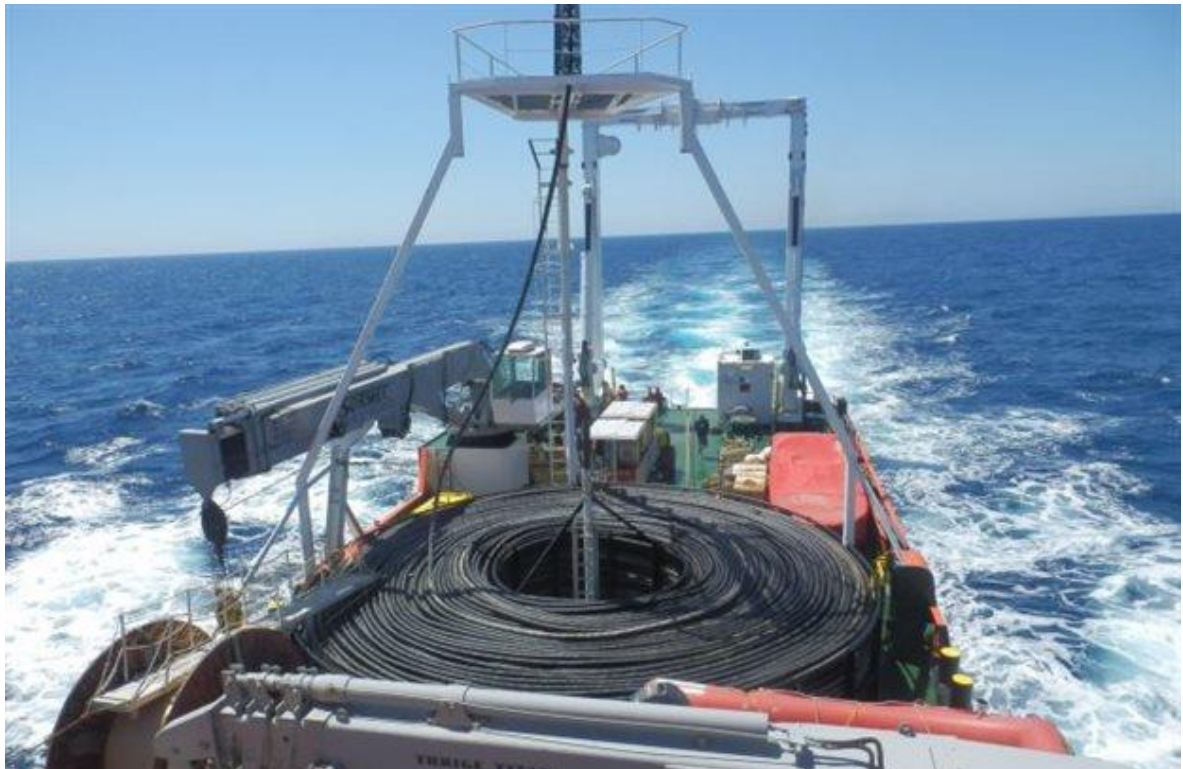


Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

**«ΥΠΟΒΡΥΧΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ
ΣΕ ΝΗΣΙΩΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ»**



Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Σταύρος Καμινάρης, Επίκουρος Καθηγητής
Σπουδαστές: Γεωργίου Αργύρης
Καρακώστας Κώστας

ΑΙΓΑΛΕΩ 2016

Copyright © Α. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. Allrightsreserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ' ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Α. Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Σταύρο Καμινάρη, με τον οποίο είχα άριστη συνεργασία και βοήθεια όποτε χρειαζόμουν το οτιδήποτε. Θα ήθελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μου με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μου.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	iii
Περιεχόμενα	iv
Λίστα γραφημάτων.....	vii
Λίστα πινάκων	viii
Summary	1
Εισαγωγή.....	2
Πρόλογος	4
1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	5
«ΤΥΠΟΙ ΥΠΟΒΡΥΧΙΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ, ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ».....	5
1.1 Εισαγωγή στα υποβρύχια καλώδια διανομής σε νησιωτική περιοχή.....	5
1.2 Διαφορές υπογείων και υποβρυχίων καλωδίων XLPE	9
1.2.1 Διαφορές καλωδίων AC –XLPE και DC.....	10
1.2.2 Είδη υποβρυχίων καλωδίων	12
1.2.3 Μονοπολικό καλώδιο 1x95 mm ² χαλκού 11.6/20 KV	12
1.2.4 Καλώδιο 3x35 mm ² AL 11.6/20 KV	14
1.2.5 Καλώδιο 3x35 mm ² χαλκού 11.6/20 KV.....	16
1.3 Τριπολικά καλώδια.....	17
1.3.1 Επιλογή μεταξύ ενός τριπολικού καλωδίου και τριών μονοπολικών καλωδίων.....	19
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	22
«ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΒΡΥΧΙΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ».....	22
2.1 Τρόπος εγκατάστασης υποβρυχίων καλωδίων.....	23
2.1.1 Προσγείωση υποβρυχίων καλωδίων	25

2.2 Επιλογή της κατάλληλης διαδρομής του καλωδίου	30
2.3 Σύνδεση των υποβρυχίων καλωδίων.....	33
2.3.1 Κατά σειρά συνδέσεις καλωδίων	35
2.4 Προστασία υποβρυχίων καλωδίων.....	39
2.4.1 Μέθοδος προστασίας υποβρυχίων καλωδίων με χαρακώματα	39
2.4.2 Μέθοδος προστασίας υποβρυχίων καλωδίων με υδροβολή.....	42
2.4.3 Άλλοι μέθοδοι προστασίας.....	44
2.4.4 Προστασία των καλωδίων μετά την εγκατάστασή τους.....	47
3^ο Κεφάλαιο	49
«ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΥΠΟΒΡΥΧΙΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ»	49
3.1 Τα αίτια για την ύπαρξη των βλαβών.....	51
3.2 Βλάβες κατά την διάρκεια της εγκατάστασης.....	52
3.2.1 Άλλες Βλάβες	55
3.2.2 Βλάβες συνδέσεων	57
3.3 Μέθοδος TDR (Time Domain Reflectometry)	58
3.4 Επισκευές υποβρυχίων καλωδίων	62
3.5 Εφεδρικό καλώδιο	63
3.6 Τα σκάφη επισκευής βλαβών των υποβρυχίων καλωδίων.....	66
3.7 Απρόβλεπτες βλάβες	75
3.7.1 Εντοπισμός της βλάβης κατά μήκος της εγκατάστασης του καλωδίου	76
3.7.2 Στατιστική κατανομή των βλαβών	77
4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	79
«ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ».....	79
4.1 Σύστημα μέτρησης θερμοκρασίας (DTS)	81

4.2 Συντήρηση καλωδίων εμποτισμένης μάζας και XLPE	83
4.2.1 Τερματισμοί υποβρυχίων καλωδίων	84
4.3 Αξιοπιστία των υποβρυχίων καλωδίων	85
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	87
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	99

Λίστα γραφημάτων

Γράφημα 1	86
Γραφημα 2	88
Γραφημα 3	89

Λίστα πινάκων

Πίνακας 1.....	82
Πίνακας 2.....	83
Πίνακας 3.....	84
Πίνακας 4.....	86
Πίνακας 5.....	88
Πίνακας 6.....	89
Πίνακας 7.....	90
Πίνακας 8.....	91
Πίνακας 9.....	92

Summary

With the term submarine power cable we name the cables which are suitable for carrying electric power below the surface of the water in lakes, rivers and seas. The submarine cables for carrying electric power exist above one century however their use have become more important in the last decades. In the first years, the submarine power cables were used for carrying electric power to isolated coastal installations as lighthouses etc. Later the main aim of submarine power cables was to carry electric power to coastal islands. In this way it replaced the often insufficient produced electric energy from the diesel generators. The maximum length of these cables is 10-30km. Because of the increased demand of electric power in the islands often more cables are placed which follow different ways, in order to decrease the dangers and increase the availability of electric power in the islands. Islands with an autonomous electric power production are sometimes connected with the mainland or the nearby islands to increase the availability of electric energy.

The provision of the islands can also be ensured from other cables even in the event of cable failure. For low voltages cables insulation of impregnated paper or a solid insulation is used, provided that the small weight is a factor of decisive importance. For intermediate and high voltages, submarine cables are insulated with impregnated paper. Since they are subject to strong vibrations, they are provided with a strengthened special lead alloy jacket.

The reinforcement consists, for the single core cables of smaller wires of nonmagnetic material with high breaking load, and for the multi core cables from smaller zinc plated steel wires. If it is essential the submarine cables are also provided by a second armament (double armament cables). The double armament cables are usually provided parts of submarine cables that are found in beaching coastlines. In the modern days, the connection of coastal installations is again in the epicentre. Oil and gas production units require connection to the mainland by underwater cables of some tens of kilometres that can reach up to 160 kilometres per part, as also and the wind farms so that they can supply the onshore grids.

The experience derived from the development of gas and oil industry in marine areas in the last twenty years has given a series of significant information and experience to people who operate the submarine cable laying vessels and the overall design and preparation of any undersea cable. The thriving industrial development in the design and production of new models of cables, such as fibre cables even fed more acme to technical lay of submarine cables and advanced the mode of construction of the respective plants. The seabed survey is performed much more easily in the modern era than it was the case 20 years earlier thus giving us the opportunity to study closely the seabed and avoid any potential adverse situation in which the cable may be found.

Εισαγωγή

Με τον όρο υποβρύχια καλώδια διανομής ηλεκτρικού ρεύματος ονομάζουμε τα καλώδια τα οποία είναι κατάλληλα για τοποθέτηση εντός των λιμνών, των ποταμών και θαλασσών. Τα υποβρύχια καλώδια διανομής ηλεκτρικού ρεύματος υπάρχουν πάνω από έναν αιώνα όμως η χρήση τους έχει γίνει σημαντικότερη τις τελευταίες δεκαετίες. Τα πρώτα χρόνια, τα υποβρύχια καλώδια διανομής χρησιμοποιήθηκαν για τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος σε απομονωμένες παράκτιες εγκαταστάσεις όπως φάροι κ.τ.λ. Αργότερα ο κύριος σκοπός των υποβρυχίων καλωδίων διανομής ήταν η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε παράκτια νησιά.

Με αυτόν τον τρόπο αντικαταστάθηκε η συχνά ανεπαρκή παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τις γεννήτριες πετρελαίου. Το μέγιστο μήκος των καλωδίων αυτών είναι 10-30 χλμ. Λόγω της αυξανόμενης ζήτησης στο νησί συχνά τοποθετούνται πρόσθετα καλώδια τα οποία ακολουθούν διαφορετικές διαδρομές για να μειώσουν τους κινδύνους και να αυξήσουν την διαθεσιμότητα της ηλεκτρικής ενέργειας στο νησί. Επίσης τα νησιά με μια αυτόνομη παροχή ηλεκτρικού ρεύματος συνδέονται μερικές φορές με την ηπειρωτική χώρα ή τα κοντινότερα νησιά προκειμένου να αυξηθεί η διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας.

Η τροφοδοσία του νησιού μπορεί επίσης να εξασφαλιστεί από άλλα καλώδια ακόμη και σε περίπτωση μιας αποτυχίας καλωδίου. Για τις χαμηλές τάσεις χρησιμοποιούνται καλώδια τα οποία έχουν μόνωση με εμποτισμένο χαρτί ή με μία στερεή μόνωση, εφόσον το μικρό βάρος αποτελεί παράγοντα αποφασιστικής σπουδαιότητας. Για τις μεσαίες και υψηλές τάσεις τα υποβρύχια καλώδια είναι καλώδια μονωμένα με εμποτισμένο χαρτί. Δεδομένου ότι αυτά υπόκεινται σε ισχυρές δονήσεις, εφοδιάζονται με ενισχυμένο μολύβδινο μανδύα από ειδικό κράμα.

Ο οπλισμός αποτελείται, για τα μεν μονοπολικά καλώδια από συρματίδια μη μαγνητικού υλικού υψηλού φορτίου θραύσεως, για τα δε πολυπολικά καλώδια από χαλύβδινα επιψευδαργυρωμένα συρματίδια. Έαν κριθεί απαραίτητο τα υποβρύχια καλώδια εφοδιάζονται και από άλλον οπλισμό (καλώδια διπλού οπλισμού). Με διπλού οπλισμού καλώδια εφοδιάζονται συνήθως τα τμήματα των υποβρυχίων καλωδίων που βρίσκονται σε ακτές προσαιγιαλώσεως. Στις σύγχρονες ημέρες, η σύνδεση των παράκτιων εγκαταστάσεων είναι πάλι στο επίκεντρο.

Οι μονάδες παραγωγής πετρελαίου και αερίου χρειάζονται σύνδεση με την ξηρά με υποβρύχια καλώδια κάποιων δεκάδων χιλιομέτρων που μπορούν να φτάσουν και τα 160 χιλιόμετρα ανα τμήμα, όπως επίσης και τα αιολικά πάρκα ώστε να τροφοδοτήσουν τα χερσαία πλέγματα.

Η εμπειρία που προήλθε από την ανάπτυξη της βιομηχανίας γκαζιού και πετρελαίου στις θαλάσσιες περιοχές την εικοσαετία αυτή, έχει δώσει με τη σειρά της σημαντική πληροφόρηση αλλά και εμπειρία στα άτομα που λειτουργούν τα σκάφη τοποθέτησης υποβρυχίων καλωδίων αλλά και στη γενική σχεδίαση και ετοιμασία της κάθε υποθαλάσσιας καλωδίωσης. Η ακμάζουσα βιομηχανική ανάπτυξη στον τομέα σχεδίασης και παραγωγής νεών μοντέλων καλωδίων, όπως τα ινώδες καλώδια τροφοδότησαν ακόμα περισσότερο την ακμή στην τεχνική τοποθέτησης υποβρυχίων καλωδίων και τελειοποίησης του τρόπου κατασκευής των αντιστοιχών εγκαταστάσεων.

Η έρευνα του θαλάσσιου πυθμένα εκτελείται πολύ πιο εύκολα στη σύγχρονη εποχή από ότι συνέβαινε 20 χρόνια νωρίτερα δίνοντας μας έτσι την δυνατότητα του να μελετήσουμε από κοντά τον πυθμένα της θάλασσας και να αποφύγουμε την όποια πιθανή δυσμενή κατάσταση, στην οποία πιθανόν το καλώδιο να βρεθεί.

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό την μελέτη όλων των σταδίων μιας υποβρύχιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και της κατανόησης των διαδικασιών που θα την επιτύχουμε.

Στο κεφάλαιο 1 παρατίθενται μια εισαγωγή στα υποβρύχια καλώδια διανομής σε νησιωτικές περιοχές, αναλύονται τα είδη των καλωδίων που χρησιμοποιούνται στις συγκεκριμένες εγκαταστάσεις καθώς και τα κριτήρια όπου γίνεται η επιλογή ενός τριπολικού ή τριών μονοπολικών καλωδίων.

Στο κεφάλαιο 2 παρατίθενται η περιγραφή του τρόπου εγκατάστασης και προσγείωσης των υποβρυχίων καλωδίων, η επιλογή της κατάλληλης διαδρομής καλωδίου καθώς και το πώς επιτυγχάνουμε την σύνδεση μεταξύ τους. Επίσης αναλύονται και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την προστασία των υποβρυχίων καλωδίων έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία της υποβρύχιας εγκατάστασης.

Στο κεφάλαιο 3 παρατίθενται οι βλάβες οι οποίες παρουσιάζονται στα υποβρύχια καλώδια διανομής τα αίτια τους καθώς και οι τρόποι αντιμετώπισης των βλαβών αυτών.

Στο κεφάλαιο 4 παρατίθενται οι μέθοδοι με τις οποίες θα επιτύχουμε την σωστή λειτουργία των υποβρυχίων καλωδίων σε βάθος χρόνου όπως επίσης και την σωστή συντήρηση της υποβρύχιας εγκατάστασης.

Τέλος στο πειραματικό μέρος παρατίθενται τα στοιχεία μιας πραγματικής εγκατάστασης για το σύμπλεγμα νησιών των βορείων σποράδων μεταξύ της Σκιάθου-Σκοπέλου-Αλονήσου. Ακόμα περιλαμβάνονται πίνακες που δείχνουν τις προβλέψεις για την αύξηση ή μείωση των φορτίων που θα χρειάζεται το σύμπλεγμα των νησιών σύμφωνα με τον ρυθμό ανάπτυξης τους και σε περιπτώσεις όπου θα έχουμε απώλεια καλωδίου λόγω βλάβης.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

«ΤΥΠΟΙ ΥΠΟΒΡΥΧΙΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ, ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ»

1.1 Εισαγωγή στα υποβρύχια καλώδια διανομής σε νησιωτική περιοχή

Οι υποβρύχιες διασυνδέσεις της διανομής αποσκοπούν, κατά γενικό κανόνα, στην διακοπή λειτουργίας τοπικών σταθμών παραγωγής των νησιών ή την αποφυγή εγκαταστάσεως νέων σταθμών παραγωγής όταν πρόκειται για νησιά που ηλεκτροδοτούνται για πρώτη φορά. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, που τα υποβρύχια καλώδια τοποθετούνται για να διασυνδέσουν δύο υφιστάμενα δίκτυα.

Η κατασκευή μιας νέας υποβρύχιας διασύνδεσης προτείνεται από την αρμόδια διεύθυνση περιφέρειας, στην οποία ανήκει το προς διασύνδεση νησί. Καθοριστικός παράγοντας για την διαπίστωση της ανάγκης κατασκευής νέας διασύνδεσης είναι η εξέλιξη των καμπυλών ζήτησης φορτίων καθώς και η πρόβλεψη μελλοντικής οικιστικής ή βιομηχανικής ανάπτυξης στην υπό εξέταση περιοχή.

Για τον σκοπό αυτό συντάσσεται από τον αρμόδιο τομέα γραμμών προμελέτη η οποία εξετάζει στοιχεία από χάρτες υδρογραφικής υπηρεσίας, τις τοπικές συνθήκες σε πιθανές θέσεις προσαιγιαλώσεων, τις θέσεις υπαρχόντων χερσαίων δικτύων μέσης τάσης, πληροφορίες ειδικών συνθηκών οι οποίες παρέχονται από τοπικούς φορείς. Η εξέταση και η αξιολόγηση των ανωτέρω πληροφοριών οδηγεί στον εντοπισμό των πλέον πλεονεκτικών θέσεων προσαιγιαλώσεως σε κάθε μία από τις προς διασύνδεση ακτές.

Η εκπόνηση της οριστικής μελέτης με βαρύτητα στις γεωλογικές και γεωφυσικές εργασίες από το 1995 και μετά γίνεται απο εξειδικευμένα γραφεία σε θαλάσσια τοπογραφικά έργα με βάση τα στοιχεία της προμελέτης. Η εξέλιξη της τεχνολογίας προσφέρει πλέον δυνατότητες παροχής πληροφοριών που αφορούν τον βυθό χρησιμοποιώντας εξειδικευμένο εξοπλισμό όπως π.χ. ηχοβολιστές πλευρικής σάρωσης (sidescan sonar) πολλαπλών ή απλών δεσμών μεγάλης ακρίβειας. Η έρευνα μεταλλικών αντικειμένων (ναυάγια, νάρκες κτλ) γίνεται με χρήση ρυμουλκούμενου μαγνητόμετρου ενώ υπάρχει η δυνατότητα προσδιορισμού της σύστασης του πυθμένα με χρήση σεισμικού τομογράφου προκειμένου να διαπιστωθούν οι δυνατότητες ταφής του προς εγκατάσταση υποβρυχίου καλωδίου.

Η κατασκευή των υποβρυχίων καλωδίων γίνεται σύμφωνα με της εξής προδιαγραφές :

- GR -214 η οποία αφορά οπλισμένα τριπολικά ή μονοπολικά καλώδια ακτινικού πεδίου με χάρτινη μόνωση εμποτισμένη με μονωτικό λάδι, μολύβδινο μανδύα (κοινό για τα τριπολικά) και εξωτερικό περίβλημα από εμποτισμένη ιούτα.
- ΤΠ – 195 η οποία αφορά οπλισμένα τριπολικά καλώδια με μόνωση από διασταυρωμένο πολυαιθυλένιο (X-LPE), μεταλλική θωράκιση, με ανεξάρτητο μολύβδινο μανδύα σε κάθε φάση, με κατάλληλες προστασίες έναντι διαμήκους διείδυσης νερού και εξωτερικό περίβλημα από νήματα πολυπροπυλενίου.

Κατά τις πρώτες δεκαετίες εγκατάστασης Υποβρυχίων Καλωδίων (αρχές δεκαετίες 1960) η προστασία τους έναντι της κυματικής δράσης περιοριζόταν σε ταφή τους σε βάθος 1,0 m υπό τον βυθό και μέχρι βάθους θάλασσας 3 m. Από το 1980 και μετά η προστασία δια ταφής επεκτάθηκε μέχρι την ισόβαθη των 5 m. Από το 2000 και εξής τυποποιήθηκε η προστασία των Υποβρυχίων Καλωδίων έναντι κυματικής δράσης και έναντι παράκτιου αγκυροβολισμού με ταφή τους μέχρι το βάθος των 20 m , σε βάθη υπό τον πυθμένα ως εξής:

- Σε βραχώδη πυθμένα βάθος χάνδακος min 0,60 m
- Σε ημιβραχώδη πυθμένα βάθος χάνδακος min 0,80 m
- Σε αμμώδη πυθμένα βάθος χάνδακος min 1,0 m

Σε ειδικές περιπτώσεις έντονου ανάγλυφου του πυθμένα και επακόλουθης αδυναμίας χρησιμοποίησης εκσκαπτικών εργαλείων χρησιμοποιούνται, ανάλογα με τις προβλέψεις της μελέτης, σακκόλιθοι σκυροδέματος ή χυτοσίδηρα συναρμολογούμενα αρθρωτά κέλυφοι. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις βυθού αποτελούμενου από συμπαγή βράχο, σε περιοχές όπου δεν είναι δυνατή η προσέγγιση ή η αποτελεσματική εργασία χερσαίου ή ναυτικού τύπου εξοπλισμού εκσκαφής, εφαρμόζεται η πάκτωση του καλωδίου επί του βράχου με χρήση ανοξειδωτων στηριγμάτων.

Για λόγους μηχανικής αντοχής τα υποβρύχια καλώδια φέρουν οπλισμό που αποτελείται από χαλύβδινα επιψευδαργυρωμένα σύρματα ή σύρματα από ανοξειδωτο χάλυβα ή ακόμη σύρματα από κράμα αλουμινίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις τα σύρματα οπλισμού είναι επενδυμένα με PVC. Τα σύρματα αυτά καλύπτουν πλήρως την κυλινδρική επιφάνεια του καλωδίου.

Η όλη καταπόνηση του καλωδίου κατά την πόντιση, που οφείλεται στο βάρος του, σε συνδυασμό με τους λοιπούς παράγοντες (βάθος θάλασσας, γωνία πόντισης κλπ.), θεωρείται ότι παραλαμβάνεται από τον οπλισμό και μόνο. Για το σκοπό αυτό ο οπλισμός υπολογίζεται με συντελεστή ασφαλείας ίσο με 5.

