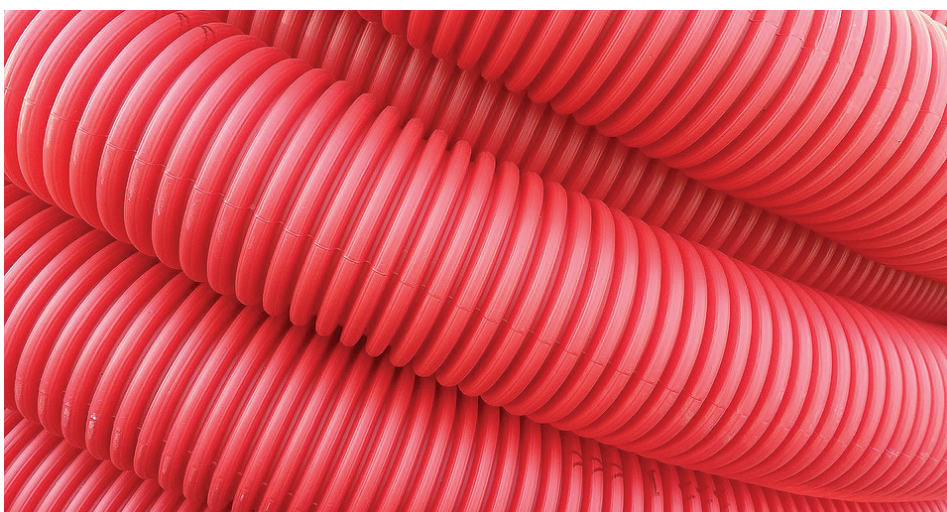


Πλαστικοί σωλήνες ηλεκτρικών εγκαταστάσεων: Χαρακτηριστικά, ταξινόμηση και Πρότυπα

Οι σωλήνες χρησιμοποιούνται στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις για να προστατεύουν τους μονωμένους αγωγούς και τα καλώδια, κυρίως από μηχανικές κρούσεις.

Άρθρο της κ. Αικατερίνης Πολυκράτη*



Τα συστήματα σωλήνων (που αποτελούνται από τους σωλήνες και τα παρελκόμενά τους) υπέργειων και υπόγειων δικτύων χαμηλής τάσης (έως 1.000 V a.c. 1.500 V d.c.) υπόκεινται στη σειρά Προτύπων EN 61386. Το Πρότυπο EN 61386-01:2008+A1:2019 αναφέρει τις γενικές απαιτήσεις και τις δοκιμές που πρέπει να περάσουν οι σωλήνες ηλεκτρικών ή τηλεπικοινωνιακών εγκαταστάσεων, για την αξιόπιστη προστασία των αγωγών και των καλωδίων που προορίζονται να περικλείουν.

Τα Πρότυπα EN 61386-21:2004+A11:2010, EN 61386-22:2004+A11:2010 και EN 61386-23:2004+A11:2010 αναφέρουν τις ειδικές απαιτήσεις για τα συστήματα άκαμπτων σωλήνων, διαμορφώσιμων και αυτοεπανερχόμενων σωλήνων και εύκαμπτων σωλήνων αντίστοιχα. Το EN 61386-24:2010 αναφέρει τις απαιτήσεις και δοκιμές για σωλήνες υπόγειων εγκαταστάσεων. Τέλος, το Πρότυπο EN 60423:2007 καθο-

ρίζει τις εξωτερικές διαμέτρους των σωλήνων, εκτός από τους βαρέος τύπου άκαμπτους χαλύβδινους σωλήνες που αναφέρονται στο πρότυπο IEC 60981:2019.

Οι σωλήνες, ανάλογα με το εάν έχουν μόνωση ή όχι, διακρίνονται σε:

- Μονωτικούς.
 - Μη μονωτικούς.
- Και ανάλογα με τη χρήση τους, οι σωλήνες είναι:
- Ελαφρού τύπου.
 - Μεσαίου τύπου.
 - Βαρέος τύπου.

