

6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥΣ

X Ένα καλώδιο προσδιορίζεται λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω:

- α) Μηχανική καταπόνηση, συνθήκες εγκατάστασης και χρήσης.
- β) Καταπόνηση από το περιβάλλον, π.χ. το χώμα, την ηλιακή ακτινοβολία κ.λπ.
- γ) Θερμική καταπόνηση στις κανονικές συνθήκες λειτουργίας, μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα.
- δ) Θερμική καταπόνηση σε βραχυκυκλώματα, μέγιστο ρεύμα βραχυκυκλώματος.
- ε) Πτώση τάσης.

Η μηχανική καταπόνηση, οι συνθήκες εγκατάστασης και χρήσης και οι συνθήκες περιβάλλοντος θα προσδιορίσουν την κατασκευή ή τον τύπο των καλωδίων, τον εξωτερικό μανδύα και τη ζώνη της μηχανικής ενίσχυσης. Οι συνθήκες εγκατάστασης και χρήσης επιβάλλουν, π.χ., εύκαμπτα ή όχι καλώδια. Για να διευκολυνθεί η εγκατάσταση, ήδη από 150 mm² διατομές μπορεί να καταφύγει κανείς σε μονοπολικά καλώδια. Οι κανονισμοί στους οποίους υπάγονται τα καλώδια ΕΛΟΤ, CENELEC, IEC, VDE, προτείνουν συνήθως για τις διάφορες χρήσεις το κατάλληλο καλώδιο. Αυτές οι προτάσεις εμπεριέχονται, κατά ένα μέρος, και στους πίνακες του προηγούμενου κεφαλαίου.

Παραδείγματα:

- α) Σαν καλώδια 380 V, ενταφιασμένα στο έδαφος, χωρίς ιδιαίτερη μηχανική καταπόνηση εκλέγονται οι τύποι NYΥ κατά VDE 0271 ή J1VV-R κατά IEC 502 ή ΕΛΟΤ 843.
- β) Σαν καλώδια μονίμων εσωτερικών εγκαταστάσεων εκλέγονται οι τύποι NYM κατά VDE 0250 ή H05VV-R ή A05VV-R κατά CENELEC ή ΕΛΟΤ.
- γ) Σαν καλώδια εύκαμπτων συνδέσεων εκλέγονται οι τύποι H05VV-F ή H05RN-F ή H07RN-F κατά CENELEC.

Για μηχανικούς λόγους κυρίως, οι ΚΕΗΕ καθώς και οι άλλοι, π.χ. οι

γερμανικοί κανονισμοί VDE, έχουν καθορίσει τις ελάχιστες διατομές αγωγών που παρουσιάζονται στον πίνακα 6.1.

Οι θερμικές καταπονήσεις σε συνθήκες λειτουργίας, σε βραχυκυκλώματα και η πτώση τάσης θα προσδιορίσουν τη διατομή του αγωγού του καλωδίου.

Ακολουθεί στο επόμενο κεφάλαιο ο προσδιορισμός του επιτρεπόμενου ρεύματος ή της διατομής λόγω της θερμικής καταπόνησης, καθώς και λόγω της πτώσης τάσης.

Πίνακας 6.1: Ελάχιστες διατομές αγωγών χαλκού σε mm².

α/α	Χρήση του αγωγού	Διατομή mm ²
1.	Παροχές καταναλωτών ΧΤ (ΔΕΗ)	6
2.	Κινητήρες (ΚΕΗΕ)	2,5
3.	Γραμμές μόνιμης εγκατάστασης σε τοίχους κ.λ.π (ΚΕΗΕ)	1,5
4.	Αιωρούμενες γραμμές, $l < 20$ m (VDE)	4
5.	Αιωρούμενες γραμμές, $l = 20-45$ m	6
6.	Συνδέσεις μέσα σε συσκευές (VDE) $I < 2,5$ A	0,5
	$2,5-16$ A	0,75
	> 16 A	1,0
7.	Σύνδεση φωτιστικών (ΚΕΗΕ)	0,75
8.	Εύκαμπτα καλώδια για συσκευές με ρευματολήπτες	
	$I < 2,5$	0,5
	$2,5 < I < 10$ A	0,75
9.	Αγωγοί γείωσης προστασίας:	
	Γείωση μετρητή	16
	Ανεξάρτητοι μονωμένοι αγωγοί προστασίας	2,5
	Ανεξάρτητοι γυμνοί αγωγοί γείωσης	6
	Γείωση-Ουδετέρου ΜΣ, Αγωγός χωρίς μηχ. προστασία	25
	Ισοδυναμικές συνδέσεις	6
	Ενταφιασμένοι ή απρόσιτοι αγωγοί γείωσης προστασίας	25
10.	Αγωγοί καθόδου της εγκατάστασης αλεξιμέρανων	50

Οι διατομές υπολογίζονται λαμβάνοντας τη θερμική καταπόνηση και την πτώση τάσης. Αν προκύψουν διατομές μικρότερες από τις ελάχιστες, τότε λαμβάνονται οι ελάχιστες διατομές αυτού του πίνακα.

6.1. Παράγοντες που προσδιορίζουν το μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα

Η μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη ένταση (το θερμικό οριακό ρεύμα) σε μονωμένους αγωγούς ή καλώδια περιορίζεται ουσιαστικά μόνο από τη μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία της μόνωσης. Η μόνωση για τα συνηθισμένα μονωτικά (ελαστικό, PVC, πολυαιθυλένιο) αντέχει συνεχώς στους 60°-90°C και σε βραχυκυκλώματα, δηλαδή παροδικά και για λίγα δευτερόλεπτα, στους 140°-250°C (δες και πίνακα 6.2). Οι χαμηλές τιμές ισχύουν για μόνωση από χαρτί ή PVC (V ή Y) και οι υψηλές για δικτυωμένο πολυαιθυλένιο XLPE (X κατά IEC, 2X κατά VDE). Υπάρχουν όμως, για ειδικές εφαρμογές, μονωτικά καλωδίων για υψηλότερες θερμοκρασίες, όπως το λάστιχο σιλικόνης, που αντέχει στους 180°C συνεχώς ή πάνω από 400°C βραχυχρόνια.

Πίνακας 6.2: Μέγιστες επιτρεπόμενες θερμοκρασίες σε αγωγούς καλωδίων για διάφορα μονωτικά. Η μεταβατική θερμοκρασία ισχύει για 5 sec και σπάνια βραχυκυκλώματα.