Μέχρι το 1980, για την αύξηση της μηχανικής προστασίας από εξωτερικές επεμβάσεις τα άκρα των υποβρυχίων καλωδίων ενισχύονται κατά κανόνα με δεύτερη στρώση συρμάτων οπλισμού, (διπλός οπλισμός) σε μήκος τουλάχιστον 300 m από κάθε πλευρά και μέχρι βάθους θάλασσας 8 m περίπου. Η δεύτερη αυτή στρώση του οπλισμού, εκτός από την άμεση αύξηση του κόστους, προϋποθέτει την κατασκευή του καλωδίου στο επακριβώς προκαθορισμένο από την μελέτη μήκος της διασύνδεσης. Έτσι, δεδομένου ότι πάντα αφήνεται ένα περιθώριο ασφαλείας στο μήκος αυτό, όχι μόνο δεν καθίσταται δυνατό να αποκοπεί, μετά την πόντιση, το περίσσευμα του καλωδίου και να χρησιμοποιηθεί σαν εφεδρικό για την αντιμετώπιση μελλοντικών βλαβών, αλλά ποντίζεται υποχρεωτικά και αυτό, αυξάνοντας χωρίς άλλο λόγο την διαδρομή του καλωδίου, με ανοικτές καμπύλες πριν από την περιοχή της τερματικής προσαιγιάλωσης.

Για την προστασία των καλωδίων από τις διαβρώσεις εφόσον αυτά ποντίζονται σε νερά που περιέχουν επικίνδυνες χημικές ουσίες, χρησιμοποιείται στρώμα θερμοπλαστικής ύλης πάνω στον μολύβδινο μανδύα. Για εξωτερικό προστατευτικό περίβλημα χρησιμοποιούνται νήματα ιούτης ειδικά κατεργασμένα. Η πόντιση και η προσεγιάλωση των υποβρυχίων καλωδίων γίνεται με ειδικό καλωδιακό πλοίο και συνεργείο, η μέθοδος εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Εφόσον τα υποβρύχια καλώδια κατά την προσαιγιάλωση δεν τοποθετούνται κάτω από τον βυθό, αυτά προστατεύονται από ειδικά προστατευτικά καλύμματα ειδικά μελετημένα.

Τα υποβρύχια καλώδια λόγω της φύσης τους, κατασκευάζονται σε συνεχή μήκη προκειμένου να αποφευχθούν συνδέσεις εντός της θάλασσας. Όταν όμως κριθεί αναγκαία η κατασκευή υποβρύχιας σύνδεσης, αυτή γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζουν πλήρως την ηλεκτρική και μηχανική συνέχεια του καλωδίου. Για την επιλογή του κατάλληλου τρόπου διασύνδεσης για κάθε τύπου καλωδίου είναι απαραίτητη η τεχνογνωσία και η μελέτη της σύστασης του βυθού και των ακτών προσαιγιάλωσης, η περιοχή όπου θα γίνει η πόντιση καθώς και τα τυχόν θαλάσσια ρεύματα.

Τα υποβρύχια καλώδια μετά την έξοδο τους από την θάλασσα συνεχίζουν την διαδρομή τους μέσα σε υπόγειο χαντάκι βάθους τουλάχιστον 1 m μέχρι το σημείο ζεύξης με τις αντίστοιχες εναέριες ή υπόγειες γραμμές. Η ζεύξη με το εναέριο δίκτυο γίνεται κατά κανόνα υπαίθρια εκτός από ειδικές περιπτώσεις μεγάλου κινδύνου καθαλατώσεων, οπότε κατασκευάζονται οι οικίσκοι ζεύξεως με εξοπλισμό εσωτερικού χώρου. Δεδομένου ότι η επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος των υποβρυχίων καλωδίων μέσα στο νερό είναι μεγαλύτερη από ότι στο έδαφος ή στον αέρα, στις περιπτώσεις όπου είναι απαραίτητη η εκμετάλλευση όλης της ικανότητας των υποβρυχίων καλωδίων, χρησιμοποιούνται υπόγεια καλώδια μεγαλύτερης διατομής για τα εκτος θαλάσσης τμήματα της διασύνδεσης. Η σύνδεση των δύο καλωδίων γίνεται με ειδικούς υπόγειους συνδέσμους μετάβασης μεταξύ υποβρυχίου και χερσαίου καλωδίου, οι οποίοι εγκαθίστανται στην ακτή σε θέση που να διαβρέχεται συνεχώς από το νερό.

Σε όλες κατά κανόνα τις υποβρύχιες διασυνδέσεις η εφεδρεία της τροφοδοτήσεως εξασφαλίζεται στην περίπτωση τριπολικού καλωδίου με ένα δεύτερο της ίδιας διατομής και στην περίπτωση μονοπολικών καλωδίων με την εγκατάσταση ενός τέταρτου ομοίου καλωδίου. Για λόγους οικονομίας όλα τα καλώδια μιας διασύνδεσης τοποθετούνται συνήθως στο ίδιο χαντάκι τόσο στην ξηρά όσο και στην θάλασσα. Μετά την έξοδο τους από το χαντάκι του βυθού μέσα στην θάλασσα απομακρύνονται και στην συνέχεια, ακολουθούν παράλληλες διαδρομές σε αποστάσεις μεταξύ τους, τέτοιες που να είναι εύκολη, σε περίπτωση βλάβης ή καταστροφής να γίνεται εύκολη η ανέλκυση του συγκεκριμένου καλωδίου. Κατά γενικό κανόνα η απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών υποβρυχίων καλωδίων επιδιώκεται να είναι ίση περίπου με το διπλάσιο του μέγιστου βάθους της διαδρομής.

Η πόντιση των υποβρυχίων καλωδίων γίνεται με ειδικά πλοία (καλωδιόπλοια) που διαθέτουν αφενός τον κατάλληλο χώρο για την αποθήκευση του καλωδίου και αφετέρου τα απαραίτητα για την πόντιση όργανα, μηχανήματα και εξοπλισμό. Για την πόντιση υποβρυχίου καλωδίου μεγάλου μήκους είναι απαραίτητο το καλωδιόπλοιο να είναι εφοδιασμένο με κατάλληλα ηλεκτρονικά όργανα ελέγχου της πορείας του, ώστε να εξασφαλίζεται η εγκατάσταση του καλωδίου στην διαδρομή που είχε επιλεγεί κατά την μελέτη.

Τα σύγχρονα καλωδιόπλοια ενσωματώνουν σύστημα κίνησης και σταθεροποίησης της θέσης τους (dynamicPositioning) καθώς και διαφορικό δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσεως (DGPS) μέγιστης απόκλισης συχνά κάτω του ενός μέτρου. Το DGPS συνεργάζεται, μέσω κατάλληλου λογισμικού, με το σύστημα δυναμικής σταθεροποίησης. Επίσης διαθέτουν τηλεκατευθυνόμενο υποβρύχιο όχημα παρακολούθησης (R.O.V) με δυνατότητες Υ/Β μαγνητοσκόπησης, Υ/Β γεωγραφικού προσδιορισμού θέσης, ηχοβολιστικού εξοπλισμού και βυθόμετρο. Κατά την διάρκεια της πόντισης υπάρχει δυνατότητα συνεχούς καταγραφής χρήσιμων στοιχείων, όπως η γεωγραφική θέση του πλωτού μέσου, το μήκος ποντισθέντος καλωδίου, η θέση των ευκάμπτων συνδέσμων, το βάθος θάλασσας, η ταχύτητα πόντισης, η γωνία πόντισης του καλωδίου και η δύναμη τάνυσης στο επίπεδο της θάλασσας, η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου. Τέλος την εκτέλεση των εργασιών αυτών θα πρέπει να υπάρξει γνωμοδότηση και έγκριση μιας σειράς φορέων που συντονίζει η αρμόδια κτηματική υπηρεσία. Στην συνέχεια θα αναλύσουμε το κάθε είδος υποβρυχίου καλωδίου καθώς και τα στάδια κατασκευής και εγκατάστασης της υποβρυχίας καλωδίωσης.

1.2 Διαφορές υπογείων και υποβρυχίων καλωδίων XLPE

Οι λόγοι για τους οποίους η χρήση των υποβρυχίων καλωδίων XLPE έχει καθυστερήσει σε σχέση με την χρήση των υπογείων οφείλεται στην ανάπτυξη αξιόπιστων εύκαμπτων εργοστασιακών συνδέσμων (ΕΕΣ) το οποίο είναι το κυριότερο εμπόδιο στην χρήση των καλωδίων με μόνωση XLPE ως υποβρυχίων. Οι ΕΕΣ πρέπει να έχουν τα ίδια γεωμετρικά, μηχανικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά με αυτά του καλωδίου προκειμένου να εξασφαλίζεται η ασφαλής πόντιση του υποβρυχίου καλωδίου. Για αυτό η τεχνολογία τους διαφέρει τελείως από την τεχνολογία των συνδέσμων για υπόγεια καλώδια. Οι υπόγειοι σύνδεσμοι είναι άκαμπτοι και η μόνωση τους περιλαμβάνει κώνους διαμόρφωσης του πεδίου με διάμετρο πολύ μεγαλύτερη εκείνης του καλωδίου. Αντίθετα οι υποβρυχίοι σύνδεσμοι πρέπει να είναι εύκαμπτοι και η μόνωση ανακατασκευάζεται διατηρώντας την διάμετρο του καλωδίου εξασφαλίζοντας παράλληλα τα ίδια μηχανικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που έχει το ίδιο το καλώδιο. Οι απαιτήσεις αυτές δημιουργούν σοβαρές δυσκολίες στην κατασκευή.

Το δεύτερο εμπόδιο που συναντάμε στα υποβρύχια καλώδια είναι η διασύνδεση μεγάλου μήκους, γιατί θα πρέπει τα επιμέρους βιομηχανικά μέρη να έχουν αρκετό μήκος ώστε ο αριθμός των ΕΕΣ να μην είναι υπερβολικός. Το τρίτο εμπόδιο είναι η ηλεκτρική δομή καλωδίου μεγάλου μήκους. Λόγω της στατιστικής φύσης των πιθανών σφαλμάτων της μόνωσης κάθε μέτρο του συνολικού μήκους πρέπει να ελεγχθεί με μια δοκιμή σειράς με αρκετή υψηλή τάση. Επειδή το συνεχές ρεύμα είναι ακατάλληλο για την δοκιμή καλωδίων XLPE απαιτείται ισχυρή γεννήτρια AC χωρητική αντίσταση ανάλογη του μήκους με πρόσθετες διατάξεις. Η ισχύ της περιορίζει και το μέγιστο μήκος καλωδίου που μπορεί να ελεγχθεί. Ενώ στην περίπτωση των υπογείων συνδέσμων οι τυχόν αστοχίες απαιτούν σχετικά περιορισμένο χρόνο επέμβασης και κόστος, στην περίπτωση των υποβρυχίων συνδέσμων ο απαιτούμενος χρόνος επέμβασης και το κόστος είναι πολλαπλά μεγαλύτερο. Για αυτό τον λόγο και η αξιοπιστία των υποβρυχίων συνδέσμων πρέπει να είναι πολύ υψηλή.

1.2.1 Διαφορές καλωδίων AC –XLPE και DC

Τα πλαστικά καλώδια είναι νέα στην μεταφορά με HVDC και η τεχνολογία τους είναι σε εξέλιξη. Προηγούμενη εμπειρία σε καλώδια με μόνωση XLPE όπως τα καλώδια AC έδειξε μια προοδευτική μείωση της αρχικής υψηλής αντοχής, σε μικρό χρόνο. Το φαινόμενο οφείλεται σε ελεύθερα χωρητικά φορτία τα οποία κινούμενα μέσα σε μόνωση συγκεντρώνονται και δημιουργούν τοπικές αυξήσεις του πεδίου, που καταλήγουν σε διάσπαση της μόνωσης. Γίνεται εκτεταμένη έρευνα από τους κατασκευαστές για τον προσδιορισμό του κατάλληλου υλικού μόνωσης με βάση τις ιδιότητες των χωρητικών φορτίων, της υψηλής χωρητικής αντίστασης και την υψηλή ηλεκτρική αντοχή. Αντίστοιχα προχωρεί η έρευνα για την ανάπτυξη της τεχνολογίας των εξαρτημάτων. Ορισμένοι χρησιμοποιούν υλικό μόνωσης με βάση το πολυαιθυλένιο.

Η μακροχρόνια συμπεριφορά τους στηρίζεται μέχρι τώρα σε μοντέλα και υπολογισμούς και στο βαθμό που οι δοκιμές μπορούν να δώσουν στοιχεία για την πιθανή γήρανση. Έχουν αναπτυχθεί δύο τύποι μετατροπέων AC/DC. Ο χρησιμοποιούμενος από παλαιότερα τύπος (LCC), με βάση τις βαλβίδες Thyristors, ο οποίος λειτουργεί μεταξύ ισχυρών συστημάτων AC και ο νεότερος τύπος (VSC), με βάση τα Transistors, ο οποίος μπορεί να τροφοδοτήσει και συστήματα χωρίς παραγωγή. Στον τύπο VSC είναι δυνατή η αλλαγή φοράς της ενέργειας χωρίς αναστροφή πολικότητας, γεγονός που μειώνει την καταπόνηση του καλωδίου, και διαφοροποιεί αντίστοιχα τις προδιαγραφόμενες δοκιμές παραλαβής.

Οι απώλειες στον τύπο αυτό μετατροπής είναι σχετικά αυξημένες. Οι δύο λύσεις που προτείνονται είναι: Καλώδια AC με μόνωση XLPE, μονοπολικά σε τριγωνική διάταξη ως υπόγεια και τριπολικά ως υποβρύχια και καλώδια DC με «πλαστική» κυρίως μόνωση σε συνδυασμό με μετατροπέα τύπου VSC.

Στην πρώτη περίπτωση επειδή η μόνωση από XLPE παρουσιάζει σημαντικά μικρότερα χωρητικά φορτία από ότι στα καλώδια χαρτιού, οι ανάγκες αντιστάθμισης μειώνονται και το εφικτό μήκος της διασύνδεσης μπορεί να αυξηθεί τόσο στην περίπτωση των υπογείων όσο και των υποβρυχίων διασυνδέσεων. Επιπλέον για τα υποβρύχια καλώδια δεν υπάρχει ο περιορισμός του μήκους από υδραυλικά αίτια όπως στα καλώδια λαδιού. Η διατήρηση των τριών φάσεων σε επαφή, μηδενίζει σχεδόν τις ωμικές απώλειες από ρεύματα εξ επιστροφής, στις εξωτερικές μεταλλικές στρώσεις του καλωδίου. Οι απώλειες αυτές είναι σημαντικές όταν οι τρεις φάσεις είναι απομακρυσμένες μεταξύ τους. Με τη λύση αυτή είναι δυνατές υποβρύχιας ζεύξεις της τάξεως των 200 χλμ με αντιστάθμιση στα δύο άκρα.

Η χρησιμοποίηση ρυθμιζόμενης ηλεκτρονικά αντιστάθμισης (SVC) αυξάνει τις δυνατότητες. Στην δεύτερη περίπτωση των καλωδίων DC δεν υπάρχει περιορισμός μήκους είτε για υπόγειες είτε για υποβρύχιας ζεύξεις. Η οικονομική σύγκριση των δύο λύσεων πρέπει να αναφέρεται στην κάθε ειδική περίπτωση. Όμως σε γενικές γραμμές η λύση DC μπορεί να γίνει οικονομικά ισοδύναμη με τη λύση AC για πολύ μεγάλα μήκη διασυνδέσεων.

1.2.2 Είδη υποβρυχίων καλωδίων

- Μονοπολικό καλώδιο 1x95 mm² χαλκού 11.6/20 KV
- Καλώδιο 3x35 mm² AL 11.6/20 KV
- Καλώδιο 3x35 mm² χαλκού 11.6/20 KV

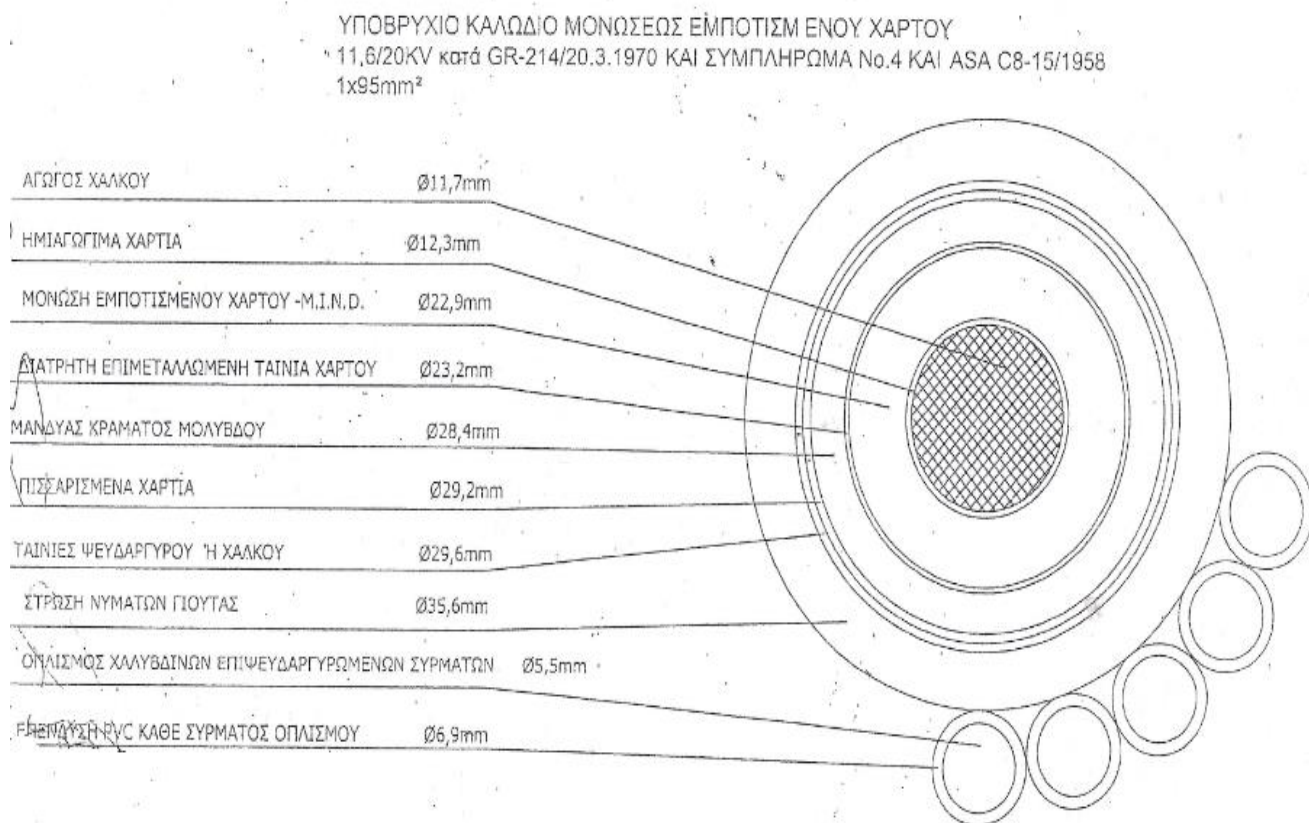
1.2.3 Μονοπολικό καλώδιο 1x95 mm² χαλκού 11.6/20 KV

Είναι μονοπολικό υποβρύχιο καλώδιο μονωμένο με εμποτισμένο χαρτί, το οποίο έχει μανδύα από κράμα μολύβδου για την προστασία κατά της φθοράς που προκαλείται λόγω του βυθού και απλού σπλισμού από χαλύβδινα επιψευδαργυρωμένα σύρματα με επένδυση με ειδικό PVC.

Τεχνικά χαρακτηριστικά καλωδίου

- Πολύκλωνος αγωγός χαλκού συμπιεσμένος
- Περιέλιξη δύο ημιαγώγιμων χαρτιών.
- Μόνωση εμποτισμένου χάρτου.
- Περιέλιξη των μονωμένων αγωγών με διάτρητη επιμεταλλωμένη ταινία.
- Εμποτισμένο με μονωμένο μείγμα NON DRAINING.
- Μολυβδένιος μανδύας- κράμα.
- Περιέλιξη δύο πιεσόμενων χάρτινων ταινιών.
- Περιέλιξη με δύο ταινίες ψευδαργύρου ή χαλκού (για την προστασία του μολύβδινου μανδύα κατά της καταπόνησης του βυθού)

- Δύο στρώσεις νήματος εμποτισμένης ιούτας.
- Οπλισμός με χαλύβδινα επιψευδαργυρωμένα σύρματα επενδυμένα με ειδικό PVC



Εικόνα 1. Μονοπολικό καλώδιο 1x95 mm² χαλκού 11.6/20 KV

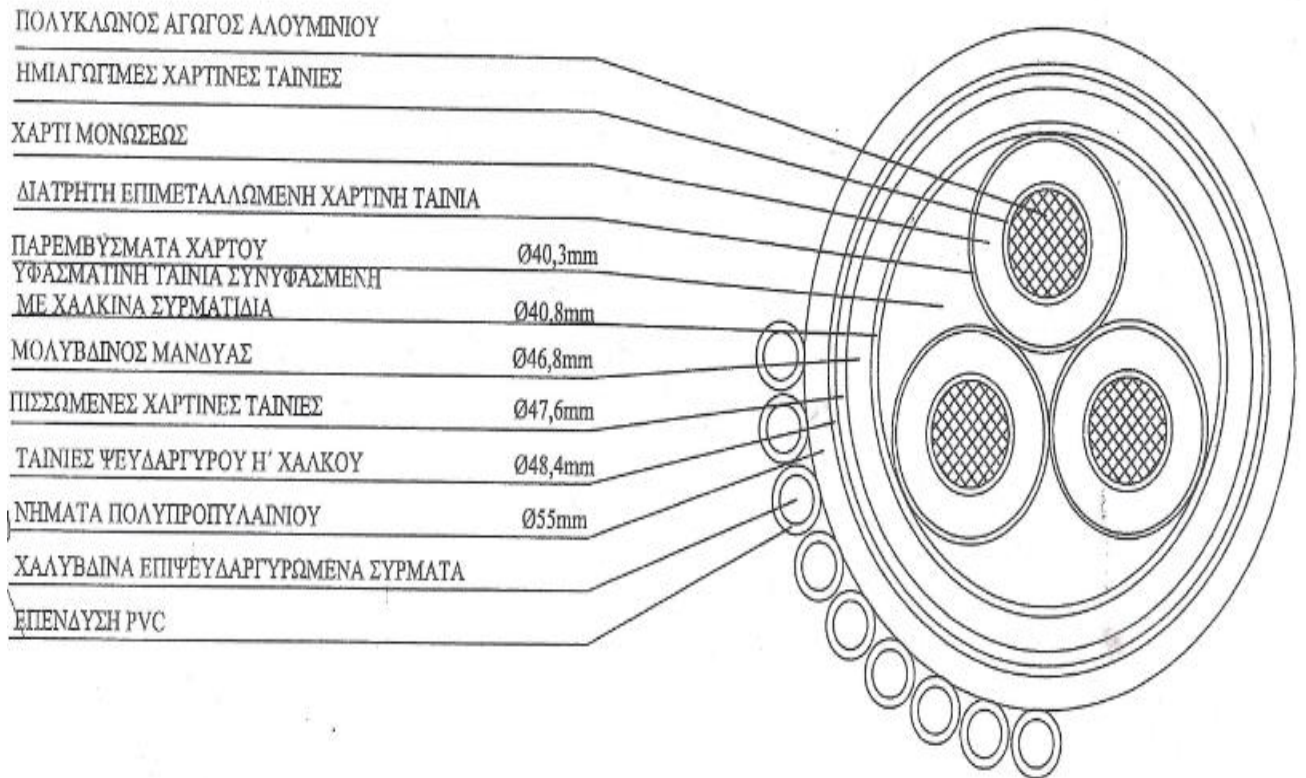
1.2.4 Καλώδιο 3x35 mm² AL 11.6/20 KV

Είναι τριπολικό υποβρύχιο καλώδιο μονωμένο με εμποτισμένο χαρτί, το οποίο έχει μανδύα από κράμα μολύβδου για την προστασία κατά της φθοράς που προκαλείται λόγω του βυθού και απλού οπλισμού από χαλύβδινα επιψευδαργυρωμένα σύρματα με επένδυση το καθένα ξεχωριστά με ειδικό PVC.

