

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΟ ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ


Οι παρακάτω εφαρμογές αναφέρονται στον προσδιορισμό καλωδίων χαμηλής και μέσης τάσης. Οι πίνακες είναι από το βιβλίο του κ. Ντοκόπουλου 'ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ'. Θα πρέπει να είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά των καλωδίων και των μέσων προστασίας όπως περιγράφονται στα κεφ. 7,8,9 του βιβλίου.

Πίνακας 7.15: Μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση I_0 καλωδίων Χ.Τ. 0,6/1 kV εγκατεστημένα στον ελεύθερο αέρα, κατά (DIN) VDE 0298. Ισχύει και για καλώδια JIVV. Συνθήκες: 30 °C, ένα τριφασικό σύστημα ή σύστημα συνεχούς ρεύματος. Για διαφορετικές συνθήκες γίνονται διορθώσεις με συντελεστές όπως στον πίνακα 7.14.


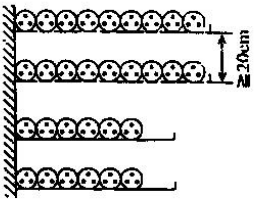
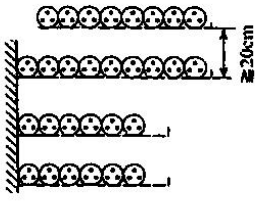

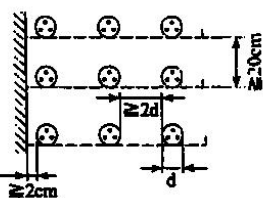
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Μονοφασικό	PVC ³⁾						δυστυφόμενο PE					
Μεταλλικός μονόδρας	—						μόλυβδος			—		
Κωδικός π.χ. Κανονισμός καλωδίων	N(A)YY, N(A)YCWY ¹⁾ , JIVV						NYKY			N(A)2XY		
Επιτρεπόμενη θερμοκρασία	VDE 0271 IEC 60502						DIN57265 VDE0265			VDE 0273 IEC 60502		
Διάταξη	70° C						90° C					
Ονομ. διατ. χαλκού mm ²	2) ⊙	⊙	4) ⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕⊕	⊕	4) ⊕⊕	2) ⊕	4) ⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕⊕	
	Φόρτιση σε Ampère για 0,61/1 kV											
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	140	118	106	118	137	118	106	177	130	139	173	
35	174	145	131	145	169	145	131	218	160	170	212	
50	212	176	159	176	206	176	159	266	195	208	258	
70	269	224	202	224	261	224	202	338	247	265	328	
95	331	271	244	271	321	271	244	416	305	326	404	
120	386	314	282	314	374	314	282	487	355	381	471	
150	442	361	324	361	428	361	324	559	407	438	541	
185	511	412	371	412	494	412	371	648	469	507	626	
240	612	484	436	484	590	484	436	779	551	606	749	
300	707	—	481	549	678	—	492	902	638	697	864	
400	859	—	560	657	817	—	563	1270	746	816	1018	
500	1000	—	—	749	940	—	—	1246	—	933	1173	
Ονομ. διατ. αλουμ. mm ²	Φόρτιση σε Ampère για 0,61/1 kV											
25	128	91	83	—	—	—	—	1371	100	—	—	
35	145	113	102	113	131	—	—	68	122	131	163	
50	176	138	124	138	160	—	—	206	147	161	200	
70	224	174	158	174	202	—	—	262	1892	205	254	
95	271	210	190	210	249	—	—	323	32	253	313	
120	314	274	220	244	291	—	—	377	270	296	366	
150	361	281	252	281	33	—	—	433	308	341	420	
185	412	320	289	320	384	—	—	502	357	395	486	
240	484	378	339	378	460	—	—	605	435	475	585	
300	548	—	377	433	530	—	—	699	501	548	675	
400	666	—	444	523	642	—	—	830	592	647	798	
500	776	—	—	603	744	—	—	966	—	749	926	

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

Πίνακας 7.18: Μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση I_0 καλωδίων μέσης τάσης 12/20 kV, εγκατεστημένων στον ελεύθερο αέρα, κατά (DIN) VDE 0298.
 Συνθήκες: 30 °C, ένα τριφασικό σύστημα συνεχούς ρεύματος.
 Για διαφορετικές συνθήκες γίνονται διορθώσεις με συντελεστές, όπως στον πίνακα 7.14.