Οι μονωτικοί σωλήνες μπορεί να είναι πλαστικοί ή μεταλλικοί. Οι πλαστικοί σωλήνες έχουν ευρεία χρήση και είναι κατασκευασμένοι συνήθως από θερμοπλαστικό υλικό. Διατίθενται στο εμπόριο σε τυποποιημένες διαστάσεις, είτε σε ευθύγραμμα τμήματα (2 - 3 m) είτε σε μορφή σπирάλ (25 - 100 m).

Στη μορφή σπирάλ είναι εύκαμπτοι, και για το λόγο αυτό πιο κατάλληλοι για δύσκολες οδεύσεις. Στο σχήμα 1 δίνονται φωτογραφίες πλαστικών σωλήνων ευθύγραμμων και σπирάλ.

Οι μη μονωτικοί σωλήνες είναι μεταλλικοί, κυρίως γαλβανισμένοι σιδηροσωλήνες, έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή και χρησιμοποιούνται μόνο για καλώδια και όχι για αγωγούς.

Οι πλαστικοί σωλήνες ελαφρού τύπου χρησιμοποιούνται σε κωνευτές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις μέσα στο επίχρισμα, σε χώρους χωρίς υγρασία, με ήπιες μηχανικές καταπονήσεις.

Οι πλαστικοί σωλήνες μεσαίου τύπου είναι κατάλληλοι για μέτριες καταπονήσεις και για τοποθέτηση μέσα στο σκυρόδεμα ή σε υπόγεια δίκτυα. Οι

ΣΧΗΜΑ 1: Πλαστικοί ηλεκτρικοί σωλήνες:
α) ευθύγραμμοι,
β) σπирάλ.



πλαστικοί σωλήνες βαρέος τύπου αντέχουν σε ισχυρές καταπονήσεις, σε κρούσεις μεγαλύτερες από 6 Joule (σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 60614-1:1994), και για το λόγο αυτό είναι κατάλληλοι αφενός για χωνευτές εγκαταστάσεις (μέσα στο επίχρισμα και στο σκυρόδεμα) και αφετέρου για βιομηχανικές εγκαταστάσεις εξωτερικού χώρου, σε όξινα ή αλκαλικά περιβάλλοντα. Οι μεταλλικοί σωλήνες είναι κατάλληλοι για χώρους υγρούς, με υψηλές καταπονήσεις.

Ταξινόμηση

Οι πλαστικοί σωλήνες χαρακτηρίζονται από δωδεκαψήφιο κωδικό ταξινόμησης, τα πέντε πρώτα ψηφία του οποίου πρέπει να δίνονται υποχρεωτικά. Κάθε ένα από τα 12 ψηφία δηλώνει και μια ιδιότητα ως εξής:

1ο ψηφίο: Αντοχή στη σύνθλιψη, με τιμές 1 (πολύ ασθενής), 2 (ασθενής), 3 (μέτρια), 4 (ισχυρή), 5 (πολύ ισχυρή).

2ο ψηφίο: Αντοχή στην κρούση, με τιμές 1 (πολύ ασθενής), 2 (ασθενής), 3 (μέτρια), 4 (ισχυρή), 5 (πολύ ισχυρή).

3ο ψηφίο: Ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας, με τιμές 1 (5°C), 2 (-5°C), 3 (-15°C), 4 (-25°C), 5 (-45°C).