Τεχνικά χαρακτηριστικά καλωδίου

- Πολύκλωνοι αγωγοί αλουμινίου συμπιεσμένοι.
- Περιέλιξη των αγωγών με ημιαγωγίμες χάρτινες ταινίες.
- Μόνωση των αγωγών με χαρτί.
- Περιέλιξη των μονωμένων αγωγών με διάτρητη επιμεταλλωμένη ταινία.
- Οι μονωμένοι αγωγοί συστρέφονται μαζί και τα διάκενα μεταξύ τους πληρούνται με χαρτί.
- Περιέλιξη των συνεστραμμένων αγωγών με υφασμάτινη ταινία συνιφασμένη με χάλκινα σύρματα.
- Οι συνεστραμμένοι αγωγοί εμποτίζονται με μονωτικό μείγμα τύπου NONDRAINING.
- Μολύβδινος μανδύας από κράμα μολύβδου.
- Περιέλιξη με δύο πισσωμένες χάρτινες ταινίες.
- Περιέλιξη με δύο ταινίες ψευδαργύρου ή χαλκού (για την προστασία του μολύβδινου μανδύα κατά της καταπόνησης του βυθού)
- Υπόστρωμα οπλισμού-δύο στρώσεις νήματος πολυπροπυλενίου.
- Οπλισμός με χαλύβδινα επιψευδαργυρωμένα σύρματα επενδυμένα το καθένα χωριστά με ειδικό PVC

ΥΠΟΒΥΧΙΟ ΚΑΛΩΔΙΟ 3x35τ.χ AL -11,6/20KV
 ΚΑΤΑ GR-214/3.70 ΣΥΜΠΛ.1 & ASA C.8.15-1958



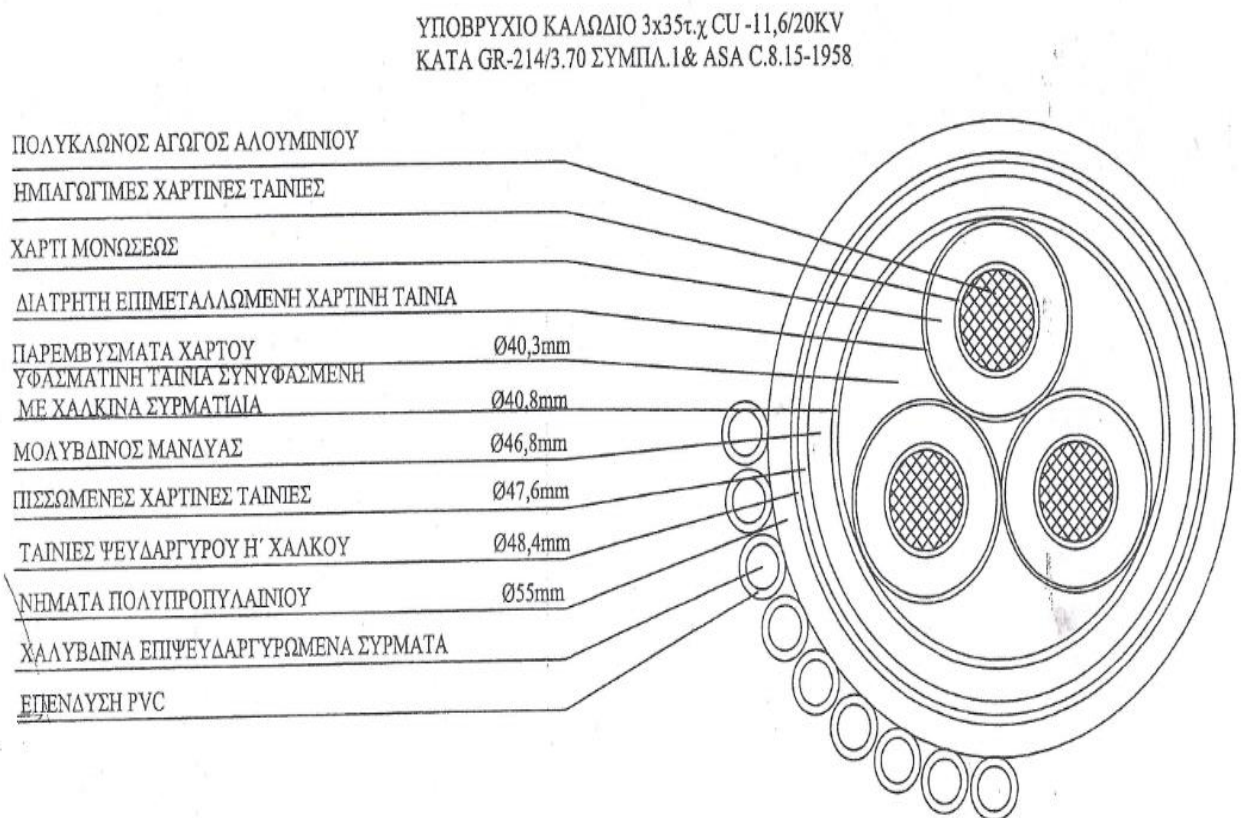
Εικόνα 2. Τριπολικό καλώδιο αργυρίου 3x35 mm²11.6/20 KV

1.2.5 Καλώδιο 3x35 mm² χαλκού 11.6/20 KV

Είναι τριπολικό υποβρύχιο καλώδιο μονωμένο με εμποτισμένο χαρτί, έχει μανδύα από κράμα μολύβδου για την προστασία κατά της φθοράς που προκαλείται λόγω του βυθού και απλού σπλισμού από χαλύβδινα επιψευδαργυρωμένα σύρματα με επένδυση το καθένα ξεχωριστά με ειδικό PVC.

Τεχνικά χαρακτηριστικά καλωδίου

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του καλωδίου αυτού είναι ακριβώς τα ίδια με του αλουμινίου με την μόνη διαφορά ότι αποτελείται από πολύκλωνους αγωγούς χαλκού συμπίεσμένους αντι για αλουμινίου.



Εικόνα 3. Τριπολικό καλώδιο χαλκού 3x35 mm² χαλκού 11.6/20 KV

1.3 Τριπολικά καλώδια

Τα σύγχρονα καλώδια μέσης τάσης συνήθως σχεδιάζονται ως τριπύρηνα (3C) με μόνωση XLPE. Ο πυρήνας των καλωδίων αυτών είναι ίδια με τον πυρήνα των καλωδίων γης. Για την εν λόγω κατηγορία υποβρυχίων καλωδιώσεων χρησιμοποιούνται αρκετές διαφορετικές εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού. Αρκετές καλωδιακές στρώσεις εφαρμόζονται είτε στο κάθενα πυρήνα ξεχωριστά είτε και στους τρεις πυρήνες από κοινού. Ακόμα περισσότερο διαπιστώνουμε την ύπαρξη διαφορετικών συνθέσεων πλέγματος.

Ανάλογα τις προδιαγραφές τα καλώδια μέσης τάσης κατασκευάζονται με ή χωρίς μεταλλικό περίβλημα. Το εξωτερικό περίβλημα του καλωδίου παρέχει ένα ασφαλές φράγμα νερού εξωτερικά καθώς και τα εσωτερικά υλικά που βρίσκονται μέσα στο καλώδιο αναλαμβάνουν την διάλυση του ελάχιστου ποσοστού υδρατμών που σχηματίζεται από το νερό, το οποίο δεν θα ζημιώσει τη μόνωση του καλωδίου.

Ένα άλλο γνωστό σύστημα είναι η χρήση ελάσματος αλουμινίου για την προστασία από τα ύδατα σε συνδυασμό με την κατασκευή ενός πλέγματος από χαλκό. Το έλασμα αλουμινίου σχηματίζει ένα ακτινωτό υδάτινο φράγμα καθώς το χάλκινο συρμάτινο πλέγμα μέσω του τρόπου κατασκευής απορροφά τα σφάλματα που δημιουργούνται στο καλώδιο.

Τα μη μεταλλικά περιβλήματα των τριπολικών υποβρυχίων καλωδίων παράγονται επί το πλείστον από ημιαγώγια υλικά. Η χωρητικότητα των ρευμάτων της τριπολικής φάσης ισορροπεί με τα πολυμερή υλικά και οδηγούμαστε στην αύξηση του ρεύματος που μπορεί να μεταφέρει το καλώδιο. Στα τριπολικά καλώδια A.C τα μαγνητικά πεδία από τους αγωγούς ρευμάτων αναιρούνται μεταξύ τους σε μεγάλο βαθμό. Κατόπιν τούτου λοιπόν, η θωράκιση μπορεί να κατασκευαστεί εξ' ολοκλήρου από ατσάλινα σύρματα προς αποφυγίν υπέρμετρης μαγνητικής απώλειας.

Τα τριφασικά καλώδια υψηλής τάσεως έχουν διάμετρο που φτάνει και ξεπερνά τα 200 mm² επειδή το πλήθος των πηνίων του μηχανήματος θωράκισης μειώνει την ποσότητα θωρακισμένων συρμάτων πάνω σε κάθε καλώδιο, αναγκαζόμαστε ορισμένες φορές να χρησιμοποιούμε επιπλέον και χοντρά χαλύβδινα σύρματα για να μπορέσουμε να καλύψουμε ολόκληρη την περιφέρεια κύκλου του καλωδίου. Για ένα καλώδιο διαμέτρου 200 mm² και μία θωράκιση χωρητικότητας 84 συρμάτων, το τμήμα συνδυασμένου χάλυβα μονής θωράκισης που βρίσκεται κατά μήκος του νερού επιθυμητά θα αγγίξει τα 3700 mm², και η θωράκιση αυτή είναι αρκετή ώστε να φτάσει το καλώδιο τα 300 m σε βάθος.

Σε περιοχές όπου έχουμε ρηχά νερά η θωράκιση των συρμάτων γίνεται όχι μόνο από χαλύβδινα τμήματα που εκτείνονται κατά μήκος του νερού αλλά και να καλύψουν την περίμετρο του καλωδίου. Ωστόσο η προστατευτική ισχύ των θωρακισμένων συρμάτων ενάντια στις εξωτερικές δυνάμεις που ασκούνται από το περιβάλλον, εξαρτάται από την διάμετρο των συρμάτων, και έτσι όσο μικρότερη γίνεται η διάμετρος τόσο μειώνεται η προστατευτική του δύναμη. Οι κατασκευαστές των καλωδίων φτιάχνουν τα καλώδια σε κυλινδρικό σχήμα λόγω του ότι είναι πιο ανθεκτικά από τις περιβαντολλογικές εξωτερικές δυνάμεις που ασκούνται σε αντίθεση αν τα έφτιαχναν σε επίπεδο σύρμα. Επομένως εάν τα κυκλικά σύρματα φαίνονται πιο ακριβά σε σύγκριση με τα επίπεδα η σταθερότητα της προστατευτικής τους ισχύς τα θέτει εντέλει φθηνότερα από τα επίπεδα. (γιατί η αντικατάσταση τους θα αργήσει να γίνει λόγω φυσικής φθώρας σε αντίθεση με τα επίπεδα).

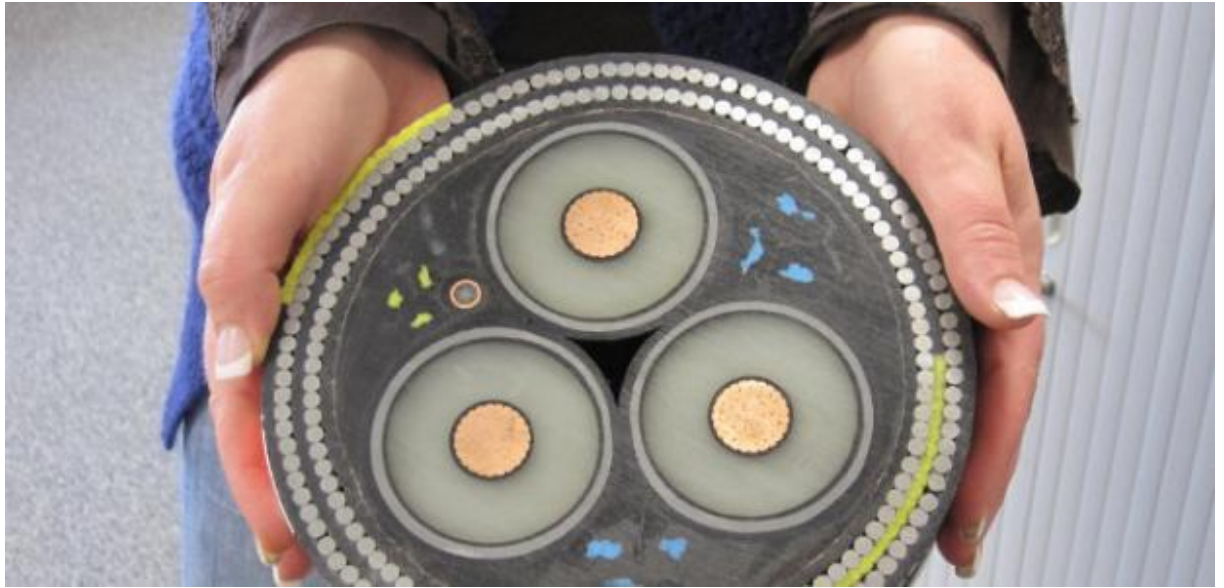
Επίσης υπάρχουν σε τριφασικά καλώδια με μόνωση κατασκευασμένα από γεμίσματα πετρελαίου μέχρι και 170 KV. Το συγκεκριμένο καλώδιο είναι πάντοτε εξοπλισμένο με χαλύβδινο μανδύα, είτε έναν χαλύβδινο μανδύα και για τους τρεις πυρήνες ή έναν για κάθε πυρήνα ξεχωριστά. Το συγκεκριμένο καλώδιο είναι ευαίσθητο στην καταπόνηση που προκαλεί η αυξημένη ζήτηση από τις εξωτερικές δυνάμεις και τις απότομες μετακινήσεις με αποτέλεσμα για κάθε περίπτωση την πλήρη καταστροφή του χαλύβδινου μανδύα.

Η χρησιμοποίηση ατομικού μανδύα χάλυβα έχει πολλά πλεονεκτήματα έναντι της χρήσης ενός κοινού μανδύα του πυρήνα καλωδίου. Τα πλεονεκτήματα αυτά είναι:

- Η μεγαλύτερη ευελιξία
- Καλύτερη σταθερότητα του χαλύβδινου περιβλήματος λόγω της μικρής διαμέτρου και του περιστροφικού πυρήνα στο κάτω μέρος του.
- Μεγαλύτερη σταθερότητα κατά την διάρκεια εγκατάστασης.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα τριφασικών καλωδίων με κοινό μανδύα χάλυβα και στους τρεις πυρήνες, είναι η ύπαρξη διάκενου που σχηματίζουν διαδρομή για το πετρέλαιο να πηγαινοέρχεται μεταξύ του κάθε πυρήνα ξεχωριστά.

Στην σημερινή εποχή όμως, για όλες τις ανάγκες διάφορων ειδών εγκαταστάσεων και τα δύο αυτά συστήματα αντικαταστάθηκαν από τα συστήματα XLPE.



Εικόνα 4. Τριπολικό καλώδιο με μόνωση XLPE

1.3.1 Επιλογή μεταξύ ενός τριπολικού καλωδίου και τριών μονοπολικών καλωδίων.

Σε κάποιες περιπτώσεις ο πελάτης έχει την δυνατότητα να επιλέξει μεταξύ της τοποθέτησης ενός τριπολικού ή τριών μονοπολικών καλωδίων. Η καλύτερη επιλογή δεν είναι δυστυχώς πάντα τόσο προφανής λόγω του ότι υπάρχουν εξωτερικοί παράγοντες, όπως π.χ. τα χαρακτηριστικά της διαδρομής τοποθέτησης καλωδίου, τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης καθώς και οι μέθοδοι προστασίας που θα χρησιμοποιηθούν, οι εργασιακές προδιαγραφές και λοιπά.

Οι απώλειες στην θωράκιση των τριφασικών καλωδίων είναι χαρακτηριστικά λιγότερες από αυτές των μονοφασικών και αυτά οφείλονται ότι στα τρία καλώδια τα μαγνητικά πεδία που παράγονται και από τους τρεις αγωγούς ρεύματος ακυρώνονται ανα μεταξύ τους κατά μεγάλο ποσοστό.

Επί τούτου τα τρία καλώδια μπορούν να ενισχυθούν στην θωράκιση με την χρήση χαλίδυνων συρμάτων, ενώ τα μονοπολικά καλώδια επιβάλουν την εύρεση μιας περισσότερο πολύπλοκης επίλυσης του ζητήματος.

Η μικρότερη σε τιμή απώλεια που δίνει ένα τριπολικό καλώδιο μπορεί να δώσει την δυνατότητα σε ένα μικρότερο αγωγό να επιτύχει την απαιτούμενη παραγωγή ρεύματος. Από την άλλη όμως, η θερμική μεταφορά σε ένα τριπολικό καλώδιο είναι κατώτερη της θερμικής μεταφοράς που δίνει ένα σύνολο μονοφασικών καλωδίων σε απαιτούμενη απόσταση το ένα από το άλλο.

Ένα τριπολικό καλώδιο είναι καταρχάς πιο ακριβό σε σχέση με τα τρία μονοπολικά καλώδια, λόγω της διαφοράς στην τιμή των επιπλέον εργοστασιακών ρυθμίσεων και των διαβαθμίσεων στο οποίο υπόκεινται οι πυρήνες των τριπολικών καλωδίων. Λόγω των τελευταίων σύγχρονων μηχανών οι οποίες αποδίδουν την πλέξη των καλωδίων μέσα στον πυρήνα με συγκεκριμένες διαστάσεις μήκους παραγόμενου καλωδίου οι οποίες ορίζουν δυστυχώς το μήκος των τριπολικών καλωδίων σε μήκος μόνο κάποιων χιλιομέτρων δίχως αύξηση των τιμών αυτών.

Τα τελευταία 20 χρόνια τα τριπολικά καλώδια μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε μικρά μήκη, πλέον δεν ισχύει αυτό σήμερα. Ο εξοπλισμός που διαθέτει ο προμηθευτής, στα τριπολικά καλώδια τάξεως από 100 έως 170 KV δίνονται πλέον σε μήκος 50 χιλιομέτρων και άνω. Ένα τριπολικό καλώδιο XLPE μήκους 50 χιλιομέτρων και τάσης 115 KV έχει εγκατασταθεί στην Σαουδική αραβία το 2004 χωρίς να γίνει διακοπή της σύνδεσης του.

Στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι μεγαλύτερη η προτίμηση των τριπολικών καλωδίων από των μονοπολικών. Το τριπολικό καλώδιο είναι πιο εύκολο στην τοποθέτηση δίνοντας έτσι στο σκάφος την δυνατότητα φόρτωσης αρκετών καλωδιώσεων για την ολοκλήρωση όλης της πορείας καλωδίωσης. Αντίθετα τα μονοπολικά καλώδια απαιτούν αρκετές διαδρομές τοποθέτησης. Βέβαια τα μονοπολικά καλώδια μπορούν να εγκατασταθούν στο βυθό πιο εύκολα από τα τριπολικά αφού έχουν λιγότερο βάρος και επειδή είναι πιο εύκαμπτα.

Μια άλλη σημαντική πτυχή είναι η διαθεσιμότητα των καλωδιακών συστημάτων. Η εγκατάσταση των μονοπολικών καλωδίων σε κάποια απόσταση έως και αρκετές εκατοντάδες μέτρα μεταξύ τους μας παρέχουν την αποφυγή από πολλές βλάβες.

Για την εγκατάσταση τριφασικών κυκλωμάτων είναι κοινή πρακτική η τοποθέτηση τεσσάρων καλωδίων ή επτά καλωδίων για 2 τριφασικά κυκλώματα ώστε σε κάθε κύκλωμα το καλώδιο να βυθιστεί κάθετα στον πυθμένα με αποτέλεσμα να παρουσιάζει κίνδυνο να κουλουριαστεί και να προκληθεί αστάθεια στην κατεύθυνση τοποθέτησης.

Η απότομη ρίψη, ή κλίση και η περιστροφική κίνηση των πίσω τροχαλιών μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στο καλώδιο καθώς θα πέσει απότομα στον πυθμένα του βυθού. Κατά την βύθιση του καλωδίου χρησιμοποιούμε αισθητήρες καταγραφής δεδομένων όπου παίρνουμε πληροφορίες για την πορεία πτώσης του καλωδίου στον βυθό της θάλασσας. Η μη ομαλή πτώση του καλωδίου ή η ακατάλληλη ένταση του πυθμένα της θάλασσας μπορεί να αντιμετωπιστεί με μια πιο γρήγορη περιστροφή του καλωδίου που είναι πάνω στην τροχαλία ή με μία επιτάχυνση της ταχύτητας του σκάφους.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

«ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΠΟΒΡΥΧΙΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ»

Η εγκατάσταση των υποβρυχίων καλωδίων έχει αναπτυχθεί σημαντικά σε πολλές απόψεις κατά τη διάρκεια των τελευταίων 20 ετών. Η εγκατάσταση των υποβρυχίων καλωδίων ρεύματος παρόλο τα σύγχρονα μέσα των τελευταίων ετών δεν είναι τόσο εύκολη υπόθεση. Τίθεται εδώ ως αναγκαιότητα, για την σωστή τοποθέτηση των καλωδίων και την άριστη έκβαση και τελική λειτουργία όλης της εγκατάστασης, ο λεπτομερής σχεδιασμός του έργου, η κατανόηση και γνώση των ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών που έχουν τα μοντέλα καλωδίων που θα χρησιμοποιηθούν, η πλήρη γνώση της υποβρύχιας διαδρομής την οποία θα ακολουθήσουν τα καλώδια αυτά και τις δυνατότητες που μας παρέχει η μηχανική εγκατάσταση που έχουμε στη διάθεση μας.

Οι συνθήκες της κάθε περίπτωσης διαφέρουν σε τόσο μεγάλο βαθμό μεταξύ τους ώστε να είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός περιθωρίου αποκλίσεων στο πλάνο υπολογισμού χρονικής διάρκειας και χρηματικού κόστους του έργου της τοποθέτησης των υποβρυχίων καλωδίων, κάθε φορά που εκτελείται ένα τέτοιο έργο ακόμα και εάν το προσωπικό μας είναι έμπειρο και έχει εκτελέσει άπειρες υποβρύχιες τοποθετήσεις καλωδίων και έχει υπολογίσει το κόστος και το χρόνο διάρκειας τους.