1	2	3
Μονωτικό	δικτυωμένο PE	
Μεταλλικός μανδύας	—	
Κωδικός π.χ.	N(A)2XSY	
Κανονισμός καλωδίων	DIN 57273 VDE 0273	
Επιτρεπόμενη θερμοκρασία	90° C	
Διάταξη		
Ονομαστική διατομή χαλκού mm ²	Φόρτιση σε Ampère, για χαλκό, 12/20 kV	
25	—	—
35	199	233
50	238	279
70	296	347
95	358	420
120	412	483
150	466	540
185	532	614
240	627	718
300	715	813
400	819	904
500	927	1011
Ονομ. διατ. αλουμ. mm ²	Φόρτιση σε Ampère, για αλουμίνιο, 12/20 kV	
25	—	—
35	—	—
50	184	217
70	229	270
95	278	328
120	320	378
150	363	425
185	415	485
240	493	573
300	563	652
400	652	740
500	746	838

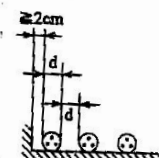
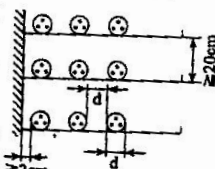
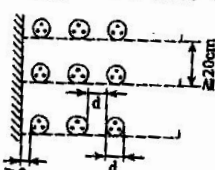
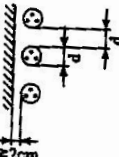
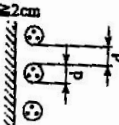
Πίνακας 7.21: Συντελεστές διόρθωσης n_2 της επιτρεπόμενης φόρτισης καλωδίων εγκατεστημένων στον ελεύθερο χώρο (αέρα) για καλώδια πολυπολικά εναλλασσομένου ρεύματος και μονοπολικά συνεχούς ρεύματος (VDE 0298) δες πίνακα 7.14.

Διατάξεις των καλωδίων		Αμοιβαία επαφή των καλωδίων και επαφή με τον τοίχο						
Πλήθος γεινιαζόντων καλωδίων		1	2	3	6	9		
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
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
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 δε χρειάζονται διόρθωση		Ο αριθμός των υπερτιθεμένων καλωδίων μπορεί να είναι οποιοσδήποτε						

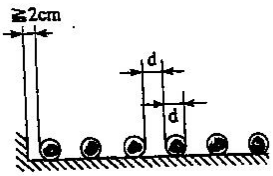
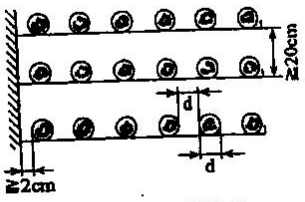
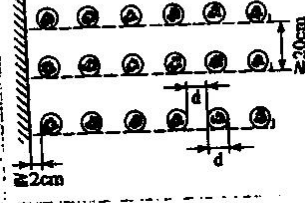
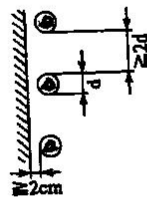
Πίνακας 7.20: Συντελεστές διόρθωσης n_1 του επιτρεπόμενου ρεύματος φόρτισης καλωδίων 1-30 kV εγκατεστημένων στον ελεύθερο χώρο (αέρα) για διάφορες θερμοκρασίες (VDE 0298).

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Κατασκευή καλωδίου	Μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας	Συντελεστές διόρθωσης για θερμοκρασία περιβάλλοντος σε °C											
		°C	°K	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
Διτ. πολ. 2X, (XLPE)	90	-	-	1,15	1,12	1,08	1,04	1,0	0,96	0,91	0,87	0,82	-
PVC Y, V	70	-	-	1,22	1,17	1,12	1,07	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71	-

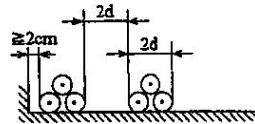
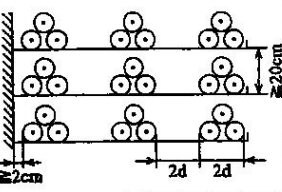
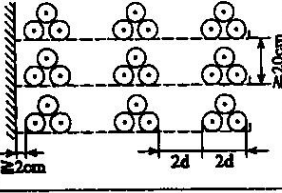
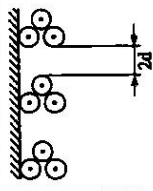
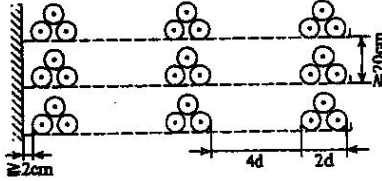
Πίνακας 7.22: Συντελεστές διόρθωσης k_2 της επιτρεπόμενης φόρτισης καλωδίων εγκατεστημένων στον ελεύθερο χώρο (αέρα) για καλώδια πολυπολικά και μονοπολικά συνεχούς ρεύματος (VDE 0298). Δες και πίνακα 7.14.