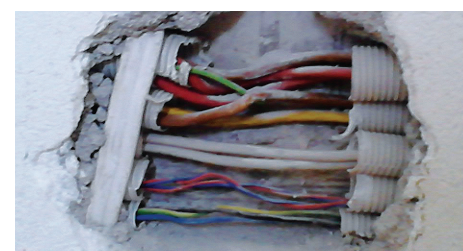
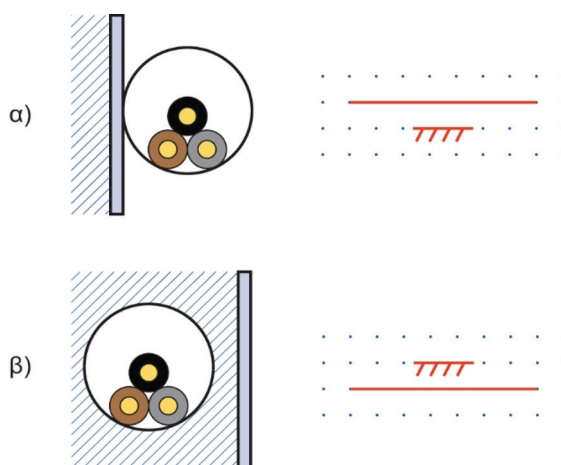
4ο ψηφίο: Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας, με τιμές 1 (60°C), 2 (90°C), 3 (105°C), 4 (120°C), 5 (150°C), 6 (250°C), 7 (400°C).

5ο ψηφίο: Αντίσταση στην κάμψη, με τιμές 1 (άκαμπτος), 2 (διαμορφώσιμος), 3 (διαμορφώσιμος / αυτοεπαναφερόμενος), 4 (εύκαμπτος).

6ο ψηφίο: Ηλεκτρικές ιδιότητες, με τιμές 1 (με χαρακτηριστικά ηλεκτρικής συνέχειας), 2 (με χαρακτηριστικά ηλεκτρικής μόνωσης), 3 (με χαρακτηριστικά ηλεκτρικής συνέχειας και μόνωσης).

7ο ψηφίο: Προστασία έναντι επαφής στερεών αντικειμένων και σκόνης, με τιμές 3 (προστασία από στερεά σώματα μεγαλύτερα από 2,5 mm [εργαλεία, καλώδια κλπ.]), 4 (προστασία από στερεά σώματα μεγαλύτερα από 1 mm [λεπτά εργαλεία, μικρά σύρματα, κ.λπ.]), 5 (προστασία από τη σκόνη, διαπερατότητα μόνο από ορατά σωματίδια), 6 (απόλυτη προστασία από τη σκόνη).

8ο ψηφίο: Προστασία έναντι επαφής νερού, με τιμές 1 (προστασία από κάθετη πτώση σταγόνων νερού), 2 (προστασία από πτώση σταγόνων νερού υπό γωνία έως 15° ως προς τον κατακόρυφο άξονα), 3 (προστασία από πτώση σταγόνων νερού υπό γωνία έως 60° ως προς τον



κατακόρυφο άξονα), 4 (προστασία από κάθετη πτώση νερού από όλες τις κατευθύνσεις), 5 (προστασία από ρίψη νερού υπό πίεση από όλες τις κατευθύνσεις), 6 (προστασία από ρίψη νερού υπό πίεση ισοδύναμη με θαλάσσια κύματα), 7 (προστασία από επιρροές βύθισης μεταξύ 15 cm και 1 m).

9ο ψηφίο: Αντίσταση στη διάβρωση, με τιμές 1 (χαμηλή προστασία μέσα και έξω), 2 (μέτρια προστασία μέσα και έξω), 3 (υψηλή προστασία μέσα και έξω).

10ο ψηφίο: Τάση εφελκυσμού, με τιμές 1 (πολύ ασθενής), 2 (ασθενής), 3 (μέτρια), 4 (ισχυρή), 5 (πολύ ισχυρή).

11ο ψηφίο: Αντίσταση στη διάδοση φλόγας, με τιμές 1 (αυτοσβηνόμενη

σωλήνες θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνεται η περαιτέρω συντήρησή τους και χωρίς να τους προκαλείται ζημιά. Η εσωτερική διάμετρος των σωλήνων είναι τυποποιημένη και η επιλογή της εξαρτάται κυρίως από το πλήθος και τη διατομή των αγωγών που θα περικλείει, ώστε να απάγεται η θερμότητα που αναπτύσσεται σε αυτούς καθώς διαρρέονται από ρεύμα.