Μια επιτυχημένη εγκατάσταση υποθαλάσσιων καλωδίων χρειάζεται την ύπαρξη ενός προσεκτικά επιλεγμένου και ολοκληρωμένου σε σύνθεση πλάνου, αποτελούμενο από τα κατάλληλα για το εν λόγω έργο σκάφη καλωδίων, πληρώματος ατόμων αξιόλογων ικανοτήτων και γνώσεων και σωστού επιλεγμένου βοηθητικού εφεδρικού εξοπλισμού. Ένα ακατάλληλο συνεργείο εγκατάστασης θαλάσσιων υποβρυχίων καλωδίων εφοδιασμένο με λάθους μεγέθους τεχνικό εξοπλισμό ή ένα σκάφος με πλήρωμα χωρίς ιδιαίτερες γνώσεις ή ικανότητες για την έναρξη , τοποθέτηση και ολοκλήρωση της εγκατάστασης των υποθαλάσσιων καλωδίων υπήρξε ο λόγος καταστροφής περισσότερων από μίας εγκατάστασης υποβρυχίων καλωδίων.

2.1 Τρόπος εγκατάστασης υποβρυχίων καλωδίων

Τα υποβρύχια καλώδια σε βαρέλια για παράδειγμα ομοαξονικό καλώδιο μπορούν να εγκατασταθούν από πλοία με απλούστερο εξοπλισμό πλοήγησης. Το καλώδιο οδηγείται είτε μέσω ενός αυλακίου είτε ενός τροχού τοποθέτησης από το σκάφος στο εσωτερικό της θάλασσας. Τα φορτηγά πλοία που χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση των καλωδίων δεν έχουν μηχανή πλοήγησης με αποτέλεσμα να το ρυμουλκούν άλλα πλοία στο σημείο της εγκατάστασης. Για την σταθεροποίηση του φορτηγού χρειαζόμαστε τουλάχιστον τέσσερις ξεχωριστές άγκυρες. Οι άγκυρες ανά ώρα χρειάζονται να αλλάζουν τοποθεσία και για αυτό χρησιμοποιούμε εξειδικευμένο σκάφος χειρισμού. Για να παραμείνει το φορτηγό πλοίο σταθερό κατά την τοποθέτηση των καλωδίων είναι αναγκαίο περισσότερες από τέσσερις άγκυρες, πιθανόν οκτώ ή και πιο πολλές ακόμα. Γι αυτό τον λόγο υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για την ήδη υπάρχουσα καλωδίωση που είχε εγκατασταθεί νωρίτερα στην υποθαλάσσια περιοχή και μάλιστα αποτελεί γεγονός η ύπαρξη ατυχημάτων όπου το φορτηγό που εγκαθιστά τα καλώδια έχει κόψει ήδη περασμένα υποθαλάσσια καλώδια με αποτέλεσμα να διπλοπεραστούν τα ίδια καλώδια αλλά και να χρεωθεί η εταιρεία που έχει αναλάβει το έργο το οικονομικό κόστος λόγω της καταστροφής αυτής. Η διαδικασία αυτή είναι μια ιδιαίτερα αργή μέθοδος που καλύπτει το πολύ ένα με δύο χιλιόμετρα ανά ημέρα, ακόμα και η τοποθέτηση κάμερας στο νερό είναι σχεδόν άχρηστη αφού η ορατότητα είναι ελάχιστη ως και μηδενική.

Η ύπαρξη μιας μηχανής τοποθέτησης των καλωδίων είναι απαραίτητη από στρεφόμενη βάση. Το καλώδιο ξετυλίγεται από την στρεφόμενη βάση με την βοήθεια στρεφόμενου κινητήρα, περνάει πάνω από ένα μετακινούμενο βραχίονα ο οποίος έχει κυλίνδρους καλωδίων και συνεχίζει διαμέσου της μηχανής αυτής και τέλος πάνω από το κεκλιμένο επίπεδο εν τέλει βυθίζεται προς τον πυθμένα του νερού της θάλασσας.

Στο κενό μεταξύ της περιστροφικής βάσης και του βραχίονα το καλώδιο κρέμεται σε χαλαρή θέση. Αυτή η χαλαρότητα είναι ιδιαίτερως χρήσιμη στην απορρόφηση των προσωρινών διαφορών ταχύτητας μεταξύ της στρεφόμενης βάσης και του κινητήρα. Ορίζουμε την θέση του βραχίονα ώστε να έχει το ίδιο ύψος με την άκρη του καλωδίου της περιστρεφόμενης βάσης. Οι χειριστές προσπαθούν να κρατήσουν το καλώδιο πάντα χαλαρό στην ίδια καμπυλότητα.

Για να επιτευχθεί αυτό τελικά είναι πάρα πολύ δύσκολο ιδίως όταν ο οδηγός της στρεφόμενης βάσης λειτουργεί βασιζόμενος στο φορτίο, στην θέση της βάσης ή όταν η γραμμική μηχανή παρουσιάζει ολίσθηση ή υπάρχει ολίσθηση στους τροχούς καλωδίωσης της. Με αποτέλεσμα λοιπόν, το καλώδιο να αρχίζει να κατευθύνεται από μόνο του προς τον τροχό τοποθέτησης ή να κατεβαίνει προς το νερό και τελικά να οδηγείται στην βύθιση του. Για να μπορέσουμε να σταματήσουμε την κατάβαση του καλωδίου χρειαζόμαστε ένα μηχανισμό στοπ πριν από τον τροχό ή το κανάλι τοποθέτησης του καλωδίου. Αυτό γίνεται με μια επιπλέον τοποθέτηση μηχανής η οποία διαθέτει είτε διακόπτη παύσης της λειτουργίας, είτε λειτουργία επαναφοράς του καλωδίου. Σε μεγάλο βάθος χρησιμοποιείται ένας τύπου Capstan που επιβραδύνει την ταχύτητα του καλωδίου εάν χρειαστεί πριν την βύθιση του στο νερό.

Κατά την εγκατάσταση ορίζουμε μία μηχανή ως κύρια με την οποία ρυθμίζεται η ταχύτητα τοποθέτησης και όλες οι υπόλοιπες μηχανές μαζί με την προώθηση του σκάφους οφείλουν να έχουν την ίδια ταχύτητα με αυτήν την μηχανή. Εάν το καλώδιο βυθιστεί κάθετα στον πυθμένα παρουσιάζει κίνδυνο να κουλουριαστεί και να προκληθεί αστάθεια στην κατεύθυνση τοποθέτησης. Η απότομη ρίψη, ή κλίση και η περιστροφική κίνηση των πίσω τροχαλιών μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στο καλώδιο καθώς πέσει απότομα στον πυθμένα του βυθού. Κατά την βύθιση του καλωδίου χρησιμοποιούμε αισθητήρες καταγραφής δεδομένων όπου παίρνουμε πληροφορίες για την πορεία πτώσης του καλωδίου στον βυθό της θάλασσας. Η μη ομαλή πτώση του καλωδίου ή η ακατάλληλη ένταση του πυθμένα της θάλασσας μπορεί να αντιμετωπιστεί με μία πιο γρήγορη περιστροφή του καλωδίου που είναι πάνω στην τροχαλία ή με μία επιτάχυνση της ταχύτητας του σκάφους.



Εικόνα 5. Φορτηγό πλοίο με υποβρύχια καλώδια τυλιγμένα σε βαρέλια

2.1.1 Προσγείωση υποβρυχίων καλωδίων

Η προσγείωση στο βυθό των υποβρυχίων καλωδίων, τις περισσότερες φορές απαιτεί την μεγαλύτερη γνώση, το καλύτερο εξοπλισμό και την μεγαλύτερη προσπάθεια από τη μεριά του πληρώματος αφού αποτελεί το πιο δύσκολο κομμάτι της εγκατάστασης καλωδίων. Η πλειοψηφία των υποβρυχίων καλωδιώσεων έχουν ένα στάνταρ σημείο προσγείωσης των καλωδίων, το οποίο και αποτελεί κατά 99,9% το σημείο έναρξης της υποβρύχιας εγκατάστασης. Διάφοροι μέθοδοι για την προσγείωση της καλωδίωσης έχουν χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα, όμως ίσως τα νέα έργα πλέον να έχουν ανάγκη της εύρεσης και νέων μεθόδων.

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί επηρεάζεται δραστικά από τις παραθαλάσσιες συνθήκες, από τον εξοπλισμό που διαθέτουμε και από τους νόμους που διέπουν τον υπεύθυνο κρατικό μηχανισμό ή οργανισμό. Το σημείο έναρξης μπορεί να σταθεροποιηθεί με την κατασκευή ενός ή περισσότερων αδιάβροχων περιβλημάτων τα οποία βοηθάνε αρχικά στην άντληση του νερού από το σημείο αυτό και έπειτα δίνουν την δυνατότητα στους εργαζομένους να συνεχίσουν τις εργασίες τους κάτω από το νερό σε κανονικές συνθήκες όμοιες με αυτές της ξηράς.

Το ανοιχτό θαλάσσιο όρυγμα κατευθύνεται από το θαλάσσιο άνοιγμα στο επιλεγμένο σημείο ξηράς ως το καταλληλότερο για την κατασκευή του συνδετικού λάκκου μεταξύ του υποβρυχίου καλωδίου και του συνδετικού καλωδίου ξηράς, το οποίο ονομάζεται παραλιακός σύνδεσμος. Ο παραλιακός σύνδεσμος βρίσκεται συνήθως αρκετά μέτρα μέσα στην αμμουδιά της παραλίας πίσω από κάποιο ανάχωμα, ή αρκετά χιλιόμετρα μακριά από την ακτογραμμή. Η διαδρομή του χαρακώματος αυτού πρέπει να είναι όσο πιο ευθυγραμμισμένη μπορεί να είναι, ώστε να αποτραπεί η ύπαρξη επιπλέον ελκτικών πεδίων δυνάμεων επάνω στα καλώδια κατά το πέρασμα τους από την διαδρομή αυτή και φυσικά την συστροφή τους.

Κατά την εισχώρηση του το καλώδιο οδηγείται προς τα μέσα από τροχούς -οδηγούς στο εσωτερικό της τάφρου ή στην αντίθετη περίπτωση εκτός αυτής. Στη δεύτερη περίπτωση το καλώδιο θα τραβηχτεί μέσα από την τάφρο. Το προφίλ της τάφρου αυτής οφείλει να σχεδιαστεί με ειδικό τρόπο και όντας πάντα σύμφωνη με τις θερμικές ιδιότητες του περιβάλλοντος της τάφρου. Ένα έτος μετά το τέλος των εργασιών τα αναχώματα παρουσίαζαν και πάλι την αρχική φυσική τους μορφή στο γύρω περιβάλλον, δηλαδή μέσα σε ένα χρόνο είχαν επανέλθει τα εδάφη αυτά στην φυσική τους δομική κατάσταση και μορφολογία.



Εικόνα 6. Τροχαλία με την οποία γίνεται η προσγείωση του καλωδίου.

Σε άλλες περιοχές η μόνη σύμφωνη λύση για την διάσχιση της παραλιακής έκτασης είναι η χρήση κλειστών αγωγών. Η μέθοδος επιλογής ονομάζεται ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ (HDD) , στην οποία υψώνεται ένας σταθμός γεώτρησης του νερού στην εγκάρσια μεριά του φράγματος, ή στην παραλιακή μεριά του. Ο σταθμός γεώτρησης σχηματίζει μια καμπυλότητα κάτω από την παραλία ή του χαρακώματος με πορεία προς τα ανοιχτά νερά της θάλασσας. Μετά τη γεώτρηση, η τρύπα καλύπτεται εσωτερικά με ασάλινους ή πλαστικούς σωλήνες για την μετέπειτα μετατόπιση και το τράβηγμα των καλωδίων. Το μεγαλύτερο δυνατό μήκος HDD των καλωδίων, είναι σήμερα περίπου εφαρμογής στα 1400 με 1800 μέτρα. Το μήκος περιορίζεται όχι μόνο από την τεχνική γεώτρησης που χρησιμοποιείται αλλά και από το μέγιστο μήκος εφαρμογής της ελκτικής δύναμης πάνω στα καλώδια.

Η δεύτερη εξαρτάται από :

- Ιδιότητες του καλωδίου όπως είναι το βάρος του, ο βαθμός ακαμψίας του και ο μέγιστος αριθμός της ελκτικής δύναμης που δύναται να ασκηθεί πάνω στο καλώδιο δίχως την καταστροφή του.
- Οι συντελεστές της τριβής
- Οι ακτίνες κάμψης
- Οι μέθοδοι λίπανσης
- Η δυνατότητα χρησιμοποίησης καλωδίου ώθησης πχ σε περιοχές περασμάτων ποταμών κοκ.

Όταν το άκρο του καλωδίου φτάσει στον σημείο προορισμού του στην όχθη, μπορούμε να το στερεώσουμε εκεί και να αποβάλουμε από πάνω του τους αερόσακους πλεύσης στο νερό , αρχής γενομένης από την παραλία. Το καλώδιο τώρα βυθίζεται στην προκαθορισμένη θέση του. Το μέγιστο μήκος έλξης τους εδάφους είναι συνυφασμένο του σχεδίου της διαδρομής. Όταν το σκάφος φτάσει στο νησί που θα γίνει η εγκατάσταση, διαφορετικοί μέθοδοι πρέπει να χρησιμοποιηθούν κατά την χερσαία ανύψωση των καλωδίων από το βυθό της θάλασσας και από την αρχική μέθοδο της έναρξης του έργου. Στην τελική όχθη το σκάφος καταφθάνει με το τελευταίο άκρο του υποβρύχιου καλωδίου, το οποίο πρέπει τώρα να μεταφερθεί επί της ξηράς.

Το σκάφος οφείλει να προσεγγίζει όσο πιο κοντά στην ακτογραμμή είναι επιτρεπτό και δυνατόν. Από εδώ και πέρα, τα καλώδια θα εξοπλιστούν με συσκευές ανύψωσης και πλεύσης στο νερό. Είναι σημαντικότατο να προσέξουμε το εξής : πρέπει το καλώδιο να εφοδιαστεί με συσκευές πλεύσης στο νερό πριν το σκάφος μας αλλάξει την θέση του και στρίψει είτε με το μπροστινό είτε με το πίσω μέρος του. Ο μηχανισμός τοποθέτησης του σκάφους, τώρα πρέπει να χαλαρώσει εντελώς το υπόλοιπο του καλωδίου ή έστω να χαλαρώσει όσο μήκος καλωδίου απαιτείται ώστε να φτάσει το καλώδιο που ανυψώθηκε από το βυθό με την βοήθεια των ειδικών συσκευών στο συνδετικό χαράκωμα το οποίο βρίσκεται υπογείως της παραλίας και το οποίο όπως προείπαμε κατασκευάστηκε ακριβώς για αυτή την λειτουργία.

Στην περίπτωση όπου οι καιρικές συνθήκες είναι χειρίστες και συνεχώς χειροτερεύουν, και απειλούν την έλευση μας στον τελικό μας προορισμό -στην τελική παραλία, το πλήρωμα θα πρέπει να ξετυλίξει το καλώδιο γρήγορα ώστε να είναι σε παράλληλη γραμμή το σκάφος με την γραμμή της όχθης, στο βυθό της θάλασσας και να το αφήσει εκεί αφού πρώτα καλύψει το τελευταίο άκρο του καλωδίου με το αντίστοιχο για αυτές τις περιπτώσεις ειδικό υποβρύχιο κάλυμμα. Σε μία μεταγενέστερη επιχείρηση, ανακτούμε το καλώδιο λοιπόν και εκτελούμε την σύνδεση του, αφού πρώτα έχουμε οργανώσει την επιχείρηση μας χρονικά μέσα σε ένα παράθυρο ευνοϊκών καιρικών συνθηκών για την εργασία.



Εικόνα 7. Καλώδιο με συσκευές πλεύσης κατά την προσγείωση του στο νερό.

2.2 Επιλογή της κατάλληλης διαδρομής του καλωδίου

Έπειτα από μία σωστή μελέτη επιλέγουμε την κατάλληλη διαδρομή του καλωδίου. Το σημαντικότερο είναι να αποφευχθούν τελείως ακόμα εάν γίνεται, όλες οι επικίνδυνες περιοχές όπως οι κάτωθι:

- Θαλάσσιοι οδοί, αγκυροβόλια και είσοδοι λιμανιών
- Περιοχές ψαρέματος
- Ύφαλοι, βράχια που προεξέχουν στην επιφάνεια του νερού, υποβρύχια φαράγγια και απότομες πλαγιές.
- Ναυάγια, περιοχές όπου υπάρχουν θαμμένα πυρομαχικά του στρατού, περιοχές με διάφορα συντρίμια.
- Και περιοχές όπου επικρατούν δυνατά υδάτινα υπόγεια ρεύματα

Θαλάσσιοι οδοί συχνής κυκλοφορίας πλοίων, (δηλαδή οι διαδρομές που ακολουθούν τα πλοία) είναι προτιμότερο να αποφεύγονται καθώς η συχνή διέλευση σκαφών, η συχνότητα πλεύσης τους καθώς και λοιποί σχετικοί παράγοντες, κάνουν την εγκατάσταση ιδιαιτέρως δύσκολη, και επιβάλλουν διάφορους περιορισμούς στο όλο επιχείρημα την υποβρύχιας καλωδίωσης και στη μετακίνηση και ελευθερία κίνησης των σκαφών τοποθέτησης των καλωδίων. Επίσης ο κίνδυνος ύπαρξης καταστροφών από άγκυρα είναι μεγαλύτερος στις οδούς όπου συνεχώς ταξιδεύουν τα πλοία. Εάν θα πρέπει σε κάποιο σημείο της εγκατάστασης να διασταυρωθούμε με κύριους θαλάσσιους δρόμους πλεύσης, η καταλληλότερη λύση είναι να φροντίσουμε να δημιουργήσουμε γωνία μεταξύ της διαδρομής των καλωδίων και των οδών κύριας πλεύσης των πλοίων ώστε η ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή ενέργειας μεταξύ του ηλεκτρικού φορτίου που μεταφέρουν τα καλώδια και αυτής που φέρουν τα επερχόμενα σκάφη να κρατηθεί στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα. Αγκυροβόλια, χώροι εναπόθεσης πυρομαχικών, και περιοχές έκβασης στρατιωτικών ασκήσεων, είναι εντελώς απαγορευμένες περιοχές για την εγκατάσταση υποβρύχιας καλωδίωσης για όλες τις περιπτώσεις.

Τα εδάφη ψαρέματος, είναι ένας ευθύς κίνδυνος για την κατάσταση των καλωδίων. Τα δίχτυα ψαρέματος ή οι μέθοδοι ψαρέματος αλλά ακόμη και τα σημεία προσάραξης των σκαφών ψαρέματος που φέρουν βοηθητικό εξοπλισμό για να χουν μεγαλύτερη δύναμή και ταχύτητα στο νερό θέτουν το εξωτερικό περίβλημα του καλωδίου σε κίνδυνο, ακόμα και κατά τη διάρκεια της πολύωρης προσάραξης της στο ίδιο σημείο της θάλασσας ακριβώς πάνω από τις διαδρομές καλωδίωσης.

Τα σημεία σύνδεσης των καλωδίων στην ξηρά πρέπει επίσης να ληφθούν σοβαρά υπόψη και να μελετηθούν εις το έπακρον. Κάθε ακτογραμμή φέρει τα δικά της χαρακτηριστικά, και πολλές φορές είναι σταθερά στην θέση τους, ενώ άλλες φορές είναι ασταθή και επιρρεπή στις αλλαγές. Για την εγκατάσταση των καλωδίων στην ξηρά η διαδρομή των καλωδίων μπορεί να αλλάξει αρκετές φορές λόγω αρκετών παραμέτρων όπως είναι το φαινόμενο της παλίρροιας, τα κατά μήκος της παραλίας υδάτινα ρεύματα, τα δυνατά κύματα που φθάνουν στην ξηρά, οι εποχιακές καταιγίδες και άλλα πολλά. Πριν γίνει η υλοποίηση μιας καλωδιακής διαδρομής, θα πρέπει κατά τον σχεδιασμό αυτής να λαμβάνονται πάντα υπόψη και τα μελλοντικά σχέδια για την περιοχή από άποψης ανάπτυξης και κατασκευών τουριστικής αλλά και κοινοτικής φύσεως.

Αρκετά επίσης εμπόδια μπορεί να κρύβονται μέσα στο νερό ή κάτω από την επιφάνεια του βυθού της θάλασσας. Η ακόλουθη λίστα περιλαμβάνει μερικά από αυτά ή κάποια διαφορετικά εμπόδια που ανά καιρούς εμφανίστηκαν στα μέλη της ομάδας έρευνας και καταγραφής του υποβρυχίου τοπίου, πριν την έναρξη των εργασιών τοποθέτησης: ναυάγια πλοίων, παρατημένα μέσα στο νερό αμάξια ή φορτηγά αμάξια, απολεσθέντα κιβώτια αγαθών από τα φορτία των πλοίων μεταφοράς αγαθών από μία χώρα σε άλλη, πεταμένα μέσα στο νερό υλικών κατασκευών όπως κτίρια κλπ, ενεργές ή μη λειτουργικές υποθαλάσσιες παλαιές εγκαταστάσεις, υποβρύχιες στρατιωτικές εγκαταστάσεις, πεταμένα σκουπίδια, αγωγοί απορρόφησης νερού ή αγωγοί εκφόρτωσης υγρών βιομηχανικών αποβλήτων, από κατασκευές που βρίσκονται πάνω στην παραλία και άλλα τέτοια.

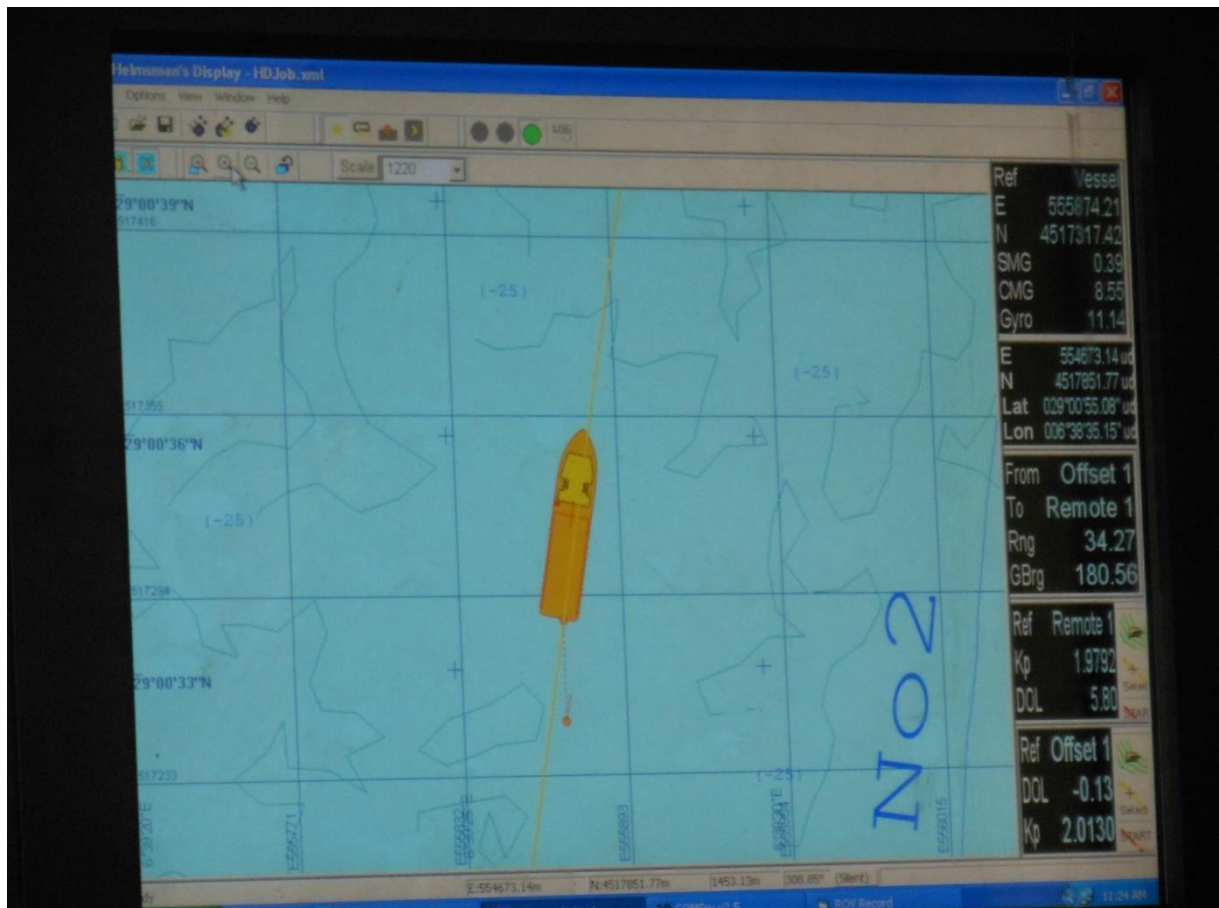
Μερικές φορές δεν είναι δυνατή η πλήρης αποφυγή δημιουργίας καλωδιώσεων και αγωγών στην προβληματική περιοχή, για αυτό και πρέπει σε κάθε περίπτωση, να βρίσκουμε την πιο δυνατή κατάλληλη διαδρομή που αποφεύγει το μεγαλύτερο μέρος των προβλημάτων μας, και να σχεδιάζουμε τη διαδρομή των καλωδίων ώστε να σταματάει η υποβρύχια διαδρομή τους σε απόσταση από την ακτή και όχι στην ακτή. Μέσω των τεχνικών που διδαχθήκαμε να φέρουμε τις καλωδιώσεις στο υπέδαφος των ακτόγραμμων μας δίχως εκπλήξεις.

Μεγάλη φροντίδα πρέπει να δοθεί στην επιλογή των καλύτερων θαλάσσιων υπό εδαφίων και της μορφολογίας αυτών για την διαδρομή του καλωδίου. Όχι μόνο ύφαλοι, αλλά και περιοχές βραχώδεις που προεξέχουν της επιφανείας των νερών, υποβρύχια φαράγγια, και κατακόρυφες προς τα κάτω κλίσεις, απειλούν το καλώδιο ή θα προκαλέσουν προβλήματα κατά την διαδικασία εγκατάστασης.

Μια ομαλή αμμώδης παραλία μπορεί να φαίνεται ιδανική για την ανάσυρση των καλωδίων και τη πέραση τους στην ξηρά, όμως εάν έστω και ένα μέτρο περίπου στο υπέδαφος υπάρχει μια μικρή κορυφογραμμή από βράχια θα κάνει την επερχόμενη φάση της εγκατάστασης δηλαδή την δημιουργία ειδικού χαρακώματος στο υπέδαφος της παραλίας τρομερά δύσκολη εργασία.

Κύματα μεταφοράς της άμμου στον βυθό ίσως μας φέρουν αντιμέτωπους με σοβαρά ζητήματα όσο αφορά τη διάρκεια ζωής των καλωδίων. Τα κύματα αυτά έχουν τη δυνατότητα να κινηθούν σε απροσδόκητα μονοπάτια και να δημιουργήσουν ασυνήθιστα και πρωτοφανή πρότυπα συμπεριφοράς με το πέρασμα των χρόνων. Ως αποτέλεσμα το καλώδιο θα θαφτεί πιο βαθιά μέσα στην άμμο από ότι ήταν αναμενόμενο ή να συμβεί το αντίθετο δηλαδή το καλώδιο να εκτεθεί σχεδόν τελείως απροστάτευτο στις κοιλάδες μεταξύ των κυμάτων άμμου.

Στις χειρότερες των περιπτώσεων ελεύθερες συνδέσεις μπορούν να παραχθούν ή το εκτεθειμένο καλώδιο μπορεί να καταστραφεί μέσα στην άμμο από το ηλεκτρικό φορτίο που αυτή κουβαλάει. Η διαδικασία επιλογής της διαδρομής συμπεριλαμβάνει επίσης και την άριστη προσαρμογή της τοποθέτησης καλωδίου, όπου με το σύστημα εικονικής καταγραφής ROV διαμορφώνεται αναλόγως και η πορεία του, με την εικονική καθοδήγηση του, ώστε να περάσει γύρω από τα εμπόδια αντί πάνω από αυτά για καλύτερη προστασία του καλωδίου.



Εικόνα 8. Σύστημα εικονικής καταγραφής ROV.

2.3 Σύνδεση των υποβρυχίων καλωδίων

Παρόλο που τα σύγχρονα σκάφη τοποθέτησης υποβρυχίων καλωδίων έχουν τη δυνατότητα της αποθήκευσης και του χειρισμού τεράστιας ποσότητας και μήκους καλωδίων, είναι μερικές φορές αναπόφευκτη η χρήση συνδέσμων, ιδίως στους ωκεανούς μιας και το μήκος της διαδρομής καλωδίωσης αδυνατεί να καλυφθεί με τη χρήση ενός μόνο καλωδιακού φορτίου που φέρει ένα σκάφος. Η συνδεσμολογία των υποβρυχίων καλωδίων είναι μία αρκετά δύσκολη εργασία η οποία απαιτεί λεπτομερή και άριστο σχεδιασμό της, αξιόπιστο και ειδικά για την κάθε περίπτωση κατάλληλο εξοπλισμό καθώς και υψηλά έμπειρο και εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό. Με τούτες τις προϋποθέσεις καθώς και με μία μακρά επαρκώς χρονική περίοδο ευνοϊκών καιρικών συνθηκών, η σύνδεση των καλωδίων μπορεί να κατασκευαστεί και να παραταχθεί στο βυθό της θάλασσας σωστά και με ασφάλεια.

Η παράταξη μιας βιομηχανικής σύνδεσης στο βυθό της θάλασσας μπορεί να γίνει μια πολύπλοκη και αρκετά δύσκολη επιχείρηση, καθώς τα δυο ως προς σύνδεση καλώδια θα πρέπει να βρίσκονται σε ένα συνεχή συγχρονισμένο χειρισμό κατά και μετά τη σύνδεση τους. Δεν πρέπει να παρουσιαστεί ούτε υπερβολική κάμψη ούτε υπερβολική τέντωση των καλωδίων, αλλά επίσης ούτε να μπερδευτεί το καλώδιο στην πρύμνη ή σε άλλα μέρη του πλοίου.



Εικόνα 9. Προετοιμασία βύθισης του καλωδίου

Οι συνθήκες τοποθέτησης των καλωδίων είναι αυτές που καθορίζουν ποιον τύπο θαλάσσιας σύνδεσης θα επιλέξουμε τελικά. Οι σύνδεσμοι των καλωδίων τροφοδοσίας μπορούν να επισκευαστούν και επάνω στο πλοίο, σε ειδικά διαμορφωμένα "οικήματα"- δηλαδή χώροι όπου υλοποιείται η επισκευή των συνδέσεων και που ονομάζονται - κτίσματα συνδεσμολογίας. Για παράδειγμα η ύπαρξη ενός χώρου στο σκάφος το οποίο κατασκευάζεται από απλή τέντα γύρω γύρω ή έστω σκεπάζεται όπως και όπου πρέπει από πανί τέντας, εξυπηρετεί άψογα ως κτίσμα σύνδεσης για τη συνδεσμολογία καλωδίων μέσης τάσης για επιχειρήσεις σε ήρεμα νερά. Η συνδεσμολογία υποβρυχίων καλωδίων υψηλής τάσης απαιτεί την ύπαρξη ειδικών κτισμάτων τα οποία να είναι εφοδιασμένα με συστήματα aircondition, με εγκαταστάσεις ξήρανσης του αέρα, με ανυψωτήρα και εξοπλισμό μεταφοράς των καλωδίων.

Στο εξωτερικό χώρο του κτίσματος συναρμολόγησης, θα πρέπει να έχουμε αρκετό άδειο χώρο για τις αποθήκες φύλαξης καλωδίου, τις εξωτερικές μονάδες συστήματος κλιματισμού και για τα κιβώτια αποβλήτων.

Όταν κάνουμε εγκατάσταση μεγάλων μηκών υποβρυχίων καλωδίων εμφανίζεται συχνά η περίπτωση σε μια μεταγενέστερη αποστολή να μη μπορούμε να συνδέσουμε άμεσα την προηγούμενη καλωδίωση με τη τωρινή. Δια τούτου, είναι προτιμητέο να βυθίζουμε εφεδρικό ή περίσσιο καλώδιο τοποθετώντας το άκρο του καλωδίου σε συγκεκριμένο υπό του νερού σημείο και έχοντας την προστατευμένη κάτω από τη φύλαξη ενός αντίστοιχου ειδικού υποβρύχιου καλύμματος, ώστε την επόμενη φορά που θα θελήσουμε να επισκευάσουμε ή να επεκτείνουμε την διαδρομή καλωδίωσης να γίνει η σύνδεση απλά με την επαναφορά του άκρου του καλωδίου. Για αυτό το λόγο οφείλουμε να δίνουμε όλη την προσοχή στις οδηγίες αλλά και στα αντίστοιχα ενημερωτικά εργοστασιακά έντυπα ώστε να επιλέξουμε το αντίστοιχο τύπο καλύμματος ή να καλύψουμε σωστά το άκρο του καλωδίου με σκοπό να παραμείνει ανέπαφο ως την επόμενη επιχείρησή μας εκεί. Η επιλογή ανεπαρκών μεθόδων ή εξοπλισμού μπορεί να οδηγήσουν στην εισροή νερού και συνεπώς στην αποκοπή ενός μεγάλου μέρους από το ήδη εγκατεστημένο υποβρύχιο καλώδιο. Στη χειρότερα των περιπτώσεων, τα ήδη αποκομμένα μέρη καλωδίου που καταστράφηκαν από την εισχώρηση νερού εις αυτά, απαιτούν την χρήση και απόκτηση έξτρα καλωδίου για την σύνδεση.

2.3.1 Κατά σειρά συνδέσεις καλωδίων

Στην πιο απλή μορφή εγκατάστασης, τα καλώδια CLV (ConstantLinearVelocity)- Σταθερής Γραμμικής Ταχύτητας είναι πρώτα από όλα το αρχικό μας καλώδιο, στο οποίο αναφερόμαστε ως το Α καλώδιο. Το άκρο τέλους του καλωδίου Α, κατασκευάζεται με ένα στόμιο το οποίο στο επάνω του άκρο έχει "μάτι οπτικής καταγραφής", ένα καλώδιο βυθού, ένα σύστημα με γάντζο ώστε να γίνει η κατάλληλη τοποθέτηση και πέρασμα διαμέσου του συστήματος μετά του γάντζου λίγο πριν την εκτέλεση της βύθισης του καλωδίου. Η διάταξη αγκιστρώματος πρέπει να είναι συμβατή με σύστημα 'ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΖΟΜΕΝΟ ΥΠΟΒΡΥΧΙΟ ΟΧΗΜΑ' - ROV για την περίπτωση μελλοντικής ανόρθωσης. Η σύνδεση των καλωδίων πρέπει να είναι λίγο πιο ψηλά από τον πυθμένα της θάλασσας λόγω της ύπαρξης του μεγάλου όγκου ρευμάτων μετακίνησης άμμου με κίνδυνο να θαφτεί το καλώδιο.



Εικόνα 10. Τηλεχειριζόμενο όχημα ROV κατά την βύθιση του.

Μόλις τελειώσει η υποβρύχια εγκατάσταση του καλωδίου A, επιστρέφουμε στο λιμάνι και φορτώνουμε το υπόλοιπο μήκος της καλωδίωσης, δηλαδή το καλώδιο B. Έπειτα το CLV σκάφος μας πηγαίνει στο τέλος της διαδρομής του Καλωδίου A. Το καλώδιο βυθού A αγκιστρώνεται με την βοήθεια ενός τηλεχειριζόμενου υποβρυχίου οχήματος (είναι ένα τηλεχειριζόμενο όχημα το οποίο χειρίζεται κάποιο μέλος του πληρώματος από το σκάφος - και αφού έχουμε στο άκρο του καλωδίου A τοποθετήσει μια κάμερα, ώστε να το οδηγεί σωστά στο πλάι του σκάφους όπου και με την βοήθεια του γάντζου συνδέεται με ένα σκοινί το οποίο τραβάει το καλώδιο στο εσωτερικό του σκάφους) ή με ένα σύστημα αγκίστρωσης το οποίο είναι όπως μία άγκυρα με τη διαφορά ότι επάνω στο σκοινί που βυθίζεται υπάρχουν αρκετά μικρά άγκιστρα τα οποία εν τέλει συνδέονται με το γάντζο της κάμερας' του καλωδίου A και με την βοήθεια ενός σκοινιού το τραβάνε προς το πλοίο. Όταν το καλώδιο A τραβηχτεί στο εσωτερικό του πλοίου το κατευθύνουμε προς έναν τροχό τοποθέτησης, που οδηγεί το καλώδιο επάνω στο πλοίο στο σημείο όπου γίνονται οι συνδέσεις. Το καλώδιο B που ακόμα βρίσκεται επάνω στο σκάφος συνδέεται με το καλώδιο A το οποίο ανήλθε από το βυθό.

Όλος ο μηχανισμός που βρίσκεται επάνω στο σκάφος αλλά και το σκάφος το ίδιο διατηρεί τέτοια θέση πάνω στη θάλασσα, ώστε η ταχύτητα πλεύσης ή θέση στάθμευσης να μην προκαλέσει καμία ανωμαλία ή αλλαγή της έντασης που ασκείται επάνω στο καλώδιο κατά τη βύθιση του. Στην σύνδεση των δυο καλωδίων να μην επιφέρει σε αυτό την όποια κλίση ή την ύπαρξη κάμψη επάνω κατά την βύθιση του και προτού ακουμπήσει το σημείο τοποθέτησης στο βυθό. Το συνδεδεμένο καλώδιο Β λοιπόν ακολουθεί την διαδικασία βύθισης και τοποθέτησης του και συνεχίζεται η χτίση της καλωδιακής γραμμής που έχει σχεδιαστεί για τον ολικό έργο. Εάν ο σχεδιασμός συνδέσεων είναι άκαμπτος τότε το καλώδιο απαγορεύεται να ρυμουλκηθεί προς την επιφάνεια απευθείας από την διαδρομή καλωδίωσης προς τους τροχούς ρυμούλκησης της πρύμνης τους σκάφους, το άκαμπτο και ενιαίο σώμα της σύνδεσης ανέρχεται στην επιφάνεια με τη χρήση ειδικών γερανών ανύψωσης καλωδίων. Ταυτόχρονα αιχμηρές κυρτώσεις των καλωδίων θα πρέπει πάσα τρόπο να αποφευχθούν στο σημείο ένωσης του καλωδίου με το άκαμπτο σώμα της σύνδεσης.

Μία πλήρως οργανωμένη και άριστα σχεδιασμένη επιχείρηση χρειάζεται να πραγματοποιηθεί, ώστε να γίνει η ένωση των καλωδίων και η υποβρύχια τοποθέτηση τους καθώς και η επιμήκυνση με στόχο την ολοκλήρωση της υποβρύχιας διαδρομής. Κατά την επιχείρηση αυτή, πρέπει να υπάρχουν οι ειδικοί γερανοί καταστρώματος, οι αγωγοί βύθισης των καλωδίων και να συνδεθεί, να μπει το καλώδιο Β πλήρως στο μηχανισμό βύθισης και να βυθιστεί στην εντέλεια και να τοποθετηθεί ο αρμός σύνδεσης στο βυθό της θαλάσσης.

Τέλος πρέπει να ερευνηθεί το σημείο της βύθισης ώστε το συνδετικό σώμα αρμών να μην βρεθεί αντιμέτωπο με απότομες υποβρύχιες κλίσεις του θαλάσσιου εδάφους, με μεγάλους βράχους ή αβαθή φαράγγια.



Εικόνα 11. Σύνδεση υποβρυχίων καλωδίων.

2.4 Προστασία υποβρυχίων καλωδίων

Η προστασία των υποβρυχίων καλωδίων θεωρείται μια σημαντική παράμετρος για την σωστή λειτουργία τους και πρέπει να προστατεύονται από κάθε εξωτερικό κίνδυνο. Το 1986 παρουσιάστηκε για πρώτη φορά μια μελέτη η οποία αναφέρεται στα σφάλματα κατά την τοποθέτηση υποβρυχίων καλωδίων αλλά και στους κινδύνους που οι εγκαταστάσεις έχουν να κάνουν, δίνοντας μια σειρά προστατευτικών μέτρων και λύσεων.

Υπάρχουν 3 βασικά στάδια όσον αφορά την προστασία ενός υποβρυχίου καλωδίου:

1. Επιλογή της κατάλληλης διαδρομής του καλωδίου.
2. Σωστός σχεδιασμός της θωράκισης του καλωδίου.
3. Προστασία του καλωδίου όταν αυτό βρίσκεται στο βυθό για παράδειγμα προστασία κατά την ταφή του στον βυθό.

Είναι ευρέως αποδεκτό, πως η ύπαρξη σχεδιασμού για την προστασία του καλωδίου, ως μέρος του συνολικού τεχνικού σχεδιασμού του έργου, δείχνει μια σοβαρότητα και μια ευθύνη απέναντι στο έργο και την εργασία της υποβρύχιας καλωδίωσης, η οποία με τη σειρά της προσδίδει κύρος στη διαθεσιμότητα του καλωδιακού συστήματος. Οι λειτουργικές δαπάνες για την επισκευή και συντήρηση μπορούν να μειωθούν κατά πολύ με την κατάλληλη προστασία του καλωδίου.

2.4.1 Μέθοδος προστασίας υποβρυχίων καλωδίων με χαρακώματα

Η πιο συχνή μέθοδος προστασίας πλέον σήμερα είναι η σκαφή χαρακωμάτων κάτω από την επιφάνεια του βυθού της θάλασσας, δηλ. η ταφή του καλωδίου κάτω από το βυθό.

Υπάρχει μια ποικιλία διαφορετικών μεθόδων δημιουργίας υποθαλάσσιων ορυγμάτων, και ανάπτυξη -παραγωγή συνεχώς νέου εξοπλισμού τα οποία αναπτύσσονται όσο αναπτύσσεται και το ποσοστό υποβρυχίων υποδομών καλωδιώσεων.

Η διαδικασία της υποθαλάσσιας εκσκαφής χαρακωμάτων για την ταφή των καλωδίων, είναι αρκετά γνωστή και ασκείται εδώ και πολλές δεκαετίες τώρα. Ο μηχανισμός εκσκαφής τοποθέτησης καλωδίου αποτελείται από ένα οριζόντιο πλαίσιο το οποίο κινείται στο επάνω μέρος του βυθού ακουμπώντας πάνω σε αυτό, το οποίο αναλογεί σε 4 διαφορετικά καλώδια είτε ρόδες. Δηλαδή κάθε ολοκληρωμένο καλώδιο έχει 4 επίπεδα που το καθένα είναι ενωμένο με ένα εκ των τεσσάρων διαφορετικών καλωδίων, ή 4 ροδών, ή 4 ερπυστριών, που όλα κάνουν την ίδια εργασία. Κάθε επίπεδο περπατάει στην επιφάνεια του βυθού ενώ παράλληλα το υποσκάπτει τοποθετώντας τα καλώδια εσωτερικά του.

Ο υποβρύχιος μηχανισμός εκσκαφής δημιουργεί στο κατάλληλο μέρος του εδάφους δηλαδή μία κάθετη σχισμή από την επιφάνεια ως το εσωτερικό βάθος που θέλουμε και συνήθως ως κατάλληλο σημείο θεωρείται το σημείο που φέρει την μικρότερη αντίσταση κατά την δημιουργία της σχισμής στο σημείο του εδάφους αυτού. Καθώς ο μηχανισμός εκσκαφής κόβει το έδαφος και σχηματίζει την σχισμή, πίσω από τον μηχανισμό το καλώδιο τρέχει κάθετα μέσα στη σχισμή και αρχίζει η τοποθέτηση του. Ο υποβρύχιος μηχανισμός εκσκαφής όταν τελειώσει την δημιουργία του μονοπατιού και την τοποθέτηση εντός του βυθού των καλωδίων, ρυμουλκείται από το σκάφος τοποθέτησης.

Για να μπορέσει το σκάφος να ρυμουλκήσει τους μηχανισμούς εκσκαφής πρέπει να φέρει επάνω του ικανό εξοπλισμό που να παράγει τεράστιες δυνάμεις ρυμούλκησης. Στα πολύ βαθιά νερά, οι μηχανισμοί εκσκαφής δεν αρκούνται μόνο στην ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού παραγωγής τεραστίων δυνάμεων ρυμούλκησης αλλά και ειδικού συστήματος που ελέγχει την θέση του μηχανισμού εκσκαφής όσο αυτό βρίσκεται μέσα στο νερό από το σημείο έναρξης ρυμούλκησης ως την τελική τοποθέτηση του πάνω στο σκάφος, λόγω των διαφόρων φυσικών παραγόντων που βρίσκουμε σε θάλασσες - ωκεανούς όπως υπόγεια ρεύματα, συνάντηση ρευμάτων κλπ.

Πιο εξελιγμένα συστήματα δημιουργίας υποβρυχίων χαρακωμάτων χρησιμοποιούν τις δονήσεις ή πίδακες νερού για την υποστήριξη της διαδικασίας του οργώματος. Τα συγκεκριμένα συστήματα χρειάζονται παροχή ρεύματος που έρχεται από την επιφάνεια δηλαδή από το σκάφος μας. Τα χαρακώματα που δημιουργούνται με τη χρήση αυτών των συστημάτων είναι βάθους περί των 3 μέτρων ανάλογα με την σκληρότητα του υποθαλάσσιου εδάφους στα σημεία αυτά. Το όργανο έχει κάποιους εγγενείς κινδύνους ιδιαίτερα στα σημεία που το άροτρο συναντά θαλάσσιο έδαφος με έντονους βραχώδεις παράγοντες.

Πολλές φορές συναντάμε βράχους και πέτρες στην πορεία περιχαράκωσης του βυθού από το μηχανισμό εκσκαφής με αποτέλεσμα να τον κάνουν να αποκλίνει από την κανονική πορεία τους όσο αφορά την διαδρομή καλωδίωσης που πρέπει να ακολουθήσει. Εδώ συναντάμε τον κίνδυνο να υπάρξει καταστροφή ή σύγκλιση του καλωδίου μας.

Ένας ακόμη κίνδυνος που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη είναι η ύπαρξη ακρόλιθων στο βυθών ή υπολειμμάτων αυτών, τα οποία από την άκρη του μηχανισμού μπαίνουν μαζί με το καλώδιο και τοποθετούνται μαζί (δηλαδή τα υπολείμματα βρίσκονται κολλημένα στο εξωτερικό του καλωδίου και δημιουργούν τρομερές δυνάμεις πίεσης σε αυτό και φτάνουμε ως και την πλήρη καταστροφή του).



Εικόνα 12. Υποβρύχιος μηχανισμός εκσκαφής.

Τα βράχια και οι πέτρες επίσης μπορεί να δημιουργήσουν απόκλιση της διαδρομής του μηχανισμού εκσκαφής το οποίο βρίσκεται για την επισκευή μιας ήδη υπάρχουσας γραμμής καλωδίων με αποτέλεσμα να μην επιτευχθεί η αντικατάσταση του ήδη κατεστραμμένου καλωδίου λόγω αλλαγής της διαδρομής που θα πάρει τελικά ο μηχανισμός.

Σε βυθό μαλακού εδάφους (λάσπη, πυλός, μαλακό χώμα κλπ) ο μηχανισμός εκσκαφής μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά για το άνοιγμα ενός προσωρινού αυλακίου καλωδίου.

Η μέθοδος χαρακωμάτων για τα υποβρύχια καλώδια είναι μία τεχνική που είναι καλύτερα να επιλέγεται για βυθό που είναι μαλακός καθώς και σε εδάφη με σκληρή επιφάνεια αλλά είναι σε ρηχά νερά. Τα χαρακώματα γίνονται με μηχανήματα εκσκαφής που είναι αξιόπιστα και φθηνά, κάτι που κάνει την επιλογή τους στις συνθήκες που προαναφέραμε ιδανική ως τρόπος λύσης ή τρόπος υποθαλάσσιας καλωδίωσης.



Εικόνα 13. Χαρακώμα για την ταφή του καλωδίου στον βυθό.

2.4.2 Μέθοδος προστασίας υποβρυχίων καλωδίων με υδροβολή

Μία άλλη μέθοδος ταφής των υποβρυχίων καλωδίων είναι η χρήση εξοπλισμού εκτόξευσης νερού. Όπως φανερώνει και η ονομασία της μεθόδου, μεταφέρεται μία σειρά από ακροφύσια νερού τα οποία πιέζονται προς τα κάτω μέσα στο υπέδαφος του βυθού. Το υψηλής πίεσης νερό, ρέει από τα ακροφύσια υγροποιώντας το έδαφος στο βυθό και καθώς η μονάδα εκτόξευσης του νερού κινείται κατά μήκος της διαδρομής της καλωδίωσης, το καλώδιο βυθίζεται μέσα στο πολτό του υγροποιημένου βυθού. Λίγο αργότερα χρονικά το έδαφος στερεοποιείται ξανά οπότε το καλώδιο έχει τοποθετηθεί σταθερά και δεν υπάρχει περίπτωση όποιας μετακίνησης ή απόκλισης του από την προκαθορισμένη διαδρομή.

Συνήθως υπάρχουν δύο λεπίδες σε κάθε μία άκρη δεξιά και αριστερά του καλωδίου που ταξιδεύουν κατά μήκος της διαδρομής μαζί με το καλώδιο. Υπάρχουν ακόμη και άλλα διαφορετικά συστήματα όσο αφορά την μονάδα εκτόξευσης του νερού. Η απλούστερη μορφή είναι ένα μηχάνημα σαν έλκηθρο το οποίο ολισθαίνει επάνω στην επιφάνεια του βυθού. Τις περισσότερες φορές αυτό το ρυμουλκείται από ένα σκάφος υποστήριξης. Τα μηχανήματα αυτά διαθέτουν έναν συνδυασμό εξοπλισμού εκτόξευσης νερού. Υποβρύχιες αντλίες τοποθετημένες πάνω στο έλκηθρο δημιουργούν ροή νερού τάξης 1100m³/h σε πίεση μονάδας 5,5 bar. Ένα εξειδικευμένο τέτοιο σύστημα μεταφέρει επάνω του 6 τέτοιες ισχυρές αντλίες καθώς και ένα σύστημα παρακολούθησης.

Μία μονάδα εκτόξευσης νερού, μπορεί επίσης να συνοδεύεται από ειδικά κατασκευασμένο για αυτή σύστημα καταγραφής ROV το οποίο φέρει δικό του σύστημα πρόωσης. Το εν λόγω σύστημα ROV σέρνεται επάνω ακριβώς στην επιφάνεια του βυθού με τη βοήθεια είτε τροχών είτε ερπυστριών. Το όχημα αυτό αποτελείται από υψηλής τάσης νερού αντλίες για την δημιουργία μεγάλης ροής νερού σε υψηλές πιέσεις, τα ξίφη υδροβολής, μονάδες δίσκου τροχού, εξοπλισμό καλωδίου εντοπισμού, αισθητήρες παρακολούθησης της διαδικασίας, και τέλος τα συστήματα παρακολούθησης θέσης. Άλλα συστήματα ROV είναι τύπου ελευθέρως εκτόξευσης νερού επάνω στην επιφάνεια του βυθού της θάλασσας. Ένα καλώδιο συνδέει το μηχάνημα ROV με το σκάφος μας , δηλαδή φτάνει ως την επιφάνεια και επάνω στο σκάφος ώστε να παρέχει στο κομπιούτερ που βρίσκεται πάνω στο σκάφος τα δεδομένα ηλεκτρικής τροφοδοσίας της καλωδίωσης και διάφορες άλλες πολύτιμες πληροφορίες καταγραφής όλης της επιχείρησης αυτής. Το ROV το οποίο βασίζεται στην μέθοδο εκτόξευσης νερού είναι πολύπλοκο και απαιτεί αρκετά βοηθητικά εξαρτήματα όπως πχ (ηλεκτρικό ρεύμα, γερανός, καμπίνα ελέγχου στο κατάστρωμα κλπ)

2.4.3 Άλλοι μέθοδοι προστασίας

Υπάρχουν και άλλες μέθοδοι για την διαδικασία εκσκαφής που γίνεται πριν την τοποθέτηση των καλωδίων οι οποίες βασίζονται είτε σε μεθόδους ανασκαφής ή σε μεθόδους εκβάθυνσης του εδάφους. Το χαντάκι μέσα στο οποίο θα οδηγηθεί το καλώδιο κατασκευάζεται πριν την άφιξη του σκάφους το οποίο φέρει και το υποβρύχιο καλώδιο προς την ακτή και κοντά σε αυτή για την εισχώρηση του καλωδίου στο χαντάκι και την συνέχιση της διαδρομής του. Το απαραίτητο υποβρύχιο άνοιγμα μέσα στο βυθό της θάλασσας δύναται να δημιουργηθεί από διάφορων τύπου μηχανήματα. Λέμβοι εκσκαφείς αναρρόφησης νερού είναι προτιμητέοι καθώς λειτουργούν σε ευρύτερο φάσμα εδάφους ξεκινώντας από λάσπη έως και μαλακούς βράχους. Έχουν ακόμη και την ικανότητα να δημιουργήσουν ένα χαντάκι μέσα στο νερό ως διάδρομο προσθαλάσσωσης για τα ίδια, σε πολύ ρηγά νερά ή σε περιοχές με επίπεδη λάσπη.



Εικόνα 14. Μηχάνημα εκσκαφής σε ρηγά νερά.

Σε αυτή την περίπτωση μπορούμε ακόμη να χρησιμοποιήσουμε φορτηγά πλοία που θα φέρουν επάνω τους, τους εκσκαφείς οι οποίοι θα εκτελέσουν την εργασία μας. Εάν το υπέδαφος της θάλασσας είναι ιδιαιτέρως βραχώδης ή τέτοιας μορφής που δημιουργεί δυσκολία στην όλη διαδικασία, το χαντάκι καλωδίου πρέπει να ετοιμαστεί νωρίτερα πριν από τη βύθιση του καλωδίου από τους τροχούς κοπής, την διαδικασία κοπής αλυσίδων, και άλλων μηχανικών διασπαστικών. Το εν λόγω επιχείρημα είναι δαπανηρό, χρονοβόρο και συνιστάται μόνο για μικρού μήκους διαδρομών καλωδίων.

Σε αρκετές περιπτώσεις δυστυχώς όμως, οι προαναφερόμενοι μέθοδοι δεν είναι καθόλου εφικτοί για έναν από τους παρακάτω ονομαστικούς λόγους:

- Μεγάλου μήκους βραχώδεις εκτάσεις οι οποίες δεν γίνεται να παρακαμφθούν της πορείας καλωδίωσης.
- Διέλευση του καλωδίου μας επάνω από άλλες ήδη υπάρχουσες καλωδιώσεις ή αγωγούς.
- Το στρώμα της άμμου είναι πάρα πολύ λεπτό και δεν μπορούμε να επιτύχουμε το απαιτούμενο βάθος ταφής του καλωδίου μας.
- Η παράκτια ζώνη, και οι παραλίες, δεν επιτρέπουν την προέλευση κοντά σε αυτές σε μεγάλα σκάφη όπως είναι τα σκάφη που χρησιμοποιούνται σε αυτή την εργασία.

Το κάλυμμα αυτό συνίσταται από :

- Δημιουργία σωλήνων κατά το ήμισυ φτιαγμένοι από χυτοσίδηρο οι οποίοι εφάπτονται πάνω στα καλώδια αμέσως μετά την τοποθέτησή τους στο βυθό. (Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε κοντινές αποστάσεις από την ακτή και εκτελείται από δύτες).
- Πλάκες από σκυρόδεμα
- Τσιμεντένιοι σάκοι ή στρώματα
- Ρήξη βράχων στο βυθό.

Η ρήξη βράχων στο βυθό της θάλασσας είναι μια ευρέως γνωστή διαδικασία όσο αφορά την προστασία των υποβρυχίων εγκαταστάσεων αγωγών οποιουδήποτε τύπου και μεγέθους. Ειδικά πλοία κατασκευασμένα ακριβώς για το εγχείρημα αυτό, φέρουν επάνω τους ένα φορτίο βράχων το οποίο βρίσκεται αποθηκευμένο σε κάποιας μορφής "σακούλας μεταφοράς" ακριβώς επάνω από το καλώδιο που θα τοποθετηθεί και όταν αρχίσει η βύθιση του καλωδίου και ακουμπήσει το βυθό παράλληλα βυθίζονται και τα βράχια αυτά ώστε να θαφτεί το καλώδιο κάτω από αυτά για την δική του μελλοντική προστασία από εξώτερους καταστροφικούς παράγοντες που θεωρήθηκαν επικίνδυνοι για την υγεία του καλωδίου στην περιοχή αυτή.

Μία πιο όμορφη και καλύτερης ποιότητας δουλειά μπορεί να επιτευχθεί με την ύπαρξη σωστού ελέγχου εκφόρτωσης του φορτίου των βράχων μέσω ενός ευέλικτου αγωγού πτώσης των βράχων μέσα στο νερό. Τα σύγχρονα πλοία εκφόρτωσης βράχων είναι εξοπλισμένα με υψηλής τεχνολογίας μηχανήματα ελέγχου της πτώσης των βράχων καθώς και με τα απαραίτητα όργανα παρακολούθησης της πτώσης τους όπως είναι πχ τα DP συστήματα.



Εικόνα 15. Εκσκαφή σε παραλιακό χώρο.

2.4.4 Προστασία των καλωδίων μετά την εγκατάστασή τους.

Ακόμη και μετά από την επιτυχημένη και ολοκληρωμένη εγκατάσταση των υποβρυχίων καλωδίων ρεύματος, η προστασία τους πρέπει να διατηρείται και να βελτιώνεται συνεχώς μέσω της λήψης διαφόρων ενεργητικών και επιτυχημένων μέτρων προστασίας. Δυστυχώς η προστασία των καλωδίων έχει παραμεληθεί πάρα πολλές φορές στο μεγαλύτερο μέρος των έργων υποβρύχιας εγκατάστασης καλωδίων ρεύματος ως και σήμερα. Δεδομένου ότι η πλειοψηφία των βλαβών στα καλώδια προέρχεται από ανθρώπινη ενέργεια, καλό θα ήταν λοιπόν να κάνουν τα πάντα οι υπεύθυνοι προστασίας τους, ώστε να μειώσουν τον ανθρώπινο παράγοντα ως και να τον εξαφανίσουν όπου δίδεται αυτή η δυνατότητα. Στην παραλία πρέπει να γίνει ανέγερση πινακίδων προειδοποίησης, τουλάχιστον σε όλα τα σημεία κατά μήκος της ακτογραμμής που δύναται να πραγματοποιηθεί αυτό.

Είναι πολύ σημαντικό το κάθε υποβρύχιο καλώδιο να είναι καταγεγραμμένο σε κάθε θαλάσσιο χάρτη όπως και μητρώο μπορεί να φανταστεί κανείς ότι υπάρχει ή ότι θα υπάρξει μελλοντικά. Όλες οι σχετικές πληροφορίες για το πρόσφατα εγκατεστημένο καλώδιο πρέπει να δοθούν σε όλους τους τωρινούς ή μελλοντικούς φροντιστές και διαχειριστές υπεύθυνους για τους αγωγούς, στις λιμενικές αρχές.

Μια ακόμη μέθοδος προστασίας των καλωδίων μετά από την εγκατάστασή τους είναι η παρακολούθηση της περιοχής της διαδρομής καλωδίωσης καθώς και η καταγραφή όλων των πλοίων που πλέουν πολύ κοντά προς αυτήν. Το σύστημα VMS (Vessel Monitoring System) είναι εξειδικευμένο για την παρακολούθηση και καταγραφή ειδικά των αλιευτικών σκαφών ή το σύστημα AIS το οποίο εξειδικεύεται σε όλα τα είδη πλοίων και όχι μονάχα της αλιείας, είναι κατάλληλα καθώς μας παρέχουν στοιχεία σχετικά με την ταυτότητα και τις κινήσεις των πλοίων που πλέουν πολύ κοντά.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

«ΒΛΑΒΕΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΥΠΟΒΡΥΧΙΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ»

Τα υποβρύχια καλώδια ήδη από τα πρώτα χρόνια χρησιμοποίησής τους έχουν πληγεί από βλάβες και αποτυχίες πάρα πολλές φορές. Πολλοί θεωρούν ότι οι βλάβες προέρχονται κυρίως λόγω του βυθού της θάλασσας ενώ στην πραγματικότητα ένας από τους μεγαλύτερους κινδύνους για την καταστροφή και την φθορά των καλωδίων είναι ο άνθρωπος. Και για αυτό είναι απαραίτητες οι παρακάτω προϋποθέσεις για την άριστη λοιπόν πραγματοποίηση του έργου:

- Η λήψη των σωστών μέτρων και ο προσχεδιασμός της κάθε επιχείρησης που επιφέρουν μείωση του λειτουργικού κινδύνου σε ιδιαίτερα σημαντικό ποσοστό εφόσον οι υπεύθυνοι του έργου ή υπεύθυνη ομάδα οργάνωσης και εκτέλεσης της κάθε επιχείρησης εγκατάστασης των υποβρυχίων καλωδίων, έχουν μελετήσει το περιβάλλον εργασίας τους και ήδη γνωρίζουν τους κινδύνους, τις επικίνδυνες περιοχές ή τις ιδιόζουσες συνθήκες της περιοχής, και εάν ταυτοχρόνως έχουν προβεί στον σχεδιασμό ενός πλάνου προστασίας του πληρώματος και διάσωσης αυτών σε περίπτωση κινδύνου, προσδίδει σχεδόν ποσοστό 100% επιτυχίας του προγράμματος υλοποίησης της κατασκευής.
- Οφείλουμε να γνωρίσουμε άριστα όλη την περιοχή της εγκατάστασης, τα φυσικά χαρακτηριστικά της, τα χαρακτηριστικά των κατοίκων, την δομή της πόλης, την κίνηση του λιμανιού -εάν αποτελεί εμπορικό λιμάνι με αυξημένη κίνηση σκαφών, κλπ - και να ενημερωνόμαστε για την κάθε μικρή ή μεγάλη αλλαγή που συμβαίνει στο σημείο αυτό, ώστε να μπορούμε να επιλύουμε και να εξουδετερώνουμε κάθε φορά ολοκληρωτικά τους λειτουργικούς παράγοντες κινδύνου που παραμένουν αμετάβλητοι και συνεχίζουν να υπάρχουν και έπειτα της ολοκλήρωσης του έργου, καθώς έτσι θα μπορέσουμε να υπολογίσουμε σωστά το ποσοστό επιτυχίας της εργασίας μας και να κοστολογήσουμε αντικειμενικά τα έξοδα συντήρησης ή αλλαγής των όποιων κατεστραμμένων καλωδίων. Να λάβουμε τα μέτρα μας και να εξουδετερώσουμε τις ανεξάρτητες και πέρα από εμάς πηγές εκβολής των κινδύνων αυτών, αλλά και να ζωντανέψουμε την κατασκευή συντηρώντας την καθημερινά ως μέρος της ζωής μας.

- Να επιτύχουμε ένα τέτοιο είδος σχεδίασης της κατασκευής μας ώστε να μπορούμε να αξιοποιήσουμε στο έπακρο όλες τις δυνατότητες που θα μας δώσει το εν λόγω υποβρύχιο σύστημα καλωδίωσης, και φυσικά να το υλοποιήσουμε ακριβώς το ίδιο, βλέποντας στο τέλος τα αποτελέσματα της εργασίας μας να αποδίδει άριστους καρπούς, κάτι που θα κάνει τους πάντες και όχι μόνο τους άμεσα ενδιαφερόμενους να προσέχουν και να σέβονται τη διαδρομή καλωδίωσης κλπ.

Η εξέλιξη της ιστορίας των υποβρυχίων καλωδίων, κατά το χρονικό διάστημα που μεσολάβησε από την ανακάλυψη και την πρώτη τους χρήση ως και σήμερα, δημιουργήθηκαν αρκετές στρατηγικές που αφορούσαν την προστασία των καλωδίων έναντι της καταστροφής ή της φθοράς τους. Τη σημερινή εποχή τα υποβρύχια καλώδια κατέχουν εξαιρετική θέση ως στοιχειώδη και αξιόπιστα εξαρτήματα των ηλεκτρικών συστημάτων ενέργειας. Όμως, στην απίθανη και σπάνια περίπτωση αποτυχίας υλοποίησης μιας υποβρύχιας εγκατάστασης καλωδίων, διάφορες υπηρεσίες αρμόδιες, πρέπει να είναι έτοιμες για την λύση του προβλήματος.

3.1 Τα αίτια για την ύπαρξη των βλαβών

Ο εξοπλισμός αλιείας και οι άγκυρες των πλοίων κατηγορούνται συχνότερα ως υπαίτιοι για τις βλάβες ή παύση λειτουργίας των υποβρυχίων καλωδίων ρεύματος και τηλεπικοινωνιών. Η κατανομή των αιτιών βλάβης μεταλλάσσεται σημαντικά από ύδατα σε ύδατα και από τύπο καλωδίου σε διαφορετικό τύπο καλωδίου. Οι καλωδιώσεις που βρίσκονται στα ρηχά νερά έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες καταστροφής από τον εξοπλισμό ψαρέματος από ότι έχουν οι καλωδιώσεις που είναι εγκατεστημένες σε περιοχές λιμανιών.

Τα καλώδια ρεύματος δεν καταστρέφονται εύκολα για παράδειγμα όταν δεχτούν δάγκωμα από κάποιο ψάρι σε αντίθεση με τα καλώδια τηλεπικοινωνίας τα οποία λόγω της λεπτότητας τους παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία με αποτέλεσμα μερικές φορές το δάγκωμα ενός ψαριού να φτάσει ακόμα και στην καταστροφή τους. Εκτός των αιτιών βλάβης που αναφέραμε πολλοί επονομάζουν και το ψάρεμα με δυναμίτη ως ένα αίτιο καταστροφής των υποβρυχίων καλωδίων διότι προκαλεί πλήρη καταστροφή των καλωδιώσεων και ανακατάταξη του βυθού των υδάτων και άλλα τέτοια σκηνικά. Εν ακολουθία του κεφαλαίου, θα συζητήσουμε τους μεγαλύτερους κινδύνους που έχουν να αντιμετωπίσουν τα ηλεκτρικά καλώδια.

3.2 Βλάβες κατά την διάρκεια της εγκατάστασης

Οι πραγματικές βλάβες οι οποίες συμβαίνουν στις επιμέρους επιχειρήσεις όπου το πλήρωμα βρίσκεται επάνω στο σκάφος βύθισης, και εγκαθιστά υποβρυχίος τα καλώδια, τα ενώνει, τους δίνει τη σωστή φορά και ορίζει την όσο το δυνατό καλύτερη επιβύθια διαδρομή, μερικές φορές δύναται να κοστίσουν αρκετά στο κόστος υλοποίησης του έργου μας και ίσως χρειαστεί αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα για την επίλυση και επισκευή των βλαβών αυτών. (μη ξεχνάμε ότι ο καιρός είναι απρόβλεπτος και είναι ο νούμερο 1 παράγοντας καθυστέρησης των επιχειρήσεων δαύτων, οπότε εάν υπάρξει υποβρύχια βλάβη και δυστυχώς ο παράγοντας καιρός σταθεί ενάντια μας, ο χρόνος αποκατάστασης εκτός ότι δεν γίνεται με ακρίβεια να υπολογιστεί, μπορεί να καθυστερήσει όλο το έργο σημαντικότερα όσο αφορά τα χρονικά όρια που θέτει ο αρχικός σχεδιασμός της υλοποίησης του- να γιατί πρέπει ο μελετητής να λαμβάνει σοβαρά υπόψη τα διάφορα καιρικά χαρακτηριστικά της περιοχής καλωδίωσης και να δίνει είτε ένα δεύτερο πλάνο σχέδιο ως εφεδρικό είτε ελαστικά χρονικά όρια όσο αφορά τον χρόνο ολοκλήρωσης του έργου ως συνόλου).

Η εμπειρία έχει δείξει ότι κατά τη διάρκεια κάθε επιχείρησης τοποθέτησης καλωδίων μέσα στο νερό, δύναται να προκύψει κάθε είδος περιστατικού, ακόμα και σκηνικά που ξεπερνάνε ακόμα και την ευελιξία της ανθρώπινης φαντασίας, ποτέ δεν ξέρεις τι μπορεί να συμβεί στην διάρκεια της επιχείρησης, παρακάτω αναφέρονται διάφορα περιστατικά όπου διαδραματίστηκαν κατά την εγκατάσταση των καλωδίων και έθεσαν σε κίνδυνο την επιχείρηση.

Απώλεια του Σχεδιαστικού Πλάνου

Σε αυτή την περίπτωση το σκάφος μας δεν είναι σε θέση να κρατηθεί σταθερό λόγω της καταιγίδας, των κυμάτων ή των υδάτινων ρευμάτων. Οι ανεξέλεγκτες κινήσεις του σκάφους μπορούν να δημιουργήσουν ακατάλληλη στένωση του καλωδίου, κύρτωση του. Ένα επίσης περιστατικό το οποίο συγκαταλέγεται σε αυτή την ομάδα περιστατικών ζημιών είναι όταν το σκάφος μας κινηθεί απρόβλεπτα, δίχως ίχνη προειδοποίησης για την αποφυγή της μετακίνησης του αυτής ή για την προσπάθεια κατεύθυνσης του πλοίου προς μια πιο επιθυμητή υδάτινη πορεία, τότε αυτομάτως αρχίζει το ήδη βυθισμένο και εγκατεστημένο καλώδιο μας να δέχεται μία επιπλέον δύναμη επάνω του, ορίζοντας έτσι πιθανόν το γεγονός της κύρτωσης του και φυσικά της μετέπειτα διόρθωσης και επισκευής του.

Το γεγονός αυτό συμβαίνει διότι με την μετακίνηση του σκάφους προς τα πίσω δημιουργούνται νέα ζευγάρια δυνάμεων που περνάνε από το φαινόμενο της απότομης κίνησης τους στο σκάφος και μετά πάνω στο μηχανισμό βύθισης των καλωδίων ώσπου στο τέλος φτάνουν στα ήδη εγκατεστημένα καλώδια μας στον βυθό της θάλασσας, ή στα ήδη βυθιζόμενα καλώδια μας και έτσι προκαλείται η αύξηση του επιπέδου στην ένταση που δέχονται στο εξωτερικό τους με τελικό αποτέλεσμα την επιπλέον κύρτωση τους.

Ζημιές κατά την Αγκυροβόληση του Σκάφους

Τυγχάνει εδώ, οι άγκυρες να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο κατά τις επιχειρήσεις όπου πρέπει τα φορτηγά πλοία να μαζέψουν το ήδη κατεστραμμένο τοποθετημένο καλώδιο μέσα από το νερό, και για να πραγματοποιηθεί αυτό, χρειάζεται η παρουσία ακόμη τουλάχιστον ενός σκάφους το οποίο φυσικά εκτός του ότι βρίσκεται εκεί ώστε να κρατά το φορτηγό πλοίο σε ευθεία γραμμή όσο είναι ακίνητο αλλά και για να δένεται εκείνο επάνω του ώστε να μπορεί να κάνει την εργασία του ελεύθερα δίχως να μετακινείται όταν δεν πρέπει, για να μην έχουμε δυσάρεστα αποτελέσματα, οπότε οι άγκυρες του πλοίου οδηγού ρίχνονται αναγκαστικά στο νερό, πιάνονται από το βυθό και σταθεροποιούν το βοηθητικό πλοίο, άρα εκτενέστερα και το φορτηγό πλοίο.

Είναι αδύνατο να μην πάει το φορτηγό πλοίο να συμμαζέψει τα προαναφερόμενα καλώδια λόγω ότι αυτά τοποθετήθηκαν σε προηγούμενες επιχειρήσεις και οι βλάβες ή καταστροφές τους εμποδίζουν το δικό μας έργο σε βαθμό που δεν γίνεται να αναβληθεί καν μια τέτοια επιχείρηση και επομένως μαζί με το φορτηγό πλοίο δεν γίνεται να μην επιπλέουν δίπλα του και τα βοηθητικά πλοία και να το βοηθούν στην ολοκλήρωση της εργασίας της. Άρα αν και η ρήξη αγκυρών στα σημεία καλωδιακής υποβρύχιας διαδρομής είναι τρομερά επικίνδυνη ενέργεια και άνετα καταστρέφει ολοκληρωτικά τα ήδη τοποθετημένα καλώδια του βυθού είναι και μια επιχείρηση που δεν έχουμε δυνατότητα αποφυγής της.

Συστροφή του καλωδίου

Ο ανεπαρκής συντονισμός του σκάφους κατά την μπροστινή μετακίνηση του έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μιας δύναμης η οποία είναι ικανή ακόμα και να τσακίσει εντελώς το εν βύθιση καλώδιο ή το ήδη βυθισμένο καλώδιο. Στην καλύτερη εκδοχή αυτής της περίπτωσης, το καλώδιο θα παραμείνει αναλλοίωτο και ως έχει, όμως θα καταστραφεί εντελώς το ενδεχόμενο μιας μεταγενέστερης επιπρόσθετης τοποθέτησης προστασίας στο καλώδιο αυτό.

Φορτώση/Μετά-φόρτωση καλωδίου

Τα καλώδια μπορεί να καταστραφούν κατά την τοποθέτηση τους επάνω στο σκάφος τοποθέτησης καλωδίων ή κατά την μεταφορά τους από ένα σκάφος μεταφοράς καλωδίων επάνω στο σκάφος τοποθέτησης των καλωδίων αυτών μέσα στο νερό.

Προστασία Καλωδίου

Ο ακατάλληλος εξοπλισμός εκσκαφής ενός καλωδίου ή η ύπαρξη ακατάλληλων αντίστοιχων μεθόδων εκσκαφής των καλωδίων είναι ικανά να βλάψουν τα καλώδια προκαλώντας σε αυτά, υπερβολική συμπίεση, παραμόρφωση ή να τα κάψουν με μεγάλη δύναμη.

Αιφνίδια κατάσταση περικοπής καλωδίου

Ακραίες καταστάσεις πιθανόν να κάνουν την παρουσία τους κατά την τοποθέτηση/αρμολόγηση των καλωδίων, καταστάσεις που απαιτούν την έκτακτη ανάγκη κοπής του καλωδίου επάνω στο σκάφος με σκοπό την αποφυγή ακόμα και θανατηφόρων ατυχημάτων, των μελών του πληρώματος ή την πρόκληση καταστροφών στο ίδιο το σκάφος. Μία έκτακτη κοπή καλωδίου είναι διεργασία η οποία κατά κύριο λόγο απαιτεί αρκετές και χρονοβόρες διεργασίες για την πραγματοποίησή της.

3.2.1 Άλλες Βλάβες

Οι άγκυρες και οι διάφορες δραστηριότητες ψαρέματος κατέχουν την μερίδα του λέοντος όσο αφορά τις ζημιές που προκαλούνται στα υποβρύχια καλώδια. Κάποιο μικρό μερίδιο αντιστοιχείται σε διάφορους άλλους παράγοντες. Το ποσοστό πάντως αυτό που αφορά την αγκυροβόληση και το ψάρεμα εμφανίζεται σε μικρότερη κλίμακα στα ρευματοφόρα καλώδια ως παράγοντας καταστροφής μιας και αυτά είναι εκ κατασκευής πιο χοντρά και ανεκτικά από ότι τα καλώδια τηλεπικοινωνιών. Αρκετές βλάβες συναντάμε στα καλώδια που τοποθετήθηκαν μέσω της μεθόδου ελεύθερης περιστροφής.

Μερικές φορές συναντάμε "δύσκολες" θαλάσσιες περιοχές με μεγάλα βράχια που απλώνονται στον βυθό ή με πολλές προεξοχές βράχων έξω από την επιφάνεια του νερού, οι οποίες δεν γίνεται να αποκλειστούν άρα είμαστε αναγκασμένοι να επιχειρήσουμε την υποθαλάσσια εγκατάσταση ακριβώς σε αυτές τις περιοχές. Ακριβώς εδώ, ακόμα και εάν χρησιμοποιηθεί ο πιο σωστός και κατάλληλος σχεδιασμός προστασίας των καλωδίων σε συνάρτηση με τον πιο ορθό και έμπειρο σχέδιο εγκατάστασης των καλωδίων, πάλι υπάρχει περίπτωση τελικά να καταλήξουμε στο να δούμε την καλωδίωση μας να κρέμεται χαλαρά μέσα στο νερό και επάνω σε όποια υπό της επιφάνειας του νερού εμπόδιο υπάρχει εκεί. Αυτή η περίπτωση σε συνδυασμό επίσης με την ύπαρξη της περίπτωσης όπου έχουμε δυνατά υπόγεια υδάτινα ρεύματα στην περιοχή αυτή, οδηγούμαστε πανεύκολα και πάρα πολύ γρήγορα χρονικά στην εμφάνιση διαφόρων δυνάμεων ταλάντευσης οι οποίες εισχωρούν μέσα στις καλωδιώσεις και δημιουργούν το φαινόμενο της 'εσωτερικής' ταλάντωσης τους. Το φαινόμενο αυτό παγκοσμίως είναι γνωστό μετά του όρου VIV (VortexInducedVibration) δηλαδή - δίνη προκληθείσα από ταλαντώσεις ή με την κατά τα λοιπά διαφορετική ονομασία της "VortexShedding" - Δίνη απόρριψης.

Οι συγκεκριμένες ταλαντεύσεις προκαλούν τριβή μεγάλης θερμότητας στα σημεία εγκατάστασης του καλωδίου με το αντίστοιχο σημείο εγκατάστασης του στο βυθό (τα σημεία που έχουν επιλεχθεί κατά την σχεδίαση του έργου πριν την έναρξη τους, ως τα κατάλληλα σημεία στα οποία θα γίνει η τοποθέτηση του καλωδίου στο βυθό μετά την βύθιση του από το σκάφος, δηλαδή τα γνωστά μας TD points TouchDownPoints -Σημεία εγκατάστασης καλωδίου στο βυθό). Και φυσικά λόγω της ύπαρξης αφύσικης θερμικής ανάπτυξης στα σημεία αυτά, καταλήγουμε και σε πρόωρη (πριν δηλαδή το εκ παραγωγής δεδομένο χρονικό διάστημα φθοράς και δήλωσης υποχρεωτικής αλλαγής και επισκευής) της μόνωσης του καλωδίου.

Άλλωστε κατά την αγορά των καλωδίων δεν υπολογίστηκε διότι δεν υπήρχε ανάγκη για ύπαρξη μόνωσης του καλωδίου για τη θερμότητα που βγαίνει από το φαινόμενο αυτό, αντί αυτού λογικότερα υπολογίστηκαν μονάχα τα δεδομένα της μελέτης του χώρου και οι αποδόσεις της θερμότητας όπως αυτή παράγεται κατά τη φυσική μορφή της όλης αυτής θαλάσσιας περιοχής.

Τα ρεύματα νερού γίνονται απειλητικά όταν έχουμε είτε μεγάλη απόκλιση στη μεταξύ τους θερμοκρασία όπου η μίξη ενός πχ θερμού και ενός κρύου υδάτινου ρεύματος μας δίνει διάφορα εκρηκτικά και επικίνδυνα φυσικά φαινόμενα, ή όταν η ταχύτητα τους μεγαλώνει τρομακτικά, όπως γίνεται άλλωστε και στην περίπτωση που αναφέραμε στην προηγούμενη παράγραφο όπου τα ρεύματα αυτά δημιουργούν μια ολόκληρη δίνη στην περιοχή αυτή, η οποία με συνήθης κατεύθυνση προς τα κάτω έλκει και φτάνει στο να βυθίζει αντικείμενα.

Τα υδάτινα ρεύματα που είναι ικανά να δημιουργήσουν τέτοιου είδους ταλαντώσεις επί το πλείστο προέρχονται από τα κάτωθι γεγονότα :

- Ο βαθμός απόκλισης της ατμοσφαιρικής πίεσης
- Η ροή της παλίρροιας
- Τα υδάτινα ρεύματα που εκτείνονται κατά μήκος της ακτής
- Όσα από τα ρεύματα αυτά αλλάζουν μορφή λόγω της έλξης τους από διαθλασμένα κύματα τα οποία για κάποιο λόγο σχηματίζονται κοντά στην παράκτια ζώνη της παραλίας και επομένως αλλάζουν την όλη δομή και μορφή της παράκτιας δυναμικής.
- Η ποσότητα του αριθμού των ρευμάτων που κυκλοφορούν στην γενική θαλάσσια περιοχή.

Όχι μόνο το ρίξιμο των αγκυρών, αλλά και χτυπήματα από διάφορα τμήματα ενός σκάφους , έχουν συμβεί πολλές φορές σε σημεία διαδρομής καλωδίων με αποτέλεσμα την βλάβη του συστήματος καλωδίωσης. Οι μετακινήσεις που υφίσταται ο βυθός όταν υπάρξουν απότομες υποβρύχιες κατολισθήσεις ή υποθαλάσσιοι σεισμοί, έχει τη δύναμη να καταστρέψει μια υποβρύχια καλωδίωση, όχι μονάχα καταστρέφοντας το μονοπάτι της διαδρομής της αλλά καταστρέφοντας ακόμα και εντελώς τα ίδια τα καλώδια που τοποθετήθηκαν είτε μέσω άμεσου χτυπήματος από το ίδιο το θαλάσσιο γεγονός είτε εμμέσως

Για παράδειγμα μια κατολίπηση βράχων οι οποίοι μετά τη σύγκρουσης τους με το θαλάσσιο υπέδαφος αμέσως υποκινούν δυνατής έντασης θαλάσσια ρεύματα και μεγάλα κύματα ώστε τα υποβρύχια καλώδια να κινδυνεύουν να κοπούν είτε από το ίδιο το κομμάτι βράχου που έπεσε μέσα στο νερό, είτε από διάφορα κομμάτια που μεταφέρονται μαζί με την άμμο από τα κύματα και τα υπόγεια ρεύματα νερού που δημιουργήθηκαν, είτε από δίνες, είτε ακόμα και από πλοία ή από τον ίδιο τον άνθρωπο ή το πλήρωμα εγκατάστασης.

Τέλος υπάρχουν και ύδατα που περιέχουν κάποια αέρια και θεωρούνται μη ιδανικά για έργα υποβρύχιας εγκατάστασης καλωδίων. Τα ένυδρα αυτά αέρια έχουν την δυνατότητα να αλλάξουν τη δομή και τη μηχανική αντοχή των καλωδίων με το πέρας των εποχών και των ετών. Η μεταλλαγή τους αυτή, μπορεί να επιφέρει ποικίλους κινδύνους πάνω στις δομές των υπάρχουσών υποθαλάσσιων εγκαταστάσεων.

3.2.2 Βλάβες συνδέσεων

Σύμφωνα με μια μελέτη που έγινε το 1986, ένα αξιοσημείωτο μέρος των ζημιών μιας υποβρύχιας εγκατάστασης βρίσκεται στις συνδέσεις του βυθού ή στις συνδέσεις της παραλίας. Δυστυχώς, η συγκεκριμένη μελέτη δεν διευκρινίζει τις ακριβείς αιτίες αποτυχίας όσο αφορά την περίπτωση βλαβών των συνδέσεων. Τρεις είναι οι βασικές αιτίες σφάλματος που είναι γενικά γνωστές, όσο αφορά τις υποβρύχιας καλωδιακές συνδέσεις :

- Ανεπαρκής σχεδιασμός
- Κακής ποιότητας συνδεσμολογία η οποία πραγματοποιήθηκε πάνω στο σκάφος τοποθέτησης.
- Δυσμενείς καιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της συναρμολόγησης.

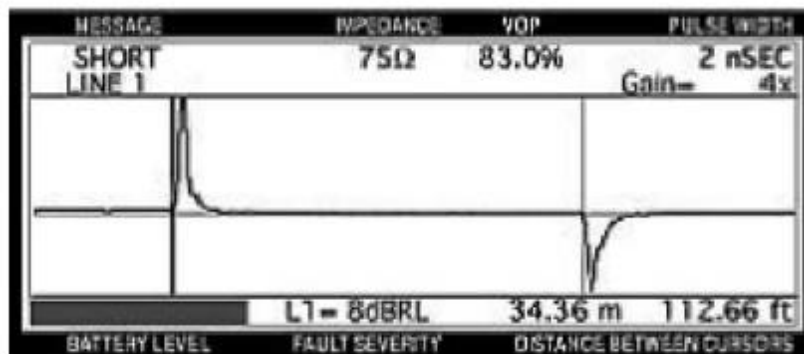
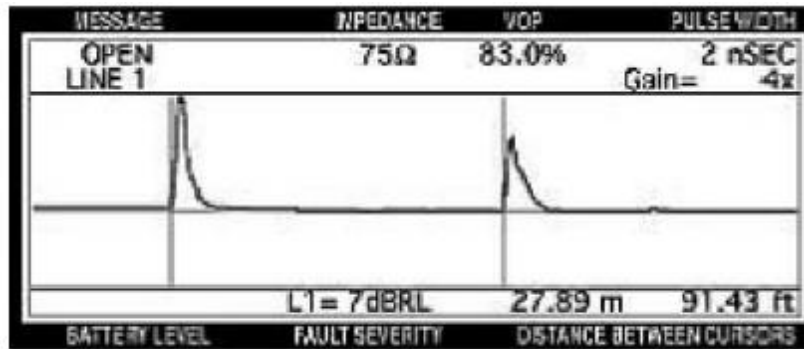
Τα περισσότερα καλώδια που αξιολογήθηκαν σε αυτήν την μελέτη, ήταν καλώδια ιδανικά για υποβρύχιας εγκαταστάσεις πλατφόρμας πετρελαίου, επομένως τα συμπεράσματα της δεν δίνουν αληθή δεδομένα για τα καλώδια ρεύματος μιας και οι σύνδεσεις των καλωδίων έλξης πετρελαίου από το βυθό της θάλασσας είναι πιο πολύπλοκες και μεγαλύτερων απαιτήσεων (και φυσικά διαφορετικά εργοστασιακά μοντέλα), από ότι είναι οι συνδέσεις που αντιστοιχούν σε καλώδια συμπαγή τύπου ή XLPE μοντέλα ή καλώδια εμποτισμένης μάζας.

Κατά τη δεκαετία που πέρασε τα υποβρύχια εξαρτήματα καλωδίωσης εξελίχθηκαν σε πιο αξιόπιστα από ότι ήταν αρχικά. Αυτό συνέβη λόγω της καλύτερης από μεριάς μας κατανόησης της λειτουργίας των μηχανικών εντάσεων, της πιο αναλυτικής μελέτης και του καλύτερου σχεδιασμού της όλης επιχείρησης, όπως επίσης και της πιο έμπειρης και εξελιγμένης τεχνολογικά αλλά και γνωστικά μεθοδολογίας της εγκατάστασης η οποία ποικίλει αναλόγως του τόπου διεξαγωγής κάθε έργου.

3.3 Μέθοδος TDR (Time Domain Reflectometry)

Το ακρωνύμιο TDR βασίζεται σε ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο στέλνεται μέσα στον αγωγό του χαλασμένου ηλεκτρικού καλωδίου. Η πιο εύκολη μέθοδος είναι η πλήρης διακοπή λειτουργίας του καλωδίου. Η ώθηση στέλνει το ηλεκτρικό σήμα κατά μήκος του αγωγού και σταματάει ακριβώς εκεί που θα συναντήσει την διακοπή λειτουργίας του καλωδίου. Εδώ το μεγαλύτερο ποσοστό της παλμικής ενέργειας θα αποστραγγιστεί από το νερό, όμως ένα κλάσμα της ποσότητας θα υποστεί αντανάκλαση έχοντας μάλιστα και αντίθετη πολικότητα από πριν. Το κλάσμα της παλμικής ενέργειας έπειτα θα ταξιδέψει προς τα πίσω, με κατεύθυνση προς τον αγωγό που βρίσκεται στην ακτογραμμή. Στην συνέχεια το μηχάνημα καταγραφής της ξηράς, θα αποτυπώσει την παλμική ενέργεια και θα την αποδώσει με μια γραφική απεικόνιση, όπου θα καταγράφεται και η ταχύτητα της.

Επομένως γνωρίζοντας από το διάγραμμα αυτό και σε σύγκριση με το διάγραμμα του συστήματος κατά την σωστή λειτουργία του, ο τεχνικός θα μπορεί να υπολογίσει την διαφορά που υπάρχει, αφού γνωρίζει την ώθηση διάδοσης, την ταχύτητα διάδοσης, στην συνέχεια μπορεί να μετρήσει τον χρόνο που φτάνει το ηλεκτρικό σήμα από το σημείο βλάβης στην ακτή, αλλά και την απόσταση του σημείου βλάβης από την ακτή. Στο παρακάτω σχήμα δείχνει μια τυπική καταγραφή της μεθόδου TDR.



Εικόνα 16. Καταγραφή παλμικής ενέργειας με την μέθοδο TDR.

Αφού η πραγματική τιμή της ταχύτητας διάδοσης του ηλεκτρικού παλμού είναι διαφορετική από την ταχύτητα διάδοσης που γνωρίζουμε θεωρητικώς, είναι φρόνιμο να υπολογίσουμε την πραγματική τιμή της ταχύτητας στο συγκεκριμένο καλώδιο. Αυτή η μέτρηση μπορεί να γίνει αμέσως μετά την τοποθέτηση, στέλνοντας έναν ηλεκτρικό παλμό μέσα στον αγωγό του καλωδίου και καταγράφοντας την τιμή της ενέργειας που σημειώνεται στο τελικό άκρο του καλωδίου, εφόσον η τελική άκρη της διαδρομής του καλωδίου είναι εντός των μηκών μέτρησης της μεθόδου TDR. Από την στιγμή που το μήκος της ταχύτητας είναι γνωστό, τότε ο χρόνος της θα ισούται με τον χρόνο ταξιδιού επιστροφής του σκάφους στην ακτή. Επίσης η ταχύτητα μπορεί να υπολογισθεί με την χρήση της μεθόδου TDR ή μιας όμοιας μεθόδου, όταν μας είναι γνωστό το μήκος του καλωδίου που είναι δίχως βλάβη.

Δοκιμές που πραγματοποίησαν οι μηχανικοί, έδειξαν ότι η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρικού παλμού είναι διαφορετική πριν και διαφορετική μετά το τέλος της εγκατάστασης της καλωδίωσης. Η διαφορά αυτή αποδόθηκε στις διαφορετικές θερμοκρασίες που επικρατούσαν κατά την πρώτη και κατά την δεύτερη μέτρηση. Η διαφορά της ταχύτητας διάδοσης πριν και μετά την εγκατάσταση, έχει αποδοθεί επίσης στο γεγονός ότι πριν την ολοκλήρωση της τοποθέτησης το καλώδιο είναι κουλουριασμένο ενώ μετά το πέρας της τοποθέτησης το καλώδιο έχει αποκτήσει ευθεία μορφή.

Συνήθως οι ορθογώνιες δυνάμεις ώθησης στέλνονται προς το εσωτερικό του καλωδίου. Το μήκος παλμού και η κλίση του μετώπου παλμού είναι σημαντικές μεταβλητές για την μέτρηση της χωρικής ανάλυσης, δηλαδή για την ακριβή θέση της βλάβης στο καλώδιο. Ως αποτέλεσμα, μία ώθηση με ορθογώνιο σχηματισμό και απότομο μέτωπο παλμού, η οποία έχει αποσταλεί στο εσωτερικό ενός καλωδίου, μετατρέπεται σε μία ευρύτερης μορφής ώθηση. Η χωρική ικανότητα διασποράς της ώθησης μειώνεται. Για τον λόγο αυτό, εντοπίζουμε με μικρότερη ακρίβεια βλάβες πάνω στο καλώδιο που βρίσκονται σε μακρινές περιοχές από αυτές που βρίσκονται πιο κοντά και τις οποίες μπορούμε να εντοπίσουμε μέχρι και με 100% ακρίβεια.

Έτσι λοιπόν αντί της μεθόδου της χωρικής διασποράς, η μέθοδος TDR με το να στείλει μία μεγαλύτερης έντασης ηλεκτρικό παλμό από το σημείο βλάβης διαμέσου του καλωδίου μέχρι την ακτή, μας δείχνει με μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας και καλύτερη χωρική προσέγγιση ως προς την τοποθεσία της βλάβης καθαυτής, δηλαδή η δεύτερη μέθοδος είναι πιο ακριβής στον υπολογισμό των μακρινών βλαβών του καλωδίου.

Η TDR μέθοδος πραγματικά δύναται να υπολογίσει τις αλλαγές της αντίστασης κατά την διαδρομή που ακολουθεί αυτή κατά μήκους του καλωδίου. Η χρήση της μεθόδου αυτής εκτός των βλαβών των καλωδίων, χρησιμοποιείται και για την εύρεση βλάβης σε αρμούς σύνδεσης και λοιπά εξαρτήματα της καλωδίωσης κάτω από το νερό. Γενικά ο εξοπλισμός της μεθόδου TDR είναι ευρέως διαθέσιμος και εύκολος να αγορασθεί. Χειρός ή επιτραπέζια όργανα μέτρησης τα οποία παράγουν ένα ηλεκτρικό παλμό πλάτους ολίγων βόλτ είναι ευρέως διαθέσιμα. Εκτός από τα απλά συστήματα, υπάρχουν στο εμπόριο και πιο σύνθετα συστήματα μηχανισμών που αποτελούνται από γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικών παλμών και κρουστική τάση ύψους ορισμένων κιλοβόλτ.

Η TDR λειτουργεί καλύτερα σε καθαρής μορφής θραύσης καλωδίων, και για βραχυκυκλώματα χαμηλής ωμικής τάσης μεταξύ του αγωγού και της γης (εδάφους). Βλάβες υψηλής ωμικής τάσης είναι δύσκολο να εντοπιστούν. Οι εν λόγω βλάβες δύναται να εντοπιστούν με την χρήση ειδικών μηχανημάτων τα οποία χτυπώντας τα καλώδια στέλνουν υψηλής τάσης ενεργητικούς παλμούς μέσα στο εσωτερικό του καλωδίου. Η μείωση της δύναμης της αντίστασης του κυκλώματος στο σημείο ύπαρξης της βλάβης, αυξάνουν την ένταση που στέλνει η ίδια η βλάβη μέσα στο καλώδιο, και επομένως κάνει την ανεύρεση της ακριβής θέσης της ευκολότερη.

3.4 Επισκευές υποβρύχιων καλωδίων

Η επισκευή των υποβρυχίων καλωδίων, είναι μία από τις πιο απαιτητικές εργασίες της Μηχανικής Υποβρύχιας Καλωδίωσης. Είναι τόσο απαιτητική γιατί όχι μόνο πρέπει να ανακαλυφθεί το σφάλμα εφαρμογής -λειτουργίας και να εντοπιστεί γρήγορα, αλλά πρέπει και να ανελκυθεί το καλώδιο από το βυθό πάνω στο σκάφος ώστε να εκτελεστεί η επιδιόρθωση του σε βάθη νερών που πολλές φορές είναι πολύ βαθιά και απρόσιτα ακόμα και για τους εξειδικευμένους δύτες που λαμβάνουν μέρος στις εργασίες αυτές. Για τον λόγο αυτό πρέπει το πλήρωμα του σκάφους να γνωρίζει τακτικές και εφαρμογές προσέγγισης προς το σημείο βύθισης του χαλασμένου καλωδίου ώστε να γίνει αυτό προσιτό για τους δύτες και έπειτα να υλοποιηθεί η επισκευή του (είτε κάτω από το νερό από του δύτες, είτε να μεταφερθεί εκτός του νερού και να επισκευαστεί στο σκάφος-συνήθως κατά την επισκευή η πράξη επιδιόρθωσης γίνεται υπό το νερό στο μεγαλύτερο μέρος της). Για αυτόν τον λόγο έγιναν αρκετές προσπάθειες ώστε να γίνονται οι επισκευές μέσα στο νερό και ακριβώς στο σημείο που βρισκόταν το καλώδιο, αλλά υπάρχουν αρκετές δυσκολίες - για αυτό και προσπαθούν να επισκευάσουν το καλώδιο είτε σε διαφορετικό βάθος οι δύτες είτε εκτός θαλάσσης.

Μία υποβρύχια επιδιόρθωση πραγματοποιείται με τη χρήση καταδυτικών εργαστηρίων επιδιόρθωσης (ειδικές φούσκες που λειτουργούν ως υποβρύχιοι χώροι στους οποίους δύναται μικρός αριθμός ατόμων να υλοποιήσει μια εργασία σε βαθιά νερά η οποία είναι χρονοβόρα και αποκλείει την επίλυση με τη συμβατική κατάδυση δυτών και το χρονικό όριο που τους παρέχει ο εξοπλισμός τους) για να σταματήσουν τη διαρροή πετρελαίου μέσα στο νερό, η οποία προερχόταν από τα καλώδια φόρτισης. Σε γενικές γραμμές η κύρια μέθοδος επισκευής ενός χαλασμένου καλωδίου είναι η ανάσυρση του και μεταφορά του πάνω στο σκάφος. Εκεί αφού περάσει στην καμπίνα επιδιόρθωσης ή σύνδεσης, θα κοπεί το κομμάτι του καλωδίου που βρίσκεται σε αχρηστία, θα αντικατασταθεί από καινούριο τμήμα ίδιου καλωδίου και μέσω συνδέσεων θα επανασυνδεθεί με το υπόλοιπο άθικτο κομμάτι του καλωδίου το οποίο έπειτα θα μεταφερθεί προς τους τροχούς ή τον αγωγό βύθισης προσεκτικά ώστε να μην υπάρξει η όποια δημιουργία κλίσης και φυσικά ως επακόλουθο να έχουμε την αύξηση έντασης της δύναμης πίεσης που ασκείται επάνω του, και την δημιουργία νέας βλάβης.

Επομένως με χαλαρής μορφής κύλιση το καλώδιο θα βυθιστεί ξανά μέσα στο νερό και με την γνωστή πια μέθοδο τοποθέτησης θα επανατοποθετηθεί στο συγκεκριμένο σημείο της εγκατάστασης στο βυθό και θα επανέλθει η καλωδίωση σε πλήρη λειτουργία. Ως γνωστό σε όλες τις περιπτώσεις όταν οι καιρικές συνθήκες άλλαξαν και έγιναν επικίνδυνες η διαδικασία επιδιόρθωσης τερματίστηκε αυτόματα και επιχειρήθηκε ξανά όταν ο καιρός επέτρεψε την ασφαλή συνέχιση της διαδικασίας ακόμα και εάν αυτό είχε ως αποτέλεσμα να ξαναρχίσει η διαδικασία από την αρχή ξανά για δεύτερη φορά.

Η όλη διαδικασία επιδιόρθωσης υποβρύχιου καλωδίου απαιτεί άριστη προετοιμασία. Επίσης έκτατος συναγεμρός επιβάλλεται να υπάρχει για κάθε καλωδιακή σύνδεση, στον οποίο θα εμπεριέχεται και το σχέδιο καθώς και η αναλυτική περιγραφή της μεθόδου που θα ακολουθηθεί στην επιδιόρθωση του καλωδίου αυτού, όπως επίσης και τα συμβόλαια ή συμφωνητικά έγγραφα που αφορούν την επιχείρηση αυτή, τα εφεδρικά πλάνα προστασίας κατά ατυχημάτων των μελών του πληρώματος ή του ιδίου του σκάφους, κλπ.

3.5 Εφεδρικό καλώδιο

Σχεδόν σε όλες τις εργασίες επισκευής ή αντικατάστασης καλωδίων, πραγματοποιείται η πλήρης ανύψωση του καλωδίου πάνω στο σκάφος. Τις περισσότερες φορές το καλώδιο βρίσκεται ακόμη στο βυθό της θάλασσας απλωμένο σε ευθεία γραμμή και πρέπει να κοπεί στην άκρη όπου αρχίζει η βλάβη του προτού επιχειρηθεί η άρση του προς την επιφάνεια του νερού και η μετέπειτα τοποθέτηση του επί του σκάφους μας. Για να γίνει η επισκευή του, ένα εφεδρικό καλώδιο θα πρέπει να υπάρχει επί του σκάφους, μιας και θα χρησιμοποιηθεί για να ενώσει το χαλασμένο καλώδιο από άκρη σε άκρη (δηλαδή θα τοποθετηθεί ανάμεσα στις δυο άκρες που ανασύραμε από το βυθό μιας και ανάμεσα τους ήταν το χαλασμένο τμήμα καλωδίου που αφαιρέσαμε).

Το μήκος του εφεδρικού καλωδίου οφείλει να καλύπτει τουλάχιστον το διπλάσιο του μήκους βύθισης από την επιφάνεια ως το βυθό της θάλασσας, να είναι επαρκή για την αλυσοειδή γραμμή βύθισης του καλωδίου μας, επί του μήκους που χρειαζόμαστε για την μεταφορά του καλωδίου από την καμπίνα επισκευής προς τις γερανογέφυρες βύθισης του καλωδίου που βρίσκονται επί του σκάφους, και αφαιρώντας φυσικά το μήκος το οποίο αφαιρέσαμε κατά τη διαδικασία σύνδεσης του εφεδρικού στο ήδη υπάρχον καλώδιο βυθού.

Πριν ακόμα την αρχή της αρμολόγησης, καλό είναι να ελέγχονται περαιτέρω τα άκρα του κατεστραμμένου καλωδίου για πιθανή ύπαρξη περισσοτέρων ζημιών καθώς και για πιθανή εισροή του νερού μέσα στο εσωτερικό του καλωδίου, κάτι που θα φέρει την ανάγκη επιπλέον περικοπής του καλωδίου. Εάν η επιδιόρθωση χρειαστεί να επαναληφθεί εξολοκλήρου για τον όποιον λόγο, τότε το εφεδρικό καλώδιο μας θα πρέπει να διαθέτει αρκετό περίσσιο μήκος για την υλοποίηση της επανάληψης επισκευής.

Ο έμπειρος επικεφαλής διαχειριστής της ομάδας επισκευής, θα έχει φροντίσει εξαρχής να φορτώσει το σκάφος με εφεδρικό καλώδιο πολύ μεγαλύτερου μήκους από το "στο περίπου" υπολογισμένο μήκος καλωδίου που πρέπει να επισκευαστεί ή να αντικατασταθεί πλήρως αντί να βρεθεί αυτός και το πλήρωμα μου απέναντι σε μια κατάσταση όπου θα πρέπει να βρεθεί δεύτερο εφεδρικό καλώδιο αφού λόγω της ζημίας που αντιμετωπίζει στην περίπτωση αυτή, δεν ήταν επαρκής για την ολική επισκευή του χαλασμένου καλωδίου. Επιτυχής μια επιδιόρθωση λέγεται όταν η ομάδα επισκευής επισκευάζει και αντικαθιστά το κατεστραμμένο καλώδιο με εφεδρικό καλύπτοντας όλο το μήκος καλωδίου που έχει ζημιωθεί και ως και την ολοκλήρωση και της τελευταίας υπαρκτής σύνδεσης μεταξύ εφεδρικού και υπάρχοντος υποβρυχίου καλωδίου η οποία και φέρει την εγκατάσταση στην αρχική της λειτουργική άψογη μορφή.

Ελάχιστα θαλάσσια καλώδια, είναι προϊόντα ετοιμοπαράδοτης εργοστασιακής παραγωγής, ώστε η παράδοση τους να υλοποιηθεί μέσα στα πλαίσια της εβδομάδας. Απεναντίας η ζήτηση ανταλλακτικών για τα ποιοτικότερα μοντέλα αυτού του είδους καλωδίων παίρνει αρκετούς μήνες, και μάλιστα με κόστος ανά μονάδα παραγωγής πολύ υψηλότερο από αυτό της περιόδου έναρξης των εργασιών τοποθέτησης της καλωδίωσης. Για τον λόγο αυτόν λοιπόν, οι περισσότεροι Διαχειριστές ή Επιχειρηματίες που τους ανήκει το έργο, φροντίζουν ώστε μαζί με την παραγγελία του αρχικού καλωδίου από το εργοστάσιο να παραγγείλουν ταυτόχρονα και ένα εφεδρικό καλώδιο, το οποίο και αποθηκεύουν στην άκρη ως την στιγμή που θα το χρειαστούν.

Τα εφεδρικά καλώδια ή τα όποια απαραίτητα ανταλλακτικά για τις επισκευές και αντικαταστάσεις των καλωδίων, συνήθως τοποθετούνται σε αποθήκες που στεγάζονται στον ευρύτερο χώρο του λιμανιού ώστε η φόρτιση τους στο σκάφος να επιτυγχάνεται ευκολότερα, γρηγορότερα και με λιγότερα έξοδα, από ότι σε περίπτωση ανάγκης μεταφοράς τους από πιο μακρινό χιλιομετρικά αποθηκευτικό χώρο στο λιμάνι όπου χρειάζεται η ύπαρξη και πληρωμή της ομάδας μεταφοράς.

Τα εφεδρικά καλώδια μιας υποβρύχιας καλωδίωσης ρεύματος, δύναται να αποθηκευτούν ακόμα και μέσα στο νερό, να βρίσκονται δηλαδή στο βυθό της θάλασσας κατά μήκος της διαδρομής των καλωδίων και σε περιοχές που γεωγραφικά θεωρούνται κατάλληλες για την βύθιση και πολύχρονη παραμονή τους μέσα στο νερό.

3.6 Τα σκάφη επισκευής βλαβών των υποβρυχίων καλωδίων

Το σκάφος επισκευής διαφέρει κατά πολύ από το σκάφος βύθισης και εγκατάστασης αφού εμφανίζονται διαφορετικές ανάγκες οι οποίες είναι 1ο της χωρητικότητας φορτίου και 2ο της διαρρύθμισης του χώρου και των κανονισμών που επικρατούν στο κατάστρωμα του σκάφους, ανάμεσα τους. Ένα πλοίο που έχει τη δυνατότητα χωρητικότητας και αντοχής μερικών εκατοντάδων τόνων θεωρείται κατάλληλο για σκάφος επισκευής μιας και αφού αντέχει άνετα την φόρτιση επάνω του, του εφεδρικού καλωδίου καθώς και του απαραίτητου εξοπλισμού του πληρώματος επισκευής. Επιπλέον οι απαιτήσεις των αρμών επισκευής, και των αρμών εγκατάστασης δεν είναι οι ίδιες, ασχέτως αν οι αρμοί όσο αφορά το βάρος και την τυπολογία τους είναι ίδιοι.

Το σκάφος επισκευής έχει κατά προτίμηση ένα μεγάλο και ανοιχτό σε χώρο κατάστρωμα, ιδανικό για την τοποθέτηση της καμπίνας συνδεσμολογίας, τα μηχανήματα για τα καλώδια, βαρούλκα, γερανοί κλπ. Επίσης αρκετά συχνά χρησιμοποιείται ένα σκάφος εφοδιασμών οπλισμένο με τον απαραίτητα κατάλληλο εξοπλισμό για την εργασία της επισκευής. Μία περιστροφική πλάκα ή ένας μηχανισμός συγκράτησης καλωδίου, για το εφεδρικό καλώδιο, πρέπει να εγκατασταθούν πάνω στο σκάφος καθώς και αυλάκια ώστε να γίνει σωστά η παράταξη του καλωδίου και η άρμωση του πάνω στο κατάστρωμα του.

Για πολυπλοκότερες επιχειρήσεις επισκευής καλωδίων, είναι αναγκαία η ύπαρξη συστήματος οπτικής καταγραφής (σαν σόναρ) ROV (τύπος σόναρ μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή ειδικού για αυτή την δουλειά που αποθηκεύει και τα δεδομένα κάθε επιχείρησης ως την data του όλου έργου). Επίσης άλλα διαφορετικά πλοιάρια, τα οποία είναι εξειδικευμένης λειτουργίας και τα οποία υλοποιούν την ανασκαφή των καλωδίων από το βυθό της θάλασσας ενεργούν, κυρίως πριν την έναρξη επιχείρησης επισκευής μετά του σκάφους επιδιόρθωσης. Για την εισχώρηση ενός τμήματος εφεδρικού καλωδίου μέσα σε ένα κομμένο καλώδιο, πρέπει να χρησιμοποιηθούν δυο διαφορετικοί μέθοδοι ανάπτυξης της εργασίας αυτής. Η πρώτη σύνδεση θα γίνει μεταξύ του άκρου ενός ανεβασμένο από το βυθό καλώδιο και του εφεδρικού πάνω στο σκάφος επισκευής. Η άρμωση και το εφεδρικό καλώδιο μπορούν να βρίσκονται σε θέση χαλάρωσης επάνω από το αγωγό υδατόπτωσης. Όπως στην περίπτωση του σκάφους τοποθέτησης των καλωδίων ρεύματος δηλαδή το γνωστό ως σκάφος CVL έτσι και το σκάφος επισκευής χρειάζεται να ακολουθεί μία μελέτη στην οποία θα αναφέρονται όλα τα σημεία βυθού, τα οποία πρέπει να προσεγγίσει το σκάφος επισκευής και να προχωρήσει στην διαδικασία ανάσυρσης του καλωδίου που είναι εκεί εγκατεστημένο κλπ.

Επίσης πρέπει να φέρει επάνω του και όλα τα κατάλληλα όργανα πλοήγησης καθώς και το υδατόγραμμο της διαδρομής που θα ακολουθήσει σε κάθε μια από τις επιχειρήσεις εργασίας που θα σταλθεί. (Δηλαδή, όπως πριν την εγκατάσταση υπάρχει η αντίστοιχη έρευνα και μελέτη και οργάνωση της με την ύπαρξη του εγγράφου το οποίο αποτελείται από τους χάρτες διαδρομής, τα σχέδια που δείχνουν τη διαδρομή καλωδίωσης και τα σημεία εγκατάστασης των καλωδίων. Έτσι και κατά την επισκευή πρώτα γίνεται το στάδιο της έρευνας και μελέτης που δίδεται σε γραπτή μορφή και πάλι η χαρτογράφηση κάθε περιοχής όπου στέλνεται σε κάθε ένα σκάφος ξεχωριστός χάρτης για κάθε μια επιχείρηση και ξεχωριστή συνολική μελέτη για κάθε ένα σκάφος όπου το πλήρωμα βλέπει μέσω των μηχανημάτων τα σημεία όπου θα πρέπει να σταματήσει και έπειτα να επισκευάσει το καλώδιο που βρίσκεται στο σημείο αυτό το οποίο φαίνεται ότι έχει υποστεί βλάβη ή ολική καταστροφή).

Φυσικά κάθε αποστολή στέλνεται με την συγκεκριμένη μελέτη και ποικίλει αποστολή από αποστολή, ανάλογα με τη φύση του προβλήματος και την τεχνική που έχει επιλεχτεί για την επίλυση του. Η αποστολή επισκευής ενός καλωδίου τάξεως 600 MW το οποίο βρίσκεται στο πυθμένα μιας ανοιχτής θάλασσας η οποία έχει επικίνδυνα νερά σίγουρα διαφέρει εντελώς από μια αποστολή επισκευής ενός καλωδίου 11 kV το οποίο βρίσκεται στον πυθμένα ήρεμων υδάτων ενός κόλπου σχεδόν τροπικού κλίματος χαρακτήρα Αρχιπελάγους.

3.6.1 Επιχείρηση επισκευής χαλασμένου υποβρυχίου καλωδίου

Δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη -σπάντα- μεθοδολογία όσο αφορά τον τρόπο επιχείρησης της εργασίας επισκευής των καλωδίων ρεύματος. Ορισμένες εξαιρέσεις αυτού του κανόνα είναι μόνο οι περιπτώσεις επαναλαμβανόμενων εμφανίσεων βλάβης στα ίδια καλώδια, οι οποίες προκαλούνται από την επανάληψη του ίδιου λανθασμένου συστήματος επισκευής και λήψης λάθος αποφάσεων, γεγονός που όμως συνεχίζει να εμφανίζεται λόγω της έλλειψης αλλαγής είτε του τρόπου επισκευής, είτε της επιλογής των ανταλλακτικών και μέσων ή σκάφους επισκευής, ή την επιλογή διαφορετικών σημείων επισκευής. Ακόμα και αλλαγή του διαχειριστή πληρώματος ή του μελετητή και της μελέτης της επιχείρησης γενικότερα.

Ωστόσο, υπάρχει μία συγκεκριμένη αλληλουχία κάποιων διαδικασιών οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τη βάση για την σχεδίαση ενός γενικού σκελετού οργάνωσης μίας επιχείρησης επισκευής.

Η γενική αυτή ακολουθία είναι η κάτωθι:

- Η κοπή του καλωδίου στην θέση της βλάβης
- Ανασύρεται από το βυθό η μία άκρη του κομμένου καλωδίου και συνδέεται επάνω στο σκάφος επισκευής με το εφεδρικό καλώδιο που υπάρχει ήδη στο σκάφος.
- Τοποθετήστε το εφεδρικό καλώδιο επάνω στο κατάστρωμα του πλοίου καθώς πηγαίνετε προς το σημείο που βρίσκεται βυθισμένη η δεύτερη κομμένη άκρη του καλωδίου, ανεβάστε πάνω στο σκάφος την δεύτερη άκρη και συνδέστε την με το εφεδρικό καλώδιο.
- Τοποθετήστε τις δύο άκρες με τους αρμούς σύνδεσης και το εφεδρικό καλώδιο που χρησιμοποιήθηκε στην θέση του χαλασμένου που κόψαμε πριν, πίσω στην διαδρομή της καλωδίωσης όπως ήταν το σχέδιο του καλωδίου πριν την βλάβη.

Μετά την εμφάνιση μιας βλάβης καλωδίου, ξεκινάνε οι κάτωθι αναφερόμενες δραστηριότητες άμεσα. Λόγω του ότι οι απώλειες που επιφέρει η ύπαρξη μιας βλάβης ενός καλωδίου είναι τεράστιες όσο αφορά την χρηματική ζημίωση, η οποία κάθε μέρα που το καλώδιο παραμένει με την βλάβη η ζημιά αυτή μεγαλώνει σε υπέρογκα ποσά, για την επισκευή της συνήθως οργανώνεται μία εξειδικευμένη επιχείρηση με άτομα που είναι γνώστες του αντικειμένου - κοινώς οργανώνουν την επιχείρηση ώστε με την πρώτη απόπειρα να εκτελεστεί και η επισκευή σωστά και να επανέλθει το σύστημα σε πλήρη λειτουργία δευτερόλεπτα μετά.

- Λανθασμένη τοποθέτηση καλωδίωσης

Η λανθάνουσα εγκατάσταση των καλωδίων παίζει σημαντικότερο ρόλο στην εξάπλωση μιας βλάβης και επηρεάζει άμεσα και έντονα τη διαδικασία επιδιόρθωσης μιας επικείμενης βλάβης στα καλώδια. Η άτεχνη τοποθέτηση συνήθως ξεκινάει από παραλίες οι οποίες παρέχουν μεγάλη έκταση κίνησης σε περίπτωση ανάγκης επισκευής των καλωδίων που βρίσκονται σε αυτές (αλλά προεκτείνεται υποβρύχια μέσα στη θάλασσα με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν συχνές βλάβες τα καλώδια του βυθού). Βλάβες οι οποίες βρίσκονται στις ζώνες όπου μπορεί ο δύτες να βουτήξει μέσα στο νερό- είτε σε αρκετά ρηγά νερά είτε σε πολύ βαθιά νερά, αντιμετωπίζονται με διαφορετικό εξοπλισμό επισκευής από ότι οι άλλες περιπτώσεις.

Μία άριστης ποιότητας εγκατάσταση δύναται να υλοποιηθεί μόνο εάν χρησιμοποιηθεί μαζί με τα υπόλοιπα σκάφη τοποθέτησης των καλωδίων και ένα σκάφος έρευνας, το οποίο να μαζέψει σωστά αποτελέσματα και να δώσει λεπτομερή χαρακτηριστικά και δεδομένα της περιοχής που θα εκτελεστεί η εγκατάσταση.

- Σχεδίαση της επιχείρησης επιδιόρθωσης

Οι μέθοδοι επιδιόρθωσης βλαβών ποικίλουν ανάλογα με το βάθος των υδάτων, τις τρέχουσες καιρικές συνθήκες και τον καιρό (που επικρατεί εν γέννη στην περιοχή αυτή), τις διαστάσεις του καλωδίου προς επισκευή αλλά και όλης της διαδρομής των καλωδίων στην εν λόγω περιοχή επισκευής, τον τύπο και το σχέδιο των αρμών που θα χρησιμοποιήσουμε και