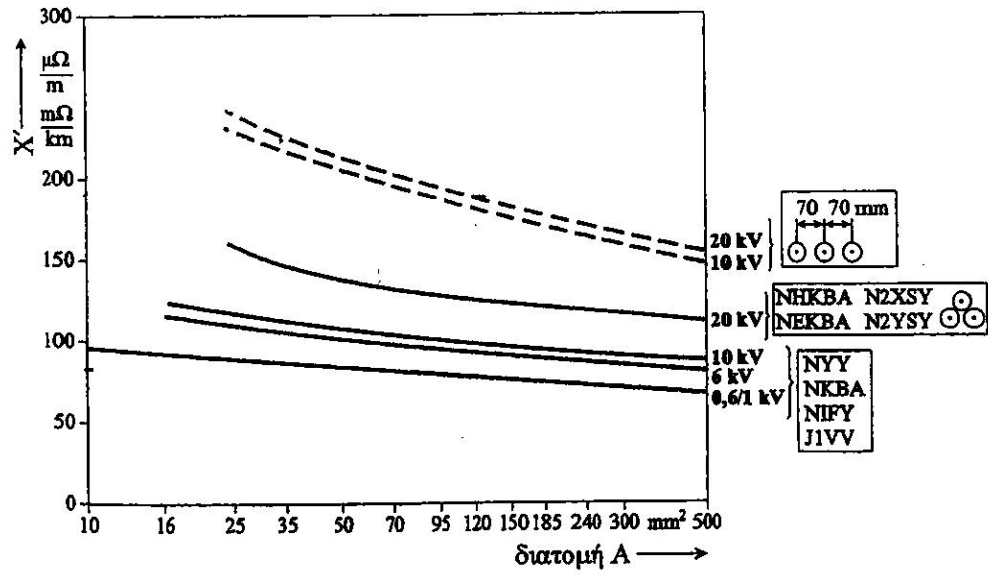
Διατάξεις των καλωδίων		Απόσταση = διάμετρος καλωδίου d από τον τοίχο $\geq 2 \text{ cm}$					
Πλήθος γεινιαζόντων καλωδίων		1	2	3	6	9	
Πάνω στο έδαφος		0,95	0,90	0,88	0,85	0,84	
Πάνω σε ανοιχτά κανάλια περιορισμένου αερισμού	Πλήθος καναλιών						
	1	0,95	0,90	0,88	0,85	0,84	
	2	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	
	3	0,88	0,83	0,81	0,79	0,78	
Πάνω σε ανοιχτά κανάλια καλώς αεριζόμενα	Πλήθος καναλιών						
	1	1,00	0,98	0,96	0,93	0,92	
	2	1,00	0,95	0,93	0,90	0,89	
	3	1,00	0,94	0,92	0,89	0,88	
Πλήθος καλωδίων υπερτιθεμένων		1	2	3	6	9	
Πάνω σε στηρίγματα ή στον τοίχο		1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	
Διατάξεις που δε χρειάζονται διόρθωση		Ο αριθμός των υπερτιθεμένων καλωδίων μπορεί να είναι οποιοσδήποτε					

Πίνακας 7.23: Συντελεστές διόρθωσης k_2 της επιτρεπόμενης φόρτισης λόγω συνοστισμού καλωδίων εγκατεστημένων στον ελεύθερο χώρο, αέρα (VDE 0298, DIN 57298 Teil 2). **Μονοπολικά καλώδια σε τριφασικά συστήματα** (δες πίνακα 7.14). Αν η θερμοκρασία του χώρου αυξηθεί λόγω του μεγάλου αριθμού καλωδίων, πρέπει αυτό να ληφθεί επιπρόσθετα υπόψη.