Η εσωτερική διάμετρος εξαρτάται και από το είδος της εγκατάστασης, αν δηλαδή είναι ορατή (επιτοίχιος σωλήνας, πάνω στην τοιχοποιία) ή χωνευτή (χωνευτός σωλήνας, εντοιχισμένος μέσα στο επίχρισμα και στο σκυρόδεμα).

ΣΧΗΜΑ 2 (ΠΑΝΩ):

α) Επιτοίχια ή ορατή εγκατάσταση σωλήνα, παραστατικά, συμβολικά (S01917), παράδειγμα. β) Εντοιχισμένη ή χωνευτή εγκατάσταση σωλήνα, παραστατικά, συμβολικά (O51916), παράδειγμα.

Οι πλαστικοί σωλήνες χαρακτηρίζονται από δωδεκαψήφιο κωδικό ταξινόμησης, τα πέντε πρώτα ψηφία του οποίου πρέπει να δίνονται υποχρεωτικά

σωλήνα που δεν διαδίδει τη φλόγα), 2 (μη αυτοσβηνόμενη σωλήνα που διαδίδει τη φλόγα).

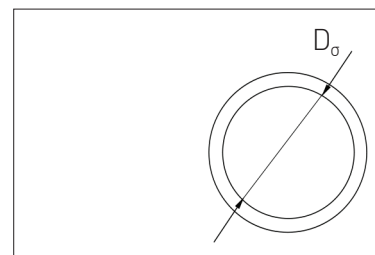
12ο ψηφίο: Φέρουσα ικανότητα αιωρούμενου φορτίου, με τιμές (1 (πολύ χαμηλή), 2 (ασθενής), 3 (μέτρια), 4 (ισχυρή).

Επιλογή

Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η επιλογή των σωλήνων είναι:

- Η χρήση του χώρου.
- Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο χώρο.
- Οι οδεύσεις που απαιτούνται.
- Το πλήθος των αγωγών που θα περάσουν μέσα από τις οδεύσεις. Η τοποθέτηση των αγωγών μέσα στους

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η διάμετρος των σωλήνων σε χωνευτή εγκατάσταση είναι μεγαλύτερη από ό,τι σε ορατή εγκατάσταση, καθώς στη χωνευτή εγκατάσταση η θερμότητα απάγεται δυσκολότερα. Στο σχήμα 2 δίνονται φωτογραφίες ορατού και χωνευτού σωλήνα, ενώ στο σχήμα 3 δίνεται ένας σωλήνας σε τομή.



Για ένα μόνο καλώδιο για καλύβδινους ή μεταλλικούς σωλήνες, η εσωτερική διάμετρος D_o του σωλήνα σε χιλιοστά, μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$D_o = 2 \sqrt{\frac{S_k}{\pi n_x}} \quad (1)$$

όπου:

S_k είναι η διατομή του καλωδίου.

$n = 3,14$

n_x είναι ο συντελεστής χώρου (πληρότητας) του σωλήνα.

Ο συντελεστής χώρου (πληρότητας) του σωλήνα n_x δηλώνει τον ελεύθερο χώρο που πρέπει να μένει μέσα στο σωλήνα, ώστε κατ' αρχάς να απάγεται η θερμότητα που αναπτύσσεται στους αγωγούς και κατά δεύτερον να είναι εύκολο το πέρασμά τους μέσα σε αυτόν, χωρίς τον κίνδυνο καταστροφής της μόνωσής τους. Ο συντελεστής χώρου (πληρότητας) του σωλήνα n_x δίνεται από τη σχέση 2, και είναι ο λόγος της συνολικής διατομής του καλωδίου S_k προς τη διατομή του σωλήνα S_o :

$$n_x = \frac{S_k}{S_o} \quad (2)$$

Η διατομή του σωλήνα δίνεται από τη σχέση:

$$S_o = \pi \frac{D_o^2}{4} \quad (3)$$

Η σχέση 1 προκύπτει από τη σχέση 2 αν αντικαταστήσουμε τη διατομή του σωλήνα S_o με το ίσο της από τη σχέση 3 και λύσουμε ως προς τη διάμετρο D_o .