Μόνωση ή τύπος του καλωδίου	Μέγιστη διαρκής θερμοκρασία °C	Μέγιστη μεταβατική θερμοκρασία °C
PVC A < 300 mm ²	70	160
A > 300 mm ²	70	140
Πολυαιθυλένιο	70	140
Δικτυωμένο πολυαιθυλένιο	90	250
Χαρτί μάζα μέχρι 6 kV	80	180
Χαρτί μάζα μέχρι 20 kV	65	155
Φυσικό λάστιχο	60	140
Λάστιχο βουτυλίου	80	220
Λάστιχο οξικού βινυλαιθυλίου (EVA) ή λάστιχο αιθυλενίου-προπυλενίου (4 G), EPR	120	250
Λάστιχο σιλικόνης (2G)	180	> 400
Εναέριος αγωγός χαλκού (Cu)	80	170
Εναέριος αγωγός αλουμινίου (Al)	80	130
Εναέριος αγωγός ACSR	80	160
Καλώδια ή αγωγοί με κασσιτεροκόλληση	—	160

Σε μεγάλες συνεχείς θερμοκρασίες (π.χ. 80°C για PVC) η μόνωση χάνει σταδιακά την ελαστικότητά της και τη μηχανική της αντοχή. Σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. 200°C για PVC) η θερμοπλαστική μόνωση ρευστοποιείται και καταστρέφεται η μορφή της.

Σε γυμνούς αγωγούς εναερίων γραμμών η μέγιστη διαρκώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία είναι συνήθως 80°C, για λόγους μηχανικής αντοχής. **Σε βραχυχρόνιες καταπονήσεις επιτρέπονται θερμοκρασίες μέχρι 200°C περίπου, αυτό για να αποφευχθεί ο κίνδυνος πυρκαϊάς.**

Σε ζυγούς υποσταθμών, η διαρκής επιτρεπόμενη θερμοκρασία είναι 65°C συνεχώς και μέχρι 200°C, όταν δεν υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης ή καταστροφής των μονωτήρων. Η βραχυχρόνια επιτρεπόμενη θερμοκρασία μπορεί να είναι 300°C. Όταν όμως υπάρχουν κασσιτεροκολλήσεις η μέγιστη θερμοκρασία είναι 160°C.

Ας εξετάσουμε τώρα τί προσδιορίζει το επιτρεπόμενο ρεύμα: Στους αγωγούς εκλείεται θερμότητα $Joule (=RI^2)$ που οδηγείται στον περιβάλλοντα αέρα μέσω της μόνωσης ή και μέσω του εδάφους, αν πρόκειται για ενταφιασμένα καλώδια. Δηλαδή, σε ένα καλώδιο ή διατομή του αγωγού, σε συνδυασμό με τις συνθήκες ψύξης, προσδιορίζουν την επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος.

Έτσι, οι παράγοντες που προσδιορίζουν το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα είναι οι παρακάτω:

- 1 – Η διατομή και το υλικό του αγωγού.
- 2 – Η θερμική αντοχή της μόνωσης.
- 3 – Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- 4 – Η ύπαρξη άλλων γειτονικών αγωγών ή πηγών θερμότητας, π.χ. ηλιακή ακτινοβολία
- 5 – Η θερμική αντίσταση της μόνωσης.
- 6 – Η θερμική αντίσταση του εδάφους, για καλώδια στο έδαφος.
- 7 – Ο συντελεστής φόρτισης m για καλώδια στο έδαφος (m =μέση/μέγιστη φόρτιση).

Επειδή είναι χρονοβόρο να υπολογίσει κανείς σε κάθε περίπτωση τη μέγιστη θερμική ένταση, έχουν συνταχθεί πρότυπα που περιλαμβάνουν αυτές τις εντάσεις. Διακρίνουμε τα εξής πρότυπα: ΚΕΗΕ και VDE 100, που σχεδόν συμπίπτουν, VDE 0298 και ΔΕΗ-οδηγία 26.

Οι ΚΕΗΕ και VDE 100 αναφέρονται σε καλώδια και μονωμένους αγωγούς ΧΤ όχι ενταφιασμένους. Αναφέρονται κυρίως σε μονώσεις PVC ή ελαστικού με μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία 60°C. Δεν περιέχουν τιμές για ενταφιασμένα καλώδια ή μονώσεις από πολυαιθυλένιο.

Η ΔΕΗ έχει εκδόσει την οδηγία 26 που αναφέρεται σε καλώδια ισχύος ενταφιασμένα ή μη. Οι κανονισμοί VDE 298 περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα των περιπτώσεων καλωδίων βαρέως τύπου και επικαλύπτουν την οδη-

γία της ΔΕΗ. Είναι πιο λεπτομερείς και περιλαμβάνουν και καλώδια πολυαιθυλενίου.

Εκτός από αυτούς τους κανονισμούς, οι κατασκευαστές των καλωδίων δίνουν τις επιτρεπόμενες εντάσεις για διάφορες συνθήκες, πίνακες 5.11, 5.12 και 5.13. Ακολουθεί η ανάλυση των κανονισμών πάνω στη φόρτιση καλωδίων.

6.2. Μέγιστο επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα σε καλώδια και αγωγούς εγκαταστάσεων ΧΤ κατά τους ΚΕΗΕ

Ο πίνακας 6.3 παρουσιάζει το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα σε αγωγούς ΕΗΕ, δηλαδή αγωγούς μονωμένους σε σωλήνες, καλώδια ελεύθερα ή εντοιχισμένα και εύκαμπτα καλώδια συνδέσεων που ονομάζονται και σειρίδες ή κορδόνια. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 30°C και η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία στον αγωγό είναι 60°C. Ο αριθμός των ενεργών αγωγών που γειτνιάζουν είναι το πολύ 3. Για άλλες θερμοκρασίες και πλήθη αγωγών χρησιμοποιούνται συντελεστές διόρθωσης. Οι αγωγοί κατατάσσονται σε τρεις ομάδες που παρουσιάζονται στον πίνακα 6.3:

Ομάδα I: Ορατές ή χωνευτές στον τοίχο εγκαταστάσεις με:

- α) Καλώδια με τρεις το πολύ ενεργούς αγωγούς ή
- β) τρεις το πολύ ενεργοί αγωγοί σε σωλήνα.

Ομάδα II: Μόνο ορατές εγκαταστάσεις:

- α) Μονοπολικά καλώδια.
- β) Μονωμένοι αγωγοί (μονοπολικοί).
- γ) Πολλά μονοπολικά καλώδια ή μονωμένοι αγωγοί, όταν η απόστασή τους είναι μεγαλύτερη από τη διάμετρό τους.

Ομάδα III: Εύκαμπτα καλώδια για σύνδεση φορητών ή κινητών συσκευών (λέγονται και κορδόνια ή σειρίδες) με τρεις το πολύ ενεργούς αγωγούς.

Ενεργός αγωγός είναι αυτός που φέρει ρεύμα στη στάσιμη κατάσταση. Δεν προσμετρώνται στους ενεργούς αγωγούς ο αγωγός γείωσης και σε τριφασικές παροχές ο ουδέτερος.

Οι ΚΕΗΕ αφορούν καλώδια με μόνωση από σύνθετες ελαστικό (R) ή PVC και είναι συνήθως προς την σίγουρη πλευρά. Δηλαδή, η επιτρεπόμενη ένταση μπορεί σε πολλές περιπτώσεις να είναι μεγαλύτερη απ' αυτή που δίνουν οι ΚΕΗΕ.