Διάταξη των καλωδίων	Επίπεδη διάταξη με αποστάσεις ίσες με μία διάμετρο και απόσταση ≥ 2 cm από τον τοίχο				
	1	2	3		
Πλήθος τριφασικών συστημάτων					
Ακουμπισμένα στο έδαφος	0,92	0,89	0,88		
Πάνω σε ανοιχτά κανάλια περιορισμένου αερισμού	Πλήθος καναλιών				
	1	0,92	0,89		0,88
	2	0,87	0,84		0,83
	3	0,84	0,82		0,81
Πάνω σε ανοιχτά κανάλια καλώς αεριζόμενα	Πλήθος καναλιών				
	1	1,00	0,97		0,96
	2	0,97	0,94		0,93
	3	0,96	0,93		0,92
Αριθμός υπερτιθεμένων τριφ. συστημάτων		1	2	3	
	Πάνω σε στηρίγματα ή στον τοίχο	0,94	0,91	0,89	
	Διατάξεις που δεν απαιτείται διόρθωση	Όταν οι αποστάσεις αυξηθούν πέραν των παραπάνω, τότε αυξάνονται μεν οι απώλειες μανδύων πλην όμως βελτιώνονται και οι συνθήκες ψύξης			

Πίνακας 7.24: Συνέχεια του πίνακα 7.23.

Διάταξη των καλωδίων		Συγκεντρωμένα ανά τριάδες με απόσταση διπλάσια της διαμέτρου και >2 cm απόσταση απ' τον τοίχο			
Πλήθος τριφασικών συστημάτων		1	2	3	
Ακουμπισμένα στο έδαφος		0,95	0,90	0,88	
Πάνω σε ανοιχτά κανάλια περιορισμένου αερισμού	Πλήθος καναλιών				
	1	0,95	0,90	0,88	
	2	0,90	0,85	0,83	
	3	0,88	0,83	0,81	
Πάνω σε ανοιχτά κανάλια καλώς αεριζόμενα	Πλήθος καναλιών				
	1	1,00	0,98	0,96	
	2	1,00	0,95	0,93	
	3	1,00	0,94	0,92	
Αριθμός υπερθεμένων τριφ. συστημάτων		1	2	3	
Πάνω σε στηρίγματα ή στον τοίχο		0,89	0,86	0,84	
Διατάξεις που δεν απαιτείται διόρθωση					



Σχ. 7.13. Αντιδράσεις καλωδίων χαμηλής και μέσης τάσης στο ορθό σύστημα (συμμετρική φόρτιση) για 50 Hz.

Παράδειγμα προσδιορισμού διατομής καλωδίων με χριζώπο το πορτίο και την πίεση τάσης

1. Δίνονται 3 τριφασικά ονομαστικά τα οποία αποτελούνται από 9 μονοφασικά καλώδια ΝΧΥΣΥ διατομής 150 mm^2 τοποθετημένα σε 1 κανάλι καλώδων δέφιζιμω. Ονομαστική τάση 20 kV



Ώσημα $3 \times 3 \times 1 \times 150 \text{ mm}^2$ ΝΧΥΣΥ

Από οιν 7.18 $\rightarrow I_0 = 540 \text{ A}$

Από οιν 7.23 $\rightarrow \eta_2 = 0,96$ ερα

$I_{\max} = 518,4 \text{ A}$ /καλώδιο ερα $S_{\max} = \sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 518,4$

$S_{\max} = 17,93 \text{ MVA}$ /τρίφασικό ονομαστικό. Άρα ονομαστικά:

$$S_{02} = 3 \cdot 17,93 = 53,8 \text{ MVA}$$

Αν υπάρχει θερμοκρασία χώρου $\theta = 45^\circ \text{C}$ τότε επιβάλλει:

από οιν 7.20 $\rightarrow \eta_1 = 0,87$ Συνολώς:

$$I_{\max} = 540 \cdot 0,96 \cdot 0,87 = 451 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 451 = 15,6 \text{ MVA} / \text{τρίφ.}$$

$$S_{02} = 3 \cdot 15,6 = 46,81 \text{ MVA}$$

2. Σε καλώδις αβιζόμενα καλώδια υαδέρχουν τοποθετημένα 6 καλώδια ΝΑΥΥ μονοφασικά διατομής 120 mm^2 . Ουομολοική τάση 400 V θερμοκρασία χώρου 40°C