Για τον υπολογισμό της εσωτερικής διαμέτρου του σωλήνα από τη σχέση 1, στις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις συνήθως χρησιμοποιείται ένας συντελεστής χώρου 40%, δηλαδή 0,04. Ως διάμετρος του σωλήνα επιλέγεται η αμέσως μεγαλύτερη τυποποιημένη τιμή από τον αριθμό που προκύπτει από τη σχέση 1. Εμπειρικά, η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα υπολογίζεται και από τη σχέση:

$$D_o = 1,5D_k \quad (4)$$

όπου D_k είναι η διάμετρος του καλωδίου, καθώς η διάμετρος του σωλήνα θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,5 φορά μεγαλύτερη από αυτή του καλωδίου που περικλείει ή από το σύνολο της διατομής των καλωδίων, αν περικλείει περισσότερα του ενός καλώδια. Οι σχέσεις 1 έως 4 μπορούν να εφαρμοσθούν προσεγγιστικά και για άλλα είδη

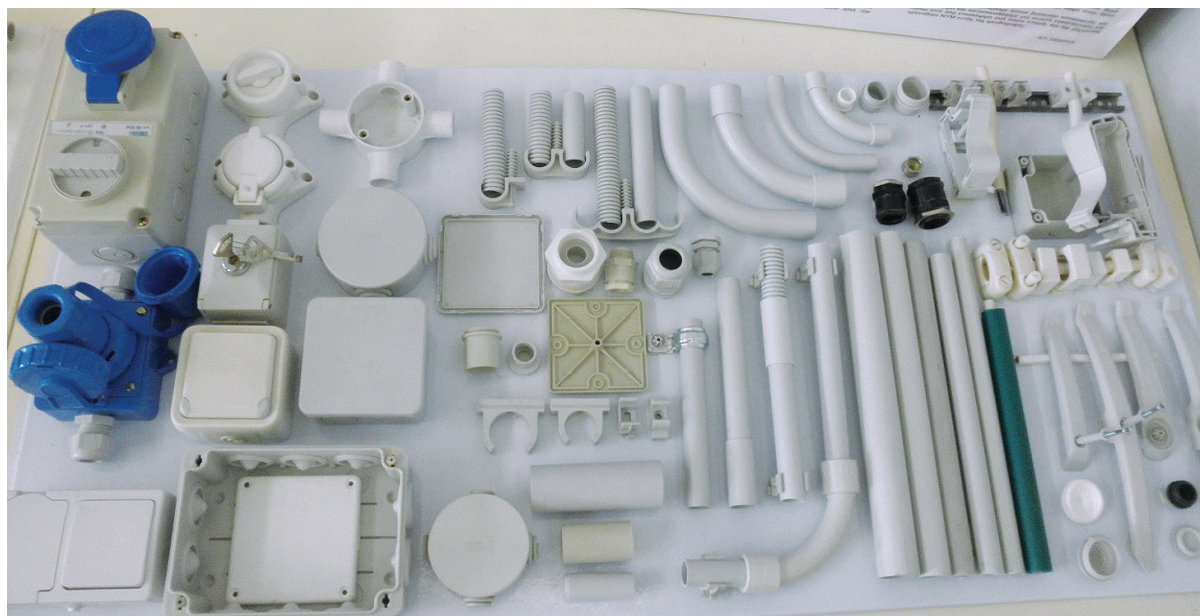
Πίνακας 1: Εσωτερική διάμετρος σωλήνα προστασίας καλωδίων

