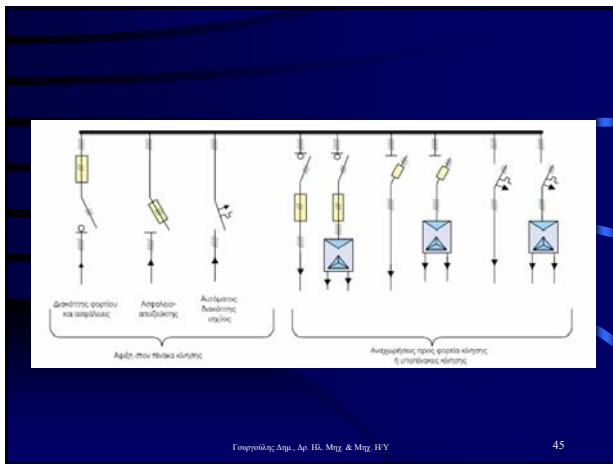
- Σχεδίαση των γραμμών τροφοδοσίας με μονογραμμικό διάγραμμα, από τον πίνακα κίνησης.
- Υπολογισμό των διατομών των γραμμών τροφοδοσίας
- Επιλογή των διατάξεων προστασίας και ελέγχου των γραμμών τροφοδοσίας
- Σχεδίαση μονογραμμικού διαγράμματος του πίνακα κίνησης.
- Υπολογισμό της παροχής τροφοδοσίας του πίνακα κίνησης από τη γενική παροχή της βιομηχανικής εγκατάστασης.
- Πίνακα συμβόλων και ελλείπων του πίνακα κίνησης.

► Στη γενική παροχή του πίνακα - οφείλη (πάντα τριφασική), μπορεί να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά:

1. Διακόπτης φορτίου με ασφαλείες τήξης (ή με μαχαίρωτες ασφαλείες)
2. Ασφαλειοπολέυκτης
3. Αυτόματος διακόπτης ισχύος

► Στις αναχωρήσεις, (τριφασικές κατά κύριο λόγο ή μονοφασικές για την τροφοδοσία μονοφασικών κινητήρων), από τον πίνακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

1. Διακόπτες φορτίου με ασφαλείες τήξης (ή με μαχαίρωτες ασφαλείες)
2. Διακόπτες φορτίου με ασφαλείες τήξης (ή με μαχαίρωτες ασφαλείες) και διατάξεις αυτόματου διακόπτη οστέρα - τριγώνου (ρελέ ισχύος, θερμικά προστασίας κινητήρων)
3. Ασφαλειοπολέυκτης
4. Ασφαλειοπολέυκτης και διατάξεις αυτόματου διακόπτη οστέρα - τριγώνου (ρελέ ισχύος, θερμικά προστασίας κινητήρων)
5. Αυτόματοι διακόπτες ισχύος
6. Αυτόματοι διακόπτες ισχύος και διατάξεις αυτόματου διακόπτη οστέρα - τριγώνου (ρελέ ισχύος, χωρίς θερμικά προστασίας κινητήρων)



Τριστατικός κινητήρας με ρεύμα λειτουργίας 40Α, 400 V, l=150m, ρ=0.018 Ω mm<sup>2</sup> / m (γαλβάν), 40 °C, cosφ=0.8, ασφαλής χρόνος απόκλισης 5 sec, ρεύμα εκκίνησης 120 Α, αντίσταση δικτύου 0.3 Ω. Να γίνει η μελέτη της γραμμής σύνδεσης του κινητήρα αν το παροχικό καλώδιο είναι σε οριζόντια σχάρα μαζί με 2 άλλα ίδια καλώδια ομοίως φορτισμένα.

**Έλεγχος καταπόνησης για το κανονικό ρεύμα λειτουργίας**

Για T = 40 °C,  $I_{40} = \frac{I_{nom}}{0.87} = \frac{40}{0.87} = 46A$

Για 3 ίδια καλώδια,  $I_{\text{επιβαρυντικό}} = \frac{I_{40}}{0.72} = \frac{46}{0.72} = 63.9A$

Από τον πίνακα 52-K2, στήλη 1. Επιθυμητή διατομή 5 x 16mm<sup>2</sup>.

Πίνακας 52-K2  
Μέγιστο επιτρεπόμενο φορτίο (σε Α) ειδικευμένων γραμμών με καλώδια στον αέρα (σε απόσταση από τον αέρα 6 μέτρα) σε 40°C και 50% υγρασία  
Μόνωση από PVC ή PVC-E ή XLPE

Μόνωση	Παλιός Φορτισμένος σταθμός	Πλάτος οπίσθιας καλώδια	Οριζόντιο φορτισμένο στις στήλες του αεροδρόμιου								
			Μονοφασικά καλώδια								
			Σε στήλη μεταξύ δύο καλωδίων (απόσταση 0.8m)	Σε στήλη μεταξύ δύο καλωδίων (απόσταση 1.6m)	Σε στήλη μεταξύ δύο καλωδίων (απόσταση 2.4m)	Σε στήλη μεταξύ δύο καλωδίων (απόσταση 3.2m)	Σε στήλη μεταξύ δύο καλωδίων (απόσταση 4.0m)	Σε στήλη μεταξύ δύο καλωδίων (απόσταση 4.8m)	Σε στήλη μεταξύ δύο καλωδίων (απόσταση 5.6m)	Σε στήλη μεταξύ δύο καλωδίων (απόσταση 6.4m)	Σε στήλη μεταξύ δύο καλωδίων (απόσταση 7.2m)
XLPE	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
PVC-E	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
PVC	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Στήλες											
Καλάς	1.5	18.5	22	26	-	-	-	-	-	-	-
	2.5	26	30	36	-	-	-	-	-	-	-
	4	34	40	49	-	-	-	-	-	-	-
	6	43	51	62	-	-	-	-	-	-	-
	10	60	70	86	-	-	-	-	-	-	-
	16	80	94	115	-	-	-	-	-	-	-
	25	101	119	149	110	130	155	181	211	246	286
	35	126	148	189	137	162	199	239	284	335	394
	50	153	180	228	167	196	237	284	337	397	465
	70	186	222	289	216	251	308	364	437	519	609
95	228	282	362	264	304	378	454	544	649	764	
120	276	328	410	308	353	438	524	624	741	868	
150	319	379	475	358	408	504	604	714	841	981	
180	364	434	542	409	463	570	679	804	944	1104	
240	430	514	641	485	546	667	789	934	1094	1284	
300	487	583	741	561	629	773	909	1074	1254	1464	
400	-	-	-	656	754	923	1084	1284	1504	1754	
500	-	-	-	749	868	1064	1254	1484	1744	2034	
630	-	-	-	855	1005	1234	1464	1744	2034	2364	
800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Μεγάλη	16	61	73	87	61	68	82	107	121	138	
	25	79	96	108	64	68	83	107	121	138	
	35	95	111	135	108	122	129	135	150	172	
	50	117	135	164	138	149	159	165	184	210	
	70	150	173	211	168	182	206	219	237	271	
	95	183	210	267	223	235	265	284	309	352	
	120	212	244	300	237	257	296	328	357	407	
	150	245	283	348	274	297	343	380	414	473	
	185	280	322	397	315	343	395	437	477	545	
	240	352	399	478	378	410	471	517	559	641	
300	381	439	543	434	487	547	597	643	739		
400	-	-	-	538	600	683	741	798	894		
500	-	-	-	619	694	778	836	894	1001		
630	-	-	-	711	806	900	966	1034	1154		

**Έλεγχος θερμικής καταπόνησης κατά την εκκίνηση.**

Η χρονική σταθερά του καλωδίου 16mm<sup>2</sup> είναι 280 sec.

Η χρονική σταθερά δηλώνει τον χρόνο θέρμανσης και ψύξης του καλωδίου.

Ο συντελεστής υπερφόρτισης δίνει το λόγο ρεύματος μεταξύ της βραχυχρόνιας λειτουργίας και της συνεχούς λειτουργίας.

Ο συντελεστής υπερφόρτισης υπολογίζεται με βάση το λόγο  $\frac{I_{sc}}{T} = \frac{10}{280} = 0,035$  Άρα η = 5,8

Από τον πίνακα 52-K2, το καλώδιο των 16mm<sup>2</sup>, αντέχει 80Α, άρα το καλώδιο αντέχει για ρεύμα αναφοράς 5,8 x 80 = 464Α

Λαμβάνοντας υπόψη τις διορθωμένες συνθήκες, θερμοκρασία, σκάρες για ρεύμα εκκίνησης 464 x 0.87 x 0.72 = 290 Α

Μεγαλύτερο από το 120 Α ρεύμα εκκίνησης της εκκίνησης.

Πτώση τάσης,  $l < 100m$ .  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I \cdot \cos \phi = 1,73 \cdot 0,018 \cdot \frac{150}{16} \cdot 40 \cdot 0,8 = 9,34V$

Μικρότερο από 16 V (4%)

Εάν ήταν μεγαλύτερο από 16 V (4%), θα επιλέγαμε μεγαλύτερη διατομή και θα ξανακάναμε έλεγχο.

**Επιλογή μέσου προστασίας της γραμμής.**

Το επιτρεπόμενο ρεύμα για 16mm<sup>2</sup> είναι 80A, συμπεριλαμβάνοντας τους συντελεστές διόρθωσης (Θερμοκρασία – πλήθος)

$I_z = 80 \times 0,87 \times 0,72 = 50,1 A$

Αρα η ονομαστική ένταση του οργάνου προστασίας θα είναι

$I_n < 50,1 A$

Επιλέγεται μικροαυτόματος 50 A, τάξης C για να μη διεγείρεται από τα ρεύματα εκκίνησης.

Προσοχή το μέσο προστασίας δεν προστατεύει τον κινητήρα

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 49

**Έλεγχος αντοχής σε βραχυκύκλωμα**

Το καλώδιο ασφαρίζεται με μικροαυτόματο τάξης C

Η καμπύλη αντοχής PVC καλωδίων 16mm<sup>2</sup> δίδεται από τη σχέση  $I = \frac{J \cdot A}{\sqrt{t}} = \frac{115 \cdot 16}{\sqrt{t}}$

Η καμπύλη σχεδιάζεται ως εξής:

Για  $t = 1 \text{ sec}$ ,  $I = 1840 A = 1840/50,1 = 36,72 I_n$

Για  $t = 600 \text{ sec}$ ,  $I = 75,11 A = 75,11/50,1 = 1,5 I_n$

Με βάση τη σχέση αυτή σχεδιάζουμε τη καμπύλη προστασίας του καλωδίου και βλέπουμε ότι η προστασία είναι εξασφαλισμένη για ρεύματα 1,5  $I_n$  και πάνω

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 50

**Επιλογή χρόνου απόξευξης**

Η αντίσταση του καλωδίου είναι  $R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 0,018 \cdot \frac{150}{16} = 0,17\Omega$

Η συνολική αντίσταση δικτύου – καλωδίου είναι:

$R_{\text{total}} = R_{\text{καλωδίου}} + R_{\text{βικαίου}} = 0,17\Omega + 0,3 = 0,47\Omega$

Για να λειτουργήσει ο διακόπτης των 50 A σε βραχυκύκλωμα θα πρέπει τουλάχιστον να παρουσιαστεί ρεύμα σε βραχυκύκλωμα 5 φορές τον ονομαστικό ρεύμα του διακόπτη δηλαδή 250 A

$I_{\text{βραζ}} = \frac{230}{R_{\text{total}}} = \frac{230}{0,47} = 489 A > 250 A$

Αρα και από πλευράς ηλεκτροπληξίας η διατομή είναι εντάξει.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 51

**ΣΥΜΒΟΛΑ**

Διακόπτης φασίων		Απρόσβλητος διακόπτης	
Αυτοματός διακόπτης φασίων με θερμική και μαγνητική προστασία		Διατήρησιμος αέθρας - τραπεζοειδής	
Ηλεκτρονικός φασικός διακόπτης		Απρόσβλητος τραπεζοειδής διακόπτης	
Ανοχή επαφών NC (Normally Closed)		Χρονολαβιαστής	
Ανοχή επαφών NC (Normally Closed)		Απρόσβλητος διακόπτης	
Ηλεκτρονικός φασικός διακόπτης με βιβλιοθηκωτικό φασίων και NC και αμ. NC		Διακόπτης λειτουργίας άμεσης απόκρισης	
Θερμοαυτόματος ηλεκτρονικός διακόπτης			

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 52

## Στοιχεία Μελέτης και Σχεδιασμού Εσωτερικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης

Τα βασικά στοιχεία που χρειάζονται για την εκπόνηση μελέτης μιας Ε.Η.Ε. είναι:

**Τα σχέδια των κατόψεων του κτιρίου και η περιγραφή του είδους των χώρων.**

**Η θέση και η ισχύς των συσκευών καταναλώσεων που πρόκειται να τροφοδοτηθούν.**

## **Πρέπει να διευκρινισθούν τα ακόλουθα θέματα:**

Ποιές προβλέψεις χρειάζεται να γίνουν για συσκευές που δεν υπάρχουν στην αρχή, αλλά είναι ενδεχόμενο να αποκτηθούν μελλοντικά.

Πού είναι επιθυμητό να τοποθετηθούν ρευματοδότες, σε ποιές θέσεις είναι επιθυμητό να είναι οι διακόπτες για τα φώτα και αν τα τελευταία θα είναι απλά, κομιτατέρ ή αλέ-ρετούρ, από ποιά θέση είναι επιθυμητό να γίνεται ο χειρισμός ορισμένων συσκευών.

## **Πρέπει να διευκρινισθούν τα ακόλουθα θέματα:**

Ποιές θα είναι οι συνθήκες λειτουργίας των συσκευών (θα λειτουργούν όλες ταυτόχρονα και με πλήρη ισχύ ή όχι;)

Αν υπάρχουν ορισμένες συγκεκριμένες απαιτήσεις που προκύπτουν από το δομικό μέρος, π.χ. αν, για κάποιο λόγο που αφορά το κτίριο, δεν πρέπει να περάσουν γραμμές της Ε.Η.Ε. από ορισμένα σημεία.

Αν μπορούν να γίνουν ορισμένες προβλέψεις στο στάδιο της κατασκευής του κτιρίου, που θα διευκολύνουν και την κατασκευή της Ε.Η.Ε.

## Εκπόνηση μελέτης μιας Ε.Η.Ε.

Η μελέτη μπορεί να ακολουθήσει τα εξής στάδια:

**Καταγραφή και εντοπισμός**, πάνω σε σχέδιο, των συσκευών κατανάλωσης σημαντικής ισχύος. Επίσης σημειώνονται στο σχέδιο οι θέσεις των φατιστικών σημείων και των διακοπών τους, οι θέσεις των ρευματοδοτών και τυχόν σταθερές συσκευές μικρής ισχύος.

**Καθορισμός των γραμμών** που χρειάζονται για την τροφοδότηση των συσκευών κατανάλωσης. Τυπικό Σχέδιο Εσωτερικής Ηλεκτρικής Εγκατάστασης κατοικίας.

**Καθορισμός των οργάνων προστασίας** και της διατομής των αγωγών καθεμιάς από τις προηγούμενες γραμμές.

### Εκπόνηση μελέτης μιας Ε.Η.Ε.

**Καθορισμός του είδους της παροχής** που θα ζητηθεί (μονοφασική ή τριφασική) και του μεγέθους της. Καθορισμός των γενικών ασφαλειών του πίνακα διανομής και της διατομής των αγωγών της κύριας γραμμής (γραμμής μετρητή-πίνακα).

**Καθορισμός της θέσης του πίνακα διανομής.**

Αν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν **υποπίνακες**: καθορισμός για καθέναν από αυτούς αν θα είναι τριφασικός ή μονοφασικός.

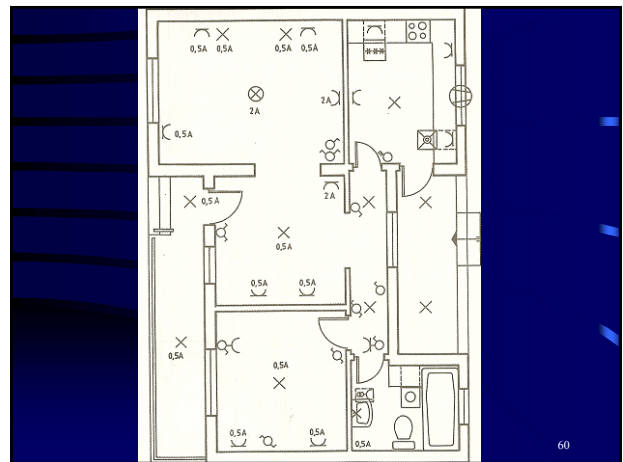
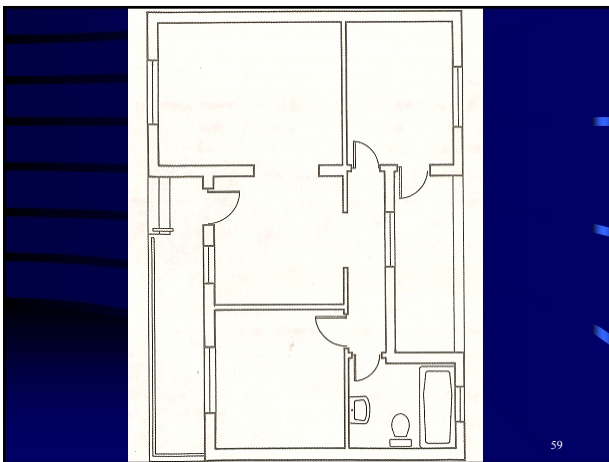
### Εκπόνηση μελέτης μιας Ε.Η.Ε.

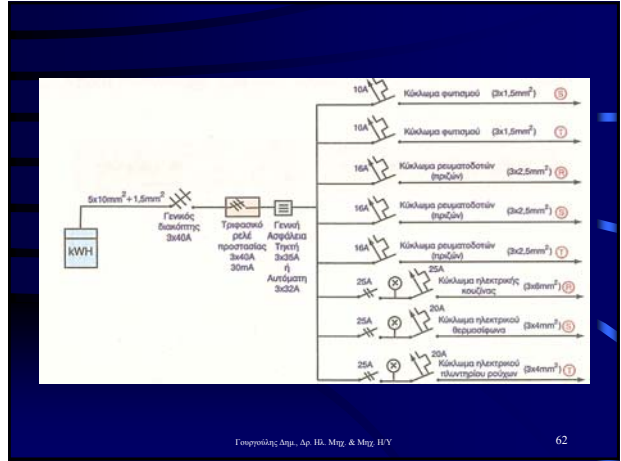
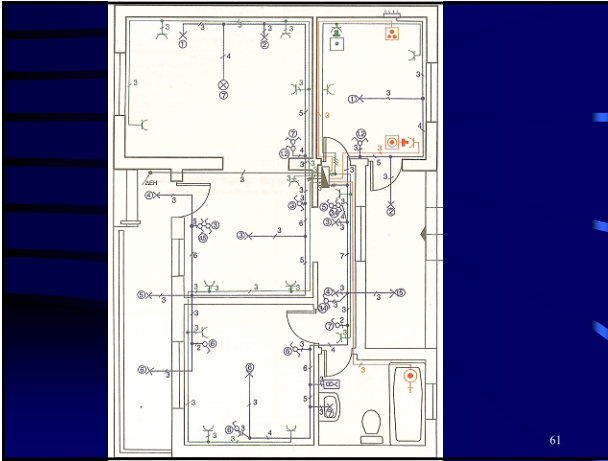
**Καθορισμός της σύνθεσης** του πίνακα διανομής και καθενός από τους υποπίνακες, αν υπάρχουν.

**Σχεδίαση της όδευσης** όλων των γραμμών μέσα στο κτίριο.

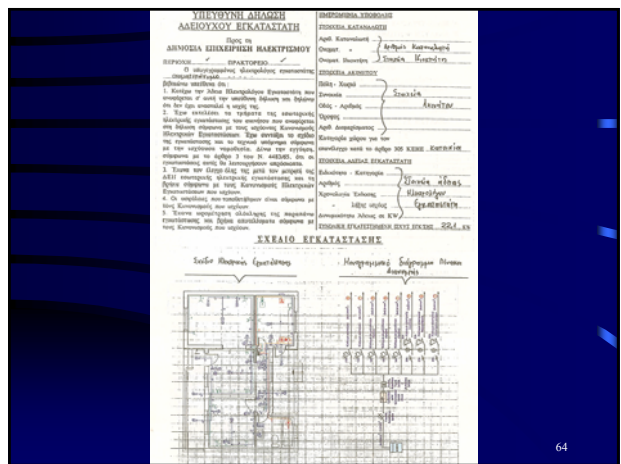
**Καθορισμός του είδους των υλικών** που θα χρησιμοποιηθούν, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στους διάφορους χώρους. Μονογραμμικό σχέδιο τριφασικού πίνακα διανομής κατοικίας.

**Καθορισμός του τρόπου κατασκευής** και σύνδεσης της **γείωσης** και των αγωγών προστασίας.





	από φωτιστικό		ηλεκτρικό πλυντήριο ρούχων
	πολύφωτο		απορροφητήρας
	ρευματοδότης (τριζα) οσόμο		ηλεκτρικό ψυγείο
	από διάκοπτης		μονοπολική αυτόματη ασφάλεια
	διακόπτης αλδ-ρετοέρ (διαδοχική)		διπολική αυτόματη ασφάλεια
	διακόπτης αλδ-ρετοέρ (ακραίος)		διπολικός διακόπτης
	πρίζα εξωτερικής μηχανής		κυκλώματα φωτισμού (μπλε χρώμα)
	ηλεκτρική κουζίνα		κυκλώματα ρευματοδοτών (πράσινο χρώμα)
	ηλεκτρικός θερμοσίφωνας		ανεξάρτητα κυκλώματα τροφοδοσίας ηλεκτρικών συσκευών (κόκκινο χρώμα)





**ΣΥΝΟΛΟ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

**A' ΕΙΔΟΣ ΣΥΡΤΑΞΙΑΣ ΔΟΥ ΒΕΒΛΩΣΤΙΚΗΣ** [No connection] [Διακοπή] [Υπολογισμός]

**B' ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΥΣΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΥΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ**

Μεταβολή θερμότητας  $Q_{12}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$   
 + + + + +  $Q_{23}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$   
 + + + + + θερμότητα που δίδει  $Q_{34}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$   
 Περιεχόμενα υαλίου 44 κλάσματα 14 Α  $Q_{45}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$   
 Περιεχόμενα υαλίου 2 m κλάσμα 10 Α)  $Q_{56}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$   
 + Ορεστικότητα επί 3 m κλάσμα 10 Α)  $Q_{67}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$   
 Σύνολο  $Q_{78}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$

**Γ' ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΕΜΩΝ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΕΩΝ**

Είδος	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ			ΚΙΝΗΣΕΙΣ		
	Καταστάση	Τύπος	Μηνιαία Ενέργεια	Καταστάση	Τύπος	Μηνιαία Ενέργεια
Καταστάση						
Κίνηση						
Καταστάση						
Κίνηση						
Καταστάση						
Κίνηση						
Καταστάση						
Κίνηση						
Καταστάση						
Κίνηση						
Καταστάση						
Κίνηση						

Ενέργεια  $Q_{78}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$  Σύνολο  $Q_{78}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$

**Δ' ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΗΣΕΩΝ ΕΝΤΥΣ (3-4)**  $3.360 \text{ W}$

**Ε' ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**

Καταστάση Τύπος Μηνιαία Ενέργεια Τύπος Μηνιαία Ενέργεια

**Σ' ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

Γενική Γραμμή Ενέργειας - Μηνιαία Ενέργεια - Διάρκεια ενεργείας  $Q_{78}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$   
 Γενική Ενέργεια Τύπος Μηνιαία Ενέργεια Αρ. 1 Τύπος  $Q_{78}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$   
 Γενική Αρ. 2 Τύπος Μηνιαία Ενέργεια Αρ. 2 Τύπος  $Q_{78}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$   
 Συνολική θερμότητα που δίδει γενική γραμμή Ενέργειας  $Q_{78}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$  Α. Τ.Τ.

Καταστάση μείωσης Περιεχομένου Οργανισμού - Άλλα Τύπος (απόσταση του από το διακόπτη)  $Q_{78}$   $3.360 \text{ W} = 3.360 \text{ W}$

**ΣΥΝΟΛΟ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

**ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ**

ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΣΩΝ ΤΗΣ ΥΠΟΥΡΧΕΙΑΣ

ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΑΠΟΔΟΥΛΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ ΑΠΟΔΟΥΛΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ (Όνομα) (Πατρωνυμικό) (Όνομα) (Πατρωνυμικό)