Σύστημα $2 \times 3 \times 1 \times 120 \text{ mm}^2$

Από οιν $7.15 \rightarrow I_0 = 291 \text{ A}$

Από οιν $7.20 \rightarrow \eta_1 = 0,87$

Από οιν $7.23 \rightarrow \eta_2 = 0,97 \text{ κρε}$

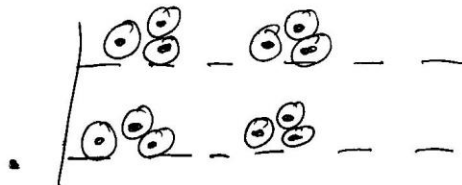
$I_{\text{max}} = 291 \cdot 0,87 \cdot 0,97 = 245,57 \text{ A}$

Ισχύς σε κάθε τριφασικό σύστημα:

$S_{\text{τριφ}} = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 245,57 = 170 \text{ kW}$

Συνολικά $S_{\text{ολ}} = 2 \cdot 170 = 340 \text{ kW}$

3. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται 2 καλώδια αβιζόμενα καλώδια στα οποία είναι τοποθετημένα 12 μονοφασικά καλώδια ΝΥΥ διατομής 95 mm^2 . Μήκος καλωδίων 150 m . θερμοκρασία χώρου 35°C Ουομολοική τάση 400 V



$$\text{Από ΝΙΝ 7.15} \rightarrow I_0 = 271 \text{ A}$$

$$\text{Από ΝΙΝ 7.20} \rightarrow \eta_1 = 0,94$$

$$\text{Από ΝΙΝ 7.24} \rightarrow \eta_2 = 0,95 \quad \text{αρα}$$

$$I_{\max} = 271 \cdot 0,94 \cdot 0,95 = 242 \text{ A}$$

Ισχύς σε κάθε περιφραγή

$$S_{\text{πριφ}} = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 242 \text{ A} = 167,46 \text{ ΚWA}$$

$$\text{Συνολική ισχύς } S_{\Sigma} = 4 \cdot 167,46 = 670 \text{ ΚWA}$$

Έργατος ητῶσης.

Οε ορέσει η ητῶση τάσης να είναι μικρότερη από 4 %.

δηλαδή 9,2 V σε κάθε φάση

Υπολογισμός ωμικής αντίστασης καλωδίου: στους 20°C

$$R_{20} = \frac{\ell}{\kappa \cdot q}, \quad \ell \rightarrow \text{απόσταση σε m.} \quad q \rightarrow \text{διατομή σε mm}^2$$

κ : Συντελεστής αγωγιμότητας. Είναι:

$$\kappa = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \quad \text{για αγωγούς Cu.}$$

$$\kappa = 34,8 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \quad \text{για αγωγούς Al. Συνεπώς}$$

$$R_{20} = \frac{150}{56 \cdot 95} = 0,028 \Omega \quad \text{Αναγωγή στους 70°C}$$

$$R_{70} = 0,028 (1 + 0,004 \cdot 50) = 0,033 \Omega$$

$$\text{Από } \Sigma \chi \text{ 7.13} \quad \chi' \approx 90 \text{ m} \approx / \text{km} = 0,09 \Omega / \text{km} \quad \text{αρα}$$

$$\chi = 0,09 \cdot 0,95 = 0,0855 \Omega$$

Με συντελεστή ισχύος για το φορτίο 160 με ϕ ,
η ητωση τάσης είναι: (για κάθε φάση):

$$\Delta V = |I \cdot Z| = |242 \cdot (0,033 + j0,0135)| = 8,62V < 9,2V$$

Άρα η διατομή είναι επαρκής και ως προς την
ητωση τάση.

Με συντελεστή ισχύος για φορτίο 0,85 εν η
ητωση τάσης είναι:

$$\Delta V = |I \cdot Z| = |(242 \angle -31,78^\circ)(0,033 + j0,0135)| = 8,63V$$

Το μέτρο της ΔV δεν αλλάζει με το $\cos\phi$ του φορτίου.

4. Με το διηλεκτρικό σύστημα καλωδίων θέλουμε
να τροφοδοτήσουμε φορτίο

$$13 \text{ MW } \cos\phi = 0,9 \text{ εν. σε}$$

απόσταση 580 m.