Διάμετρος σωλήνων [mm]	Πλήθος αγωγών						
	13,5	16	20	25	32	40	50
Διατομή αγωγών [mm ²]							
1,5	3	7	9	13	-	-	-
2,5	-	4	6	9	17	-	-
4	-	-	5	7	14	-	-
6	-	-	4	6	10	18	-
10	-	-	3	4	8	13	-
16	-	-	-	3	5	9	-
25	-	-	-	2	3	6	9
35	-	-	-	-	2	4	7
50	-	-	-	-	-	3	5
70	-	-	-	-	-	2	4

Η τοποθέτηση των αγωγών μέσα στους σωλήνες θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνεται η περαιτέρω συντήρησή τους

Πίνακας 2: Προτεινόμενα χαρακτηριστικά σωλήνων (ΕΛΟΤ HD 60364-5-52)

Κατάσταση εγκατάστασης	Αντοχή στη σύνθλιψη	Αντοχή στην κρούση	Ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας	Μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας
Σε εξωτερικό χώρο εκτεθειμένη	3 (Μέτρια)	3 (Μέτρια)	2 (-5°C)	1 (60°C)
Σε εσωτερικό χώρο				
Εκτεθειμένη	2 (Ασθενής)	2 (Ασθενής)	2 (-5°C)	1 (60°C)
Κάτω από το δάπεδο (επικαλύψεις δαπέδου)	2 (Ασθενής)	3 (Μέτρια)	2 (-5°C)	1 (60°C)
Εντοιχισμένη σε σκυρόδεμα (επιτρέπονται μόνο συστήματα σωλήνων με πορτοκαλί χρώμα)	3 (Μέτρια)	3 (Μέτρια)	2 (-5°C)	1 (60°C)
Εντοιχισμένη σε κοίλους τοίχους από ξύλο (εύφλεκτα υλικά), τοιχοποιία, κατασκευαστικά κενά ή κενά οροφής	2 (Ασθενής)	2 (Ασθενής)	2 (-5°C)	1 (60°C)
Εναέρια τοποθέτηση	4 (Ισχυρή)	3 (Μέτρια)	3 (-15°C)	1 (60°C)



ΣΧΗΜΑ 4 (ΑΡΙΣΤΕΡΑ): Σωλήνες και παρελκόμενά τους.

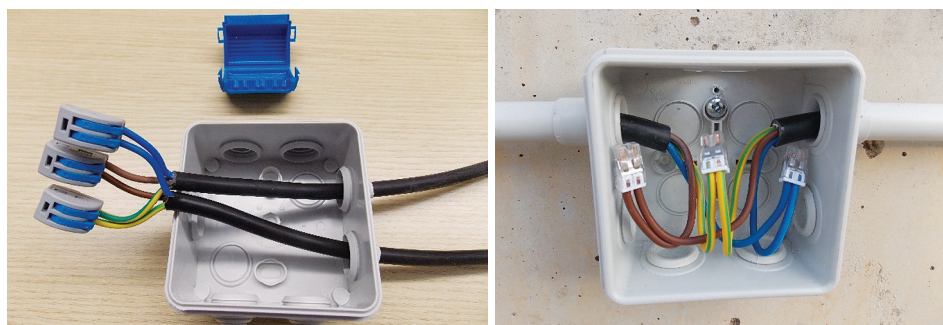
ΣΧΗΜΑ 5 (ΚΑΤΩ): Κουτιά διακλάδωσης.

σωλήνων, πέρα από τους χαλύβδινους και τους μεταλλικούς. Στο εμπόριο διατίθενται πλαστικοί σωλήνες μέσα στους οποίους έχουν προτοποθετηθεί οι αγωγοί και είναι ευκολότερη η εγκατάσταση. Στη βιβλιογραφία, αλλά και από κατασκευαστές σωλήνων, για συγκεκριμένους αγωγούς δίνονται πίνακες για την επιλογή της εσωτερικής διάμετρου ανάλογα με το πλήθος και τη διατομή των αγωγών που περικλείουν. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα δίνεται στον πίνακα 1. Ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασης των σωλήνων, το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 60364-5-52 αναφέρει τα προτεινόμενα χαρακτηριστικά τους, που είναι σύμφωνα με το Πρότυπο IEC 61386 και δίνονται στον πίνακα 2. Οι τιμές στον πίνακα αφορούν τα τέσσερα πρώτα ψηφία του κωδικού ταξινόμησης των σωλήνων.

Σε ένα σωλήνα κανονικά επιτρέπεται να είναι οι αγωγοί ενός μόνου κυκλώματος ή οι αγωγοί περισσότερων κυκλωμάτων που προστατεύονται όμως από την ίδια διάταξη προστασίας (ασφάλεια ή μικροαυτόματο διακόπτη).

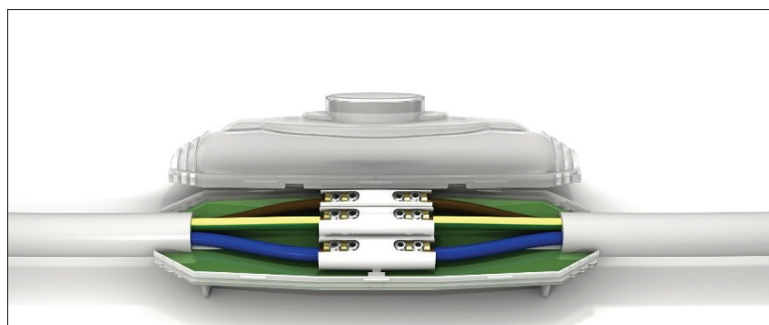
Για την εγκατάσταση των σωλήνων χρειάζονται διάφορα παρελκόμενα εξαρτήματα (σχήμα 4). Αυτά είναι: σύνδεσμοι (ή μούφες) για την ένωση δύο τμημάτων σωλήνων μεταξύ τους, καμπύλες, γωνίες ή και διακλαδωτήρες ταυ για την αλλαγή όδευσης των σωλήνων, περιλαίμια στήριξης για τη στήριξη σε ορατές εγκαταστάσεις, προστόμια (ή ρακόρ) για τη σύνδεση με συσκευές σε μόνιμη θέση και κουτιά διακλάδωσης όπου απαιτείται διακλάδωση οριζόντιας ή κατακόρυφης διεύθυνσης.

Μέσα στα κουτιά διακλάδωσης η σύνδεση των αγωγών θα πρέπει να γίνεται με διακλαδωτήρες και σε καμία περίπτωση με φυσική σύνδεση (ένωση των γυμνών αγωγών μεταξύ τους με συστροφή), όπως φαίνεται στα σχήματα 5 και 6.



Ανάλογα με τον τρόπο εγκατάστασης των σωλήνων, το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 60364-5-52 αναφέρει τα προτεινόμενα χαρακτηριστικά τους

ΣΧΗΜΑ 6 (ΔΕΞΙΑ & ΚΑΤΩ): Κουτιά σύνδεσης - σύνδεσμοι (μούφες).



*Η κ. Αικατερίνη Δ. Πολυκράτη σπούδασε στη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του ΕΜΠ, από την οποία έλαβε και το διδακτορικό της δίπλωμα. Εργάζεται στην ίδια Σχολή ως Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό από το 2001 στο εργαστήριο Υψηλών Τάσεων και Ηλεκτρικών Μετρήσεων. Είναι συσυγγραφέας του βιβλίου «Σχέδιο για ηλεκτρολόγους μηχανικούς οικιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις» (από το οποίο έχουν ανιληθεί όλες οι εικόνες του άρθρου).