Επίδραση της θερμοκρασίας

Ο πίνακας 6.3 ισχύει για θερμοκρασία περιβάλλοντος $\theta_{\pi}=30^{\circ}\text{C}$ και οι

τιμές είναι υπολογισμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε η θερμοκρασία του μονωτικού νά μην υπερβαίνει τους 60°C (δηλαδή, $\theta_{\pi}=60^{\circ}\text{C}$). Για άλλες θερμοκρασίες οι τιμές του πίνακα πολλαπλασιάζονται με ένα συντελεστή θερμοκρασίας f_{θ} που παρουσιάζεται στον πίνακα 6.4.

Εναλλακτικά, και στη γενική περίπτωση που θέλουμε να βρούμε την επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος I' για τελική θερμοκρασία θ_T' και θερμοκρασία περιβάλλοντος θ_{π}' , εφαρμόζουμε τον τύπο:

Πίνακας 6.3: Μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο θερμικό ρεύμα I_0 σε χάλκινους αγωγούς σύμφωνα με το άρθρο 126 των ΚΕΗΕ. Οι τιμές του ρεύματος I_0 ισχύουν για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C και μέγιστη θερμοκρασία αγωγού 60°C. Γίνονται διορθώσεις σύμφωνα με τους πίνακες 6.4 και 6.5

$$I_{\max} = f_{\theta} \cdot f_{\pi} \cdot I_0$$

Διατομή Cu mm ²	I ₀ σε Ampère		
	ΟΜΑΔΑ I Ορατές ή χωνευτές εγκαταστάσεις πολυπο- λικών καλωδίων ή πολ- λών αγωγών σε σωλήνες	ΟΜΑΔΑ II Ορατές εγκαταστά- σεις μονοπολικών αγωγών	ΟΜΑΔΑ III Εύκαμπτα καλώδια συνδέσεων φορητών συ- σθευτών
0,75	9	15	7
1	11	18	9
1,5	14	22	10
2,5	20	31	15
4	25	41	20
6	33	54	26
10	43	70	35
16	60	96	48
25	83	128	65
35	100	153	78
50	127	197	100
70	147	234	-
95	181	287	-
120	208	336	-
150	238	383	-
185	266	435	-
240	310	515	-
300	355	596	-
400	-	710	-
500	-	810	-

Πίνακας 6.4: Συντελεστής διόρθωσης της έντασης του ρεύματος f_{θ} για διάφορες θερμοκρασίες, σύμφωνα με το άρθρο 126 των ΚΕΗΕ.

Θερμοκρασία (°C)	30	35	40	45	50	55
Συντελεστής f_{θ}	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41

$$I_{30^{\circ}\text{C}} = 17,5$$

$$I_{50^{\circ}\text{C}} = \frac{17,5}{0,58} = 30,17 \approx 30,2 \text{ A}$$

$$I' = I \cdot f_{\theta}$$

$$\text{όπου } f_{\theta} = \sqrt{\frac{\theta_T' - \theta_{\pi}'}{\theta_T - \theta_{\pi}}}$$

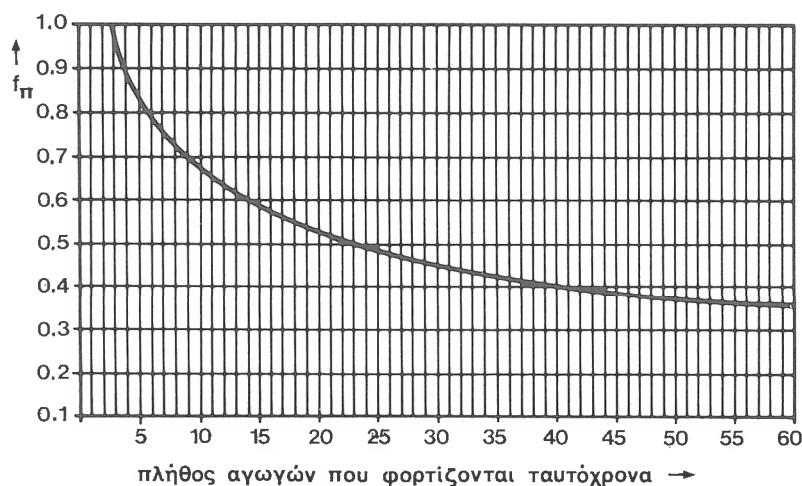
Οι θερμοκρασίες θ_T και θ_{π} αντιστοιχούν στην ένταση I και οι θ_T' και θ_{π}' στην ένταση I' .

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος εξαρτάται από τη θερμοκρασία του εξωτερικού χώρου και από την εγκατάσταση. Συσκευές, π.χ. κινητήρες, ανυψώνουν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Αν στην περιοχή της εγκατάστασης δουλεύουν άνθρωποι, τότε, αν δεν υπάρχουν άλλες εκτιμήσεις, μπορεί να ληφθεί σαν δυσμενέστερη θερμοκρασία οι 35°C, γιατί πρέπει με αερισμό ή κλιματισμό να διατηρηθεί η θερμοκρασία σε ανεκτά επίπεδα.

Η επίδραση του πλήθους των αγωγών σε καλώδια ή σωλήνες

Όταν ένα καλώδιο ή σωλήνας περιέχει πάνω από τρεις ενεργούς αγωγούς, τότε πολλαπλασιάζεται η επιτρεπόμενη ένταση επί ένα συντελεστή f_{π} , που δίνεται στον πίνακα 6.5 του ΚΕΗΕ. Για μια εκτίμηση με μεγαλύτερη ακρίβεια και για καλώδια με περισσότερους από 9 αγωγούς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σχήμα 6.1 που προέρχεται από τους κανονισμούς VDE 100.



Σχήμα 6.1: Συντελεστής f_{π} μείωσης της επιτρεπόμενης έντασης για πολυπολικά καλώδια με πολλούς αγωγούς που φορτίζονται ταυτόχρονα. Επιτρεπόμενη ένταση = $f_{\pi} \times$ (ένταση του πίνακα 6.3).

Η επίδραση του υλικού του αγωγού

Αγωγοί αλουμινίου έχουν το 80% της επιτρεπόμενης έντασης των αγωγών χαλκού, δηλαδή της έντασης του Πίνακα 6.3.

Πίνακας 6.5: Συντελεστής διόρθωσης της επιτρεπόμενης έντασης f_{π} για περισσότερους από 3 αγωγούς σε καλώδιο ή σωλήνα, σύμφωνα με το άρθρο 126 των ΚΕΗΕ.

4 - 6 αγωγοί	$f_{\pi} = 0,8$
7 - 9 αγωγοί	$f_{\pi} = 0,7$

Γυμνοί αγωγοί, μπάρες, ζυγοί

Για διατομές μέχρι 50 mm^2 ισχύουν οι τιμές της ομάδας II. Για διατομές μεγαλύτερες των 50 mm^2 , π.χ. σε χάλκινες μπάρες, παίρνουμε φόρτιση που αντιστοιχεί σε $1,5 \text{ A/mm}^2$. Η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία γυμνών αγωγών είναι 80°C και σε σημεία σύνδεσης με συσκευές 65°C . Αυτά κατά τους ΚΕΗΕ. Οι Πίνακες 6.28-6.30 δίνουν λεπτομερέστερα τιμές φόρτισης κατά DIN 43670 και DIN 43671.

Γραμμές κινητήρων

Οι γραμμές τροφοδοσίας κινητήρων υπολογίζονται με ρεύμα αυξημένο κατά παράγοντα 1,25 του ονομαστικού, για να ληφθεί υπόψη το αυξημένο ρεύμα στην εκκίνηση του κινητήρα. Η ελάχιστη διατομή είναι εδώ ίση με $2,5 \text{ mm}^2$.

Προσοχή: ο παράγοντας 1,25 καλύπτει ελαφριές εκκινήσεις, μέχρι μερικά δευτερόλεπτα. Για βαρείες εκκινήσεις ή αναστροφές κινητήρων πρέπει να γίνουν ιδιαίτερες μελέτες, όπως αυτό θα αναπτυχθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

Γραμμές πυκνωτών

Οι γραμμές πυκνωτών υπολογίζονται για ρεύμα αυξημένο κατά παράγοντα 1,6 του ονομαστικού.

Από τους πυκνωτές στον κινητήρα σημείο 3 σελ. 2.

Παραδείγματα προσδιορισμού της διατομής αγωγών με βάση το θερμοκό όριο κατά τους ΚΕΗΕ (δες πίνακες 6.3, 6.4, 6.5).

Παράδειγμα 6.1:

Καλώδιο τριφασικό NYM, ή A05VV-R5G 2,5 (5×2,5 mm²) σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C τροφοδοτεί τριφασική συσκευή. Έχουμε τρεις ενεργούς αγωγούς και βρισκόμαστε στην ομάδα I.

Η επιτρεπόμενη ένταση είναι $I_{30}=20$ A στους 30°C. Στους 40°C ο συντελεστής θερμοκρασίας είναι $f_{\theta}=0,82$. Συνεπώς, η μέγιστη συνεχώς επιτρεπόμενη φόρτιση είναι:

$$I_{40} = I_{30} \cdot f_{\theta} = 20 \cdot 0,82 = 16,4 \text{ A.}$$

Παράδειγμα 6.2:

Σωλήνας περιέχει 4 ενεργούς αγωγούς 1,5 mm² και έναν αγωγό γείωσης. Ποιά η επιτρεπόμενη μέγιστη ένταση στους 40°C;

Η πρώτη ομάδα δίνει $I_{30} = 14$ A.

- Ο συντελεστής μείωσης λόγω θερμοκρασίας είναι $f_{\theta}=0,82$.
- Ο συντελεστής μείωσης λόγω των 4 αγωγών είναι $f_{\pi}=0,80$.

Συνεπώς, η επιτρεπόμενη ένταση είναι:

$$I = 14 \cdot 0,82 \cdot 0,80 = 9,18 \text{ A.}$$

Παράδειγμα 6.3:

Εύκαμπτο καλώδιο 5×2,5 mm² τύπου H05VV-F5G 2,5 χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία κινητής, γειωμένης, τριφασικής συσκευής. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι 45°C.

Η επιτρεπόμενη ένταση αντιστοιχεί στην ομάδα III. Οι ενεργοί αγωγοί είναι μόνο 3, γιατί ουδέτερος και γείωση σε τριφασικές συσκευές δεν προσμετρώνται. Για 30°C έχουμε:

$$I_{30} = 15 \text{ A} \quad \text{και για } 45^{\circ}\text{C}$$

$$I_{45} = I_{30} \cdot f_{\theta} = 15 \cdot 0,71 = 10,65 \text{ A.}$$

Παράδειγμα 6.4:

Μπάρες γυμνού χαλκού που φέρουν 300 A σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C πρέπει να έχουν διατομή:

$$A = \frac{I}{1,5 \cdot f_{\theta}} = \frac{300}{1,5 \cdot 0,82} = 244 \text{ mm}^2, \quad \text{διαστάσεις π.χ. } 5 \times 50 \text{ mm}^2.$$

Παράδειγμα 6.5:

Ποιά η διατομή καλωδίου τροφοδοσίας τριφασικού κινητήρα με ονομαστικό ρεύμα 20 A; Η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 40°C. Η επιτρεπόμενη ένταση της τροφοδοσίας πρέπει να είναι για 40°C κατά 25% πάνω

από την ονομαστική. Δηλαδή:

$$I_{40} = 20 \cdot 1,25 = 25 \text{ A.}$$

Για να έχουμε 25 A στους 40°C, πρέπει να έχουμε στους 30°C

$$I_{30} = \frac{I_{40}}{f_{\theta}} = \frac{25}{0,82} = 30,49 \text{ A.}$$

Η πλησιέστερη διατομή της ομάδας I είναι 6 mm². Το καλώδιο μπορεί να είναι NYY ή J1VV-R 4G6, 4x6 mm², 3 φάσεις και αγωγός γείωσης.

Παράδειγμα 6.6:

Ποιά η διατομή καλωδίων τροφοδοσίας μονοφασικού κινητήρα ονομαστικής έντασης 2 A, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C; Η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση πρέπει να είναι 25% πάνω από την ονομαστική:

$$I_{30} = 2 \cdot 1,25 = 2,5 \text{ A.}$$

Η διατομή είναι 0,75 mm² από την ομάδα I. Επειδή όμως πρόκειται για κινητήρα, εκλέγουμε την ελάχιστη διατομή που επιτρέπεται στη κίνηση που είναι 2,5 mm². Κατάλληλο καλώδιο είναι το NYM 3x2,5 mm² (ή A05VV-R3G 2,5).

Παράδειγμα 6.7:

Γραμμή 3 αγωγών σε καλώδιο πλακέ NYIFY, εντοιχισμένη, τροφοδοτεί φωτιστικά σώματα 440 W σε δύο ίσες ομάδες (2 φάσεις και μία κοινή επιστροφή). Η ένταση του ρεύματος επιστροφής είναι 440 W/220 V=2A. Η ένταση στους αγωγούς φάσης είναι 220 W/220 V=1 A. Για θερμικούς λόγους θα αρκούσε διατομή 0,75 mm². Επειδή όμως πρόκειται για μόνιμη εγκατάσταση, η διατομή που επιλέγουμε είναι η ελάχιστη επιτρεπόμενη, δηλαδή 1,5 mm².

Παράδειγμα 6.8:

Συστοιχία τριφασικών πυκνωτών, ισχύος 20 kvar και τάσης 380 V είναι συνδεδεμένη κατά τρίγωνο. Εδώ έχουμε δύο διαφορετικά ρεύματα, το ρεύμα του δικτύου και το ρεύμα του τριγώνου (των πυκνωτών).

Το ρεύμα του δικτύου είναι:

$$I_{\delta} = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 30,39 \text{ A.}$$

Το ρεύμα των πυκνωτών είναι:

$$I_{\pi} = \frac{I_{\delta}}{\sqrt{3}} = \frac{30,39}{\sqrt{3}} = 17,54 \text{ A.}$$

Οι διατομές των καλωδίων πρέπει να υπολογιστούν για τα εξής ρεύματα:

Καλώδια σύνδεσης με δίκτυο : $1,6 \cdot I_{\delta} = 1,6 \cdot 30,39 = 48,62 \text{ A.}$

Γραμμές σύνδεσης μεταξύ πυκνωτών : $1,6 \cdot I_{\delta} = 1,6 \cdot 17,54 = 28,07 \text{ A.}$

Για θερμοκρασίες 30°C προκύπτουν καλώδια σύνδεσης με το δίκτυο με διατομή 16 mm², π.χ. NYM 4x16 mm², A05VV-R4G 16. Εδώ χρησιμοποιήθηκε η διατομή που καλύπτει τα 48,62 A και αντιστοιχεί στα 60 A της ομάδας I του πίνακα 6.3.

Για τη σύνδεση μεταξύ των πυκνωτών, εκλέγουμε ορατές γραμμές H07V-U και ισχύει η ομάδα II. Η διατομή που καλύπτει τα 28,07 A είναι αυτή που αντιστοιχεί στα 31 A, δηλαδή η διατομή είναι 2,5 mm² στους 30°C, π.χ. H07V-U (παλαιά NYA) 2,5 mm².

6.3. Μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα σε καλώδια XT και MT κατά VDE 0298 και οδηγία 26 της ΔΕΗ

Τα καλώδια στα οποία θα αναφερθούμε έχουν τάσεις 0,6/1 kV, 3,6/6 kV, 6/10 kV, 12/20 kV και 18/30 kV. Αντιστοιχούν στα πρότυπα IEC 502, VDE 0273, ΕΛΟΤ 843, ΕΛΟΤ 1099. Οι τιμές της θερμοκλής φόρτισης είναι εκείνες που προτείνονται από τους γερμανικούς κανονισμούς VDE 0298. Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις, καλώδια εγκατεστημένα στον αέρα και καλώδια στο έδαφος. Οι κανονισμοί επικαλύπτουν την οδηγία 26 της ΔΕΗ. Οι διαφορές των τιμών είναι το πολύ 5%.

Οι κανονισμοί αυτοί καλύπτουν επακριβώς καλώδια κατά VDE 0255, 0271, 0273. Ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθούν και για τα καλώδια αντιστοίχου κατασκευής κατά IEC 502, ΕΛΟΤ 843 και ΕΛΟΤ 1099. Π.χ. οι τιμές για καλώδια NYΥ κατά VDE 0273 ισχύουν και για καλώδια JVΥ κατά IEC 502 ή κατά ΕΛΟΤ 843.

Οι απώλειες σε καλώδια προέρχονται από τα ρεύματα των φάσεων, από τα επαγόμενα ρεύματα στους μανδύες και στις μηχανικές ενισχύσεις και σε καλώδια ΥΤ κατά ένα μικρό ποσοστό, από τις διηλεκτρικές απώλειες. Η επιτρεπόμενη φόρτιση στο συνεχές ρεύμα είναι μεγαλύτερη μέχρι και 25% γιατί δεν υπάρχουν δινορεύματα.

Οι κανονισμοί VDE 0298 περιλαμβάνουν όχι μόνο απώλειες λόγω των ρευμάτων φορτίου στους αγωγούς φάσεων, αλλά και πρόσθετες απώλειες των δινορευμάτων στους μανδύες και στις μηχανικές ενισχύσεις. Οι μανδύες θεωρήθηκαν ότι είναι και στα δύο τους άκρα συνδεδεμένοι και γειωμένοι.

Αυτό μπορεί να αυξήσει τις απώλειες κατά 10-20%.

Επίσης, έχουν ληφθεί υπόψη οι διηλεκτρικές απώλειες μόνο σε καλώδια με μόνωση PVC, 6/10 kV. Αυτή είναι η μέγιστη τάση για PVC-καλώδια. χαμηλότερες τάσεις 3,5/6 kV ή σε άλλα μονωτικά όπως, π.χ. χαρτί ή πολυθυλένιο, οι διηλεκτρικές απώλειες είναι αμελητέες.

Οι υπολογισμοί της επιτρεπόμενης έντασης γίνονται με τον τρόπο που παρουσιάζει ο πίνακας 6.6 και επίσης θα αναλυθούν παρακάτω σε μεγαλύτερη έκταση.

Πίνακας 6.6: Υπολογισμός της μέγιστης επιτρεπόμενης διαρκούς φόρτισης καλωδίων.

Καλώδια στον ελεύθερο αέρα	
I_{\max}	$= I_0 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$
I_0	= μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C, ένα μόνο τριφασικό σύστημα με ελεύθερη διακίνηση αέρα, πίνακες 6.7--6.11 για καλώδια διαφόρων τάσεων.
n_1	= συντελεστής διόρθωσης για διάφορες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, πίνακας 6.12.
n_1	= συντελεστής διόρθωσης για πολλά γειτνιάζοντα συστήματα, πίνακες 6.13 -6-16.
n_3	= συντελεστής διόρθωσης για καλώδια XT με περισσότερους των 4 αγωγών, πίνακας 6.17.
Ενταφιασμένα καλώδια	
I_{\max}	$= I_0 \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$
I_0	= μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα στους πίνακες 6.18-6.22 για: θερμοκρασία εδάφους $\theta = 20^\circ\text{C}$, συντελεστή φόρτισης $m = 0,7$ (μέση/μέγιστη ισχύ), ειδική θερμική αντίσταση εδάφους $\sigma = 1,0 \text{ Km/W}$, ένα ενταφιασμένο τριφασικό σύστημα, τα καλώδια είναι γειωμένα στα δύο τους άκρα, δηλαδή έχουμε ρεύματα μανδύων σε μονοπολικά καλώδια.
f_1	= συντελεστής για διαφορετικά θ , m και σ , πίνακες 6.23 και 6.24.
f_2	= συντελεστής για περισσότερα του ενός συστήματα, πίνακες 6.25 και 6.26.
f_3	= 0,85 όταν το καλώδιο βρίσκεται σε σωλήνα πάνω από 6 m μήκος. Αν όχι, $f_3=1,0$.
f_4	= 0,90 αν υπάρχουν προστατευτικά τούβλα ή σκεπάσματα που εγκλείουν αέρα.
f_5	= συντελεστής για πολυπολικά καλώδια XT με περισσότερους των τριών αγωγών, πίνακας 6.17.

το ρεύμα που
αντιχέεται
εάν είναι
από το έδαφος
16/20

κλεισμένη
16/20

Πίνακας 6.7: Μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση I₀ καλωδίων Χ.Τ. 0,6/1 kV εγκατεστημένων στον ελεύθερο χώρο, κατά (DIN) VDE 0298.
Συνθήκες: 30°C, ένα τριφασικό σύστημα ή σύστημα συνεχούς ρεύματος
Για διαφορετικές συνθήκες γίνονται διορθώσεις με συντελεστές όπως στον πίνακα 6.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
Μονοφασικό	χαρτί-μάζα						PVC ³⁾						δικτυωμένο PE							
Μεταλλικός μανδύας	μόλυβδος			αλουμίνιο			—						μόλυβδος			—				
κωδικός π.χ.	N(A)KBA	N(A)KA		N(A)KLEY			N(A)YY;N(A)YCWY ¹⁾ JVV						NYKY			N(A)2XSY				
Κανονισμός καλωδίων	VDE 0255						VDE 0271 IEC 502						DIN57265 VDE0265			VDE 0273 IEC 502				
επιτρεπόμενη θερμοκρασία	80°C						70°C						90°C							
Διάταξη	4) ⊕⊕		⊕⊕		⊕⊕		2) ⊕		4) ⊕⊕		⊕⊕		⊕		4) ⊕⊕		2) ⊕ 4) ⊕⊕		⊕⊕	
Όνομαστική διατομή χαλκού mm ²)	Φόρτιση σε Ampère																			
1,5	—	—	—	—	—	—	26	20	18,5	20	25	20	18,5	32	24	25	32			
2,5	—	—	—	—	—	—	35	27	25	27	34	27	25	43	32	34	42			
4	—	—	—	—	—	—	46	37	34	37	45	37	34	57	42	44	56			
6	—	—	—	—	—	—	58	48	43	48	57	48	43	72	53	57	71			
10	—	—	—	—	—	—	79	66	60	66	78	66	60	99	73	77	96			
16	—	—	—	—	—	—	105	89	80	89	103	89	80	131	96	102	128			
25	114	138	167	114	136	163	140	118	106	118	137	118	106	177	130	139	173			
35	140	168	203	139	166	199	174	145	131	145	169	145	131	218	160	170	212			
50	169	203	246	168	200	239	212	176	159	176	206	176	159	266	195	208	258			
70	212	255	310	213	251	299	269	224	202	224	261	224	202	338	247	265	328			
95	259	312	278	262	306	361	331	271	244	271	321	271	244	416	305	326	404			
120	299	364	439	304	354	412	386	314	282	314	374	314	282	487	355	381	471			
150	343	415	500	350	403	463	442	361	324	361	428	361	324	559	407	438	541			
185	397	479	575	402	462	522	511	412	371	412	494	412	371	648	469	507	626			
240	467	570	678	474	545	594	612	484	436	484	590	484	436	779	551	606	749			
300	533	654	772	542	619	657	707	—	481	549	678	—	492	902	638	697	864			
400	611	783	912	628	726	734	359	—	560	657	817	—	563	1270	746	816	1918			
500	—	893	1023	—	809	786	1000	—	—	749	940	—	—	1246	—	933	1173			
Όνομ. διατ. αλουμ. mm ²	Φόρτιση σε Ampère																			
25	89	—	—	88	—	—	128	91	83	—	—	—	—	1371	100	—	—			
35	108	130	157	107	128	154	145	113	102	113	131	—	—	68	122	131	163			
50	131	157	191	130	155	186	176	138	124	138	160	—	—	206	147	161	200			
70	165	198	240	166	195	234	224	174	158	174	202	—	—	262	1892	205	254			
95	201	243	294	203	238	284	271	210	190	210	249	—	—	323	32	253	313			
120	233	283	343	237	277	328	314	274	220	244	291	—	—	377	270	296	366			
150	267	323	390	272	316	370	361	281	252	281	33	—	—	433	308	341	420			
185	310	374	450	314	363	421	412	320	289	320	384	—	—	502	357	395	486			
240	366	447	535	372	432	489	484	378	339	378	460	—	—	605	435	475	585			
300	420	515	613	428	494	548	548	—	377	433	530	—	—	699	501	548	675			
400	488	623	733	503	589	627	666	—	444	523	642	—	—	830	592	647	798			
500	—	718	833	—	669	687	776	—	—	603	744	—	—	966	—	749	926			

1. Για N(A)YCWY ισχύουν οι 8-10 στήλες. 2. Φόρτιση στο συνεχές ρεύμα 3. Οι τιμές μέχρι 240 mm² είναι εναρμονισμένες κατά CENELEC. 4. Καλώδια σε τριφασική λειτουργία.

Πίνακας 6.7: Μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση I₀ καλωδίων Χ.Τ. 0,6/1 kV εγκατεστημένων στον ελεύθερο χώρο, κατά (DIN) VDE 0298.
 Συνθήκες: 30°C, ένα τριφασικό σύστημα ή σύστημα συνεχούς ρεύματος
 Για διαφορετικές συνθήκες γίνονται διορθώσεις με συντελεστές όπως στον πίνακα 6.6.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Μονωτικό	χαρτί-μάζα						PVC ³⁾						δικτυωμένο PE					
Μεταλλικός μανδύας	μόλυβδος			αλουμίνιο			—						μόλυβδος			—		
κωδικός π.χ.	N(A)KBA	N(A)KA		N(A)KLEY			N(A)YY;N(A)YCWY ¹⁾ J1VV						NYKY			N(A)2XSY		
Κανονισμός καλωδίων	VDE 0255						VDE 0271 IEC 502						DIN57265 VDE0265			VDE 0273 IEC 502		
επιτρεπόμενη θερμοκρασία	80°C						70°C						90°C					
Διάταξη	4) ⊕⊕	⊕	⊕⊕⊕	4) ⊕⊕	⊕	⊕⊕⊕	2) ⊕	⊕	4) ⊕⊕	⊕	⊕⊕⊕	⊕	4) ⊕⊕	2) ⊕	4) ⊕⊕	⊕	⊕⊕⊕	
Όνομαστική διατομή χαλκού mm ²)	Φόρτιση σε Ampère																	
1,5	—	—	—	—	—	—	26	20	18,5	20	25	20	18,5	32	24	25	32	
2,5	—	—	—	—	—	—	35	27	25	27	34	27	25	43	32	34	42	
4	—	—	—	—	—	—	46	37	34	37	45	37	34	57	42	44	56	
6	—	—	—	—	—	—	58	48	43	48	57	48	43	72	53	57	71	
10	—	—	—	—	—	—	79	66	60	66	78	66	60	99	73	77	96	
16	—	—	—	—	—	—	105	89	80	89	103	89	80	131	96	102	128	
25	114	138	167	114	136	163	140	118	106	118	137	118	106	177	130	139	173	
35	140	168	203	139	166	199	174	145	131	145	169	145	131	218	160	170	212	
50	169	203	246	168	200	239	212	176	159	176	206	176	159	266	195	208	258	
70	212	255	310	213	251	299	269	224	202	224	261	224	202	338	247	265	328	
95	259	312	278	262	306	361	331	271	244	271	321	271	244	416	305	326	404	
120	299	364	439	304	354	412	386	314	282	314	374	314	282	487	355	381	471	
150	343	415	500	350	403	463	442	361	324	361	428	361	324	559	407	438	541	
185	397	479	575	402	462	522	511	412	371	412	494	412	371	648	469	507	626	
240	467	570	678	474	545	594	612	484	436	484	590	484	436	779	551	606	749	
300	533	654	772	542	619	657	707	—	481	549	678	—	492	902	638	697	864	
400	611	783	912	628	726	734	359	—	560	657	817	—	563	1270	746	816	1918	
500	—	893	1023	—	809	786	1000	—	—	749	940	—	—	1246	—	933	1173	
Όνομ. διατ. αλουμ. mm ²	Φόρτιση σε Ampère																	
25	89	—	—	88	—	—	128	91	83	—	—	—	—	1371	100	—	—	
35	108	130	157	107	128	154	145	113	102	113	131	—	—	68	122	131	163	
50	131	157	191	130	155	186	176	138	124	138	160	—	—	206	147	161	200	
70	165	198	240	166	195	234	224	174	158	174	202	—	—	262	1892	205	254	
95	201	243	294	203	238	284	271	210	190	210	249	—	—	323	32	253	313	
120	233	283	343	237	277	328	314	274	220	244	291	—	—	377	270	296	366	
150	267	323	390	272	316	370	361	281	252	281	33	—	—	433	308	341	420	
185	310	374	450	314	363	421	412	320	289	320	384	—	—	502	357	395	486	
240	366	447	535	372	432	489	484	378	339	378	460	—	—	605	435	475	585	
300	420	515	613	428	494	548	548	—	377	433	530	—	—	699	501	548	675	
400	488	623	733	503	589	627	666	—	444	523	642	—	—	830	592	647	798	
500	—	718	833	—	669	687	776	—	—	603	744	—	—	966	—	749	926	

1. Για N(A)YCWY ισχύουν οι 8-10 στήλες. 2. Φόρτιση στο συνεχές ρεύμα 3. Οι τιμές μέχρι 240 mm² είναι εναρμονισμένες κατά CENELEC. 4. Καλώδια σε τριφασική λειτουργία.

6.3.1. Καλώδια εγκατεστημένα στον αέρα

Οι πίνακες 6.7-6.11 παρουσιάζουν τις διαρκώς επιτρεπόμενες φορτίσεις καλωδίων στον αέρα στις παρακάτω συνθήκες:

- Θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C.
- Ένα τριφασικό σύστημα, δηλαδή τρία μονοπολικά ή ένα τριπολικό καλώδιο.
- Ελεύθερη κυκλοφορία αέρα. Αυτό σημαίνει: Αποστάσεις 2 cm από τοίχους και οροφές ή πάτωμα. Οι αποστάσεις μεταξύ των καλωδίων είναι τουλάχιστον δύο διαμέτροι τους. Οι αποστάσεις από δύο υπερκείμενες σχάρες με καλώδια είναι τουλάχιστον 20 cm.
- Καμία πρόσθετη ακτινοβολία θερμότητας (ηλιακή ακτινοβολία).
- Ενωμένοι, γειωμένοι μανδύες στα δύο άκρα.
- Έχουν ληφθεί υπόψη διηλεκτρικές απώλειες για καλώδια PVC 6/10 kV.


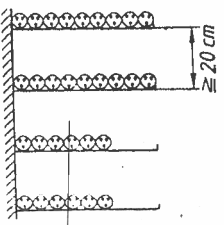
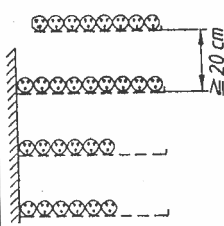
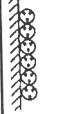
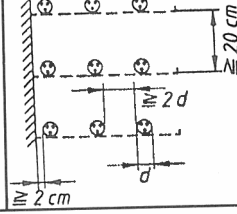
Πίνακας 6.12: Συντελεστές διόρθωσης n_1 του επιτρεπόμενου ρεύματος φόρτισης καλωδίων εγκατεστημένων στον ελεύθερο χώρο (αέρα) για διάφορες θερμοκρασίες (VDE 0298).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Κατασκευή καλωδίου	μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας	μέγιστη επιτρεπόμενη ανήφωση θερμοκρασίας	Συντελεστές διόρθωσης, για θερμοκρασία περιβάλλοντος σε °C								
			10	15	20	25	30	35	40	45	50
Διπλ. πολ. 2Χ, (XLPE)	90	90	1,15	1,12	1,08	1,04	1,0	0,96	0,91	0,87	0,82
Πολυαιθ. 2Υ, PE Πολυβιν. Υ, V	70	70	1,22	1,17	1,12	1,07	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71
μάζα-χαρτί περιζωμένα καλ. 0,6/1-3,6/6 kV 6/10 kV μονοπολικά τριών μανδύων Höchstädter	80	55	1,05	1,05	1,05	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77
	65	35	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,93	0,85	0,76	0,65
0,6/1-3,6/6kV 6/10 kV 12/20kV 18/30kV	80	55	1,05	1,05	1,05	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77
	70	45	1,06	1,06	1,06	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71
	65	35	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,93	0,85	0,76	0,65
18/30kV	60	30	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,91	0,82	0,71	0,58

Για διαφορετικές συνθήκες από τις κανονικές, το ρεύμα υπολογίζεται με τον τρόπο που παρουσιάζει ο πίνακας 6.6, χρησιμοποιώντας συντελεστές διόρθωσης που υπάρχουν στους πίνακες 6.12-6.17.

Οι πίνακες 6.7-6.11 των επιτρεπόμενων φορτίσεων διαφέρουν ως προς την τάση των καλωδίων. Δεν υπάρχουν καλώδια PVC στους πίνακες τάσεων 12/20 και 18/30 kV, γιατί, συνήθως, το PVC δεν χρησιμοποιείται σαν μονωτικό σ' αυτές τις τάσεις, λόγω κυρίως των μεγάλων του διηλεκτρικών απωλειών.

Πίνακας 6.13: Συντελεστές διόρθωσης n_2 της επιτρεπόμενης φόρτισης καλωδίων εγκατεστημένων στον ελεύθερο χώρο (αέρα) για καλώδια πολυπολικά εναλλασσομένου ρεύματος και μονοπολικά συνεχούς ρεύματος (VDE 0298) δες πίνακα 6.6.

Διατάξεις των καλωδίων		αμοιβαία επαφή των καλωδίων και επαφή με τον τοίχο					
		1	2	3	6	9	
Πλήθος γειτνιαζόντων καλωδίων							
πάνω στο έδαφος		0,90	0,84	0,80	0,75	0,73	
πάνω σε κανάλια ανοιχτά περιορισμένου αερισμού	πλήθος καναλιών						
	1	0,95	0,84	0,80	0,75	0,73	
	2	0,95	0,80	0,76	0,71	0,69	
	3	0,95	0,78	0,74	0,70	0,68	
	6	0,95	0,76	0,72	0,68	0,66	
πάνω σε κανάλια ανοιχτά, με περιορισμό του αερισμού λόγω των καλωδίων	πλήθος καναλιών						
	1	0,95	0,84	0,80	0,75	0,73	
	2	0,95	0,80	0,76	0,71	0,69	
	3	0,95	0,78	0,74	0,70	0,68	
	6	0,95	0,76	0,72	0,68	0,66	
πλήθος καλωδίων υπερτιθεμένων πάνω σε στηρίγματα ή στον τοίχο		1	2	3	6	9	
		0,95	0,78	0,73	0,68	0,66	
διατάξεις που δεν χρειάζεται διόρθωση	Ο αριθμός των υπερτιθεμένων καλωδίων μπορεί να είναι οποιοσδήποτε						

Πίνακας 6.17: Συντελεστής διόρθωσης n_3 της επιτρεπόμενης φόρτισης πολυπολικών καλωδίων ΧΤ (δες πίνακα 6.6).

1	2	3
Πλήθος φορτιζόμενων αγωγών	Καλώδια ενταφιασμένα f_5	Καλώδια στον αέρα n_3
5	0,70	0,75
7	0,60	0,65
10	0,50	0,55
14	0,45	0,50
19	0,40	0,45
24	0,35	0,40
40	0,30	0,35
61	0,25	0,30

Καλώδια ενταφιασμένα

Οι σημαντικές διαφορές στη θερμική συμπεριφορά μεταξύ καλωδίων στον αέρα και στο έδαφος είναι οι εξής:

Η ειδική θερμική αντίσταση του εδάφους υπεισέρχεται στους υπολογισμούς. Αυτή εξαρτάται από το έδαφος και την υγρασία του. Σε πολύ μεγάλες εντάσεις, όταν η θερμοκρασία του εδάφους γύρω από το καλώδιο ξεπεράσει τους 40°C , ξηραίνεται το έδαφος και αυξάνεται η αντίστασή του. Αυτό μπορεί να επιφέρει υπερθέρμανση του καλωδίου.

Ο συντελεστής φόρτισης m (=μέσο /μέγιστο φορτίο) επιδρά στη θερμοκρασία του εδάφους και στη μέγιστη φόρτιση. Μικροί συντελεστές φόρτισης ευνοούν την ψύξη του καλωδίου, δηλαδή επιτρέπουν μεγαλύτερη ένταση. Αυτό συμβαίνει, επειδή το θερμικό σύστημα-εδάφους έχει μεγάλη χρονική σταθερά. Το έδαφος γύρω από το καλώδιο χρειάζεται πολλές ώρες για να αποκτήσει τη θερμική του ισορροπία, μετά από μία αύξηση ή ελάττωση του ρεύματος.

Το βάθος του ενταφιασμού επηρεάζει τη θερμική αντίσταση που παρουσιάζεται στη μεταφορά θερμότητας. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος τόσο μεγαλύτερη είναι και η αντίσταση και τόσο μικρότερη είναι η επιτρεπόμενη φόρτιση. Επειδή όμως η επίδραση του βάθους είναι λογαριθμική, η φόρτιση δεν αλλάζει σημαντικά για βάθη μεταξύ 0,7 m και 1,20 m.

Οι πίνακες 6.18-6.22 παρουσιάζουν τις φορτίσεις ενταφιασμένων καλωδίων στις παρακάτω συνθήκες:

Πίνακας 6.20: Μέγιστο διαρκώς επιτρεπόμενο ρεύμα I_0 , ενταφιασμένων καλωδίων τάσης 6/10 kV κατά DIV (VDE) 0298.

Συνθήκες: 20°C $m=0,7$, $\sigma=1$ Km/W, ένα τριφασικό σύστημα ή συνεχές ρεύμα. Για διαφορετικές συνθήκες γίνονται διορθώσεις σύμφωνα με τον πίνακα 6.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Μονωτικό	Χαρτί-μάζα						PVC			PE πολυαιθυλένιο		δικτυωμένο πολυαιθ.					
Μεταλλικός μανδύας	Μόλυβδος					Αλουμίνιο			—		—		—				
Κωδικός π.χ.	N(A) KBA	N(A) HKB A	N(A) EKB A	N(A) KA		N(A) KLEY			N(A)YSEY ¹⁾ N(A)YHSY ²⁾		N(A)ZYSY		N(A)XSY				
Κανονισμός VDE	VDE 0255						VDE 0271			DIN 57273/ VDE 0273		DIN 57273/ VDE 0273					
Επιτρεπ. θερμοκρασία	65°C		70°C			65°C		70°C		70°C		70°C		90°C			
Διάταξη	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
Όνομαστική διατομή χαλκού, mm ²	Φόρτιση σε Amperes, για χαλκό, 6/10 kV																
25	117	132	133	142	162	121	141	159	133	138	155	—	146	166	—	157	179
35	143	158	159	169	194	149	168	189	160	164	185	166	174	197	178	187	212
50	171	188	189	200	229	178	198	221	189	193	217	195	205	231	210	220	249
70	212	231	233	245	279	220	242	266	230	236	264	238	251	281	256	269	303
95	257	278	281	293	332	266	288	312	275	281	313	286	299	333	307	321	358
120	293	315	321	333	376	304	326	347	312	318	353	325	339	375	349	364	404
150	332	354	360	373	419	341	364	379	350	354	384	364	377	408	392	405	441
185	377	399	407	422	470	358	409	416	394	399	429	412	425	455	443	457	493
240	437	460	471	489	539	444	469	464	455	460	490	477	490	519	513	528	563
300	493	516	530	549	599	498	519	497	512	515	543	—	549	575	—	593	626
400	561	582	608	630	674	561	580	536	584	579	590	—	614	618	—	665	676
500	—	—	678	703	744	—	632	568	—	—	—	—	682	678	—	739	743
Όνομαστική διατομή αλουμινίου, mm ²	Φόρτιση σε Amperes, για αλουμίνιου, 6/10 kV																
25	91	102	103	—	—	94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	110	122	123	130	150	115	130	147	123	127	143	—	135	153	—	144	164
50	132	146	147	155	178	138	154	174	146	150	169	151	159	181	162	171	194
70	165	180	181	190	217	171	188	211	179	183	207	185	195	220	199	209	236
95	200	216	218	227	259	207	225	249	213	219	246	222	232	261	238	249	281
120	229	246	250	259	294	237	256	279	243	248	278	252	264	296	271	283	318
150	259	276	280	290	329	266	286	308	272	277	306	283	294	325	304	316	350
185	295	313	318	329	370	302	322	342	307	312	343	321	333	365	345	358	393
240	343	362	370	384	428	350	373	387	356	363	395	373	387	420	401	416	453
300	389	408	417	433	479	395	417	421	402	408	441	—	435	468	—	469	507
400	449	466	485	501	546	451	474	464	464	465	490	—	493	514	—	532	559
500	—	—	548	566	610	—	526	501	—	—	—	—	555	572	—	599	622

1) τριπολικά, 2) μονοπολικά.