Να προσδιοριστεί η απαραίτητη διατομή καλωδίων ($V_n = 20 \text{ kV}$)

Από την 7.24 είναι $n_2 = 1$

Δε υπάρχει περιορισμός λόγω θερμοκρασίας περιβάλλοντος

άρα $n_1 = 1$ Προσδιορισμός ρεύματος:

$$I = \frac{13\,000\,000}{\sqrt{3} \cdot 20\,000 \cdot 0,9} = 417 \text{ A}$$

Από την 7.18 $\rightarrow \Delta = 150 \text{ mm}^2$ για καλώδιο Ν2Χ5Υ

Έργατος πτώσης τάσης

$$R_{20} = \frac{580}{56 \cdot 150} = 0,069 \Omega \quad R_{30} = 0,083 \Omega$$

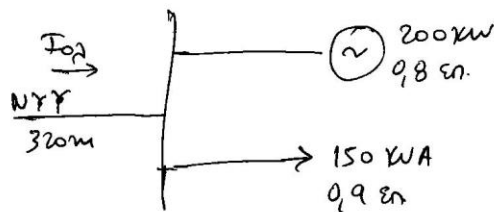
Από σχ 7.13 $\rightarrow X' = 135 \text{ m}^2/\text{km} = 0,135 \Omega/\text{km}$ αρα

$$X = 0,135 \cdot 0,580 = 0,0783 \Omega \quad \text{Συνεπώς:}$$

$$\Delta V = |(417 \angle -25,84) (0,083 + j 0,0783)| = 47,58 \text{ V}$$

Η επιτρεπτή πτώση τάσης σε ΜΤ είναι 8% δηλαδή 925V σε κάθε φάση. Άρα το κριτήριο της πτώσης τάσης ικανοποιείται.

5. Να προσδιορισθεί η διατομή του παροχικού καλωδίου του διηρανού πύλου (ΝΥΥ) το οποίο



βρίσκεται μέσα σε σωλήνα ($V_H = 400 \text{ V}$). Το καλώδιο δε είναι πραγματικό.

$$I_{02} = \frac{200000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} \angle -36,87 + \frac{150000}{\sqrt{3} \cdot 400} \angle -25,84 \rightarrow$$

$$I_{02} = 360,85 \angle -36,87 + 216,5 \angle -25,84 \rightarrow$$

$$I_{02} = 574,86 \angle -32,72 \text{ A} \quad \text{Πόσω σωλήνα:}$$

$$I_{02}' = \frac{574,86}{0,85} = 676,31 \text{ A} \quad \text{Από πιν 7.15: Παρατηρούμε}$$

ότι δε υπάρχει πραγματικό καλώδιο που να αντέχει 676,31A σε κάθε φάση.

Συνεπώς επιλέγουμε την τοποθέτηση 2 πολυμοδικών καλωδίων / φάση. Το κάθε καλώδιο θα πρέπει να έχει ικανότητα φόρτας $676,31 A / 2 = 338,155 A$.

Από ΝΙΝ 7.15 $\rightarrow \Delta = 185 \text{ mm}^2$ με $I_0 = 371 A$.

Έλεγχος πτώσης τάσης:

$$R_{20} = \frac{320}{56 \cdot 185} = 0,031 \Omega \quad R_{70} = 0,037 \Omega$$

Από Σχ 7.13 $\chi' = 90 \text{ m} = 1 \text{ km} = 0,09 \Omega / \text{km}$ φερ

$$\chi = 0,09 \cdot 0,32 = 0,0288 \Omega \quad \text{φερ}$$

$$\Delta V = |338,155 \cdot (0,037 + j 0,0288)| = 15,85 \text{ V}$$

Δεν ικανοποιείται το κριτήριο της πτώσης τάσης

Επιλέγουμε διατομή 210 mm^2 .

$$R_{20} = \frac{320}{56 \cdot 210} = 0,0238 \Omega \quad R_{70} = 0,0285 \Omega \quad \chi = 0,0288 \Omega$$

$$\text{φερ} \quad \Delta V = |338,155 (0,028 + j 0,0288)| = 13,6 \text{ V}$$

Και πάλι δεν ικανοποιείται το κριτήριο της πτώσης τάσης

Οε πρέπει να συνεχίσουμε μέχρι να υπολογιστεί $\Delta V < 9,2 \text{ V}$

Η καλύτερη λύση να τοποθετήσουμε 3 καλώδια / φάση. τότε

$$I = 676,31 / 3 = 225,43 A \quad \text{Από ΝΙΝ 7.15} \rightarrow \Delta = 95 \text{ mm}^2$$

Για την ον προκύπτει διατομή 185 mm^2 / φάση.

Συνεπώς σε κάθε φάση οε έχουμε $3 \times 185 \text{ mm}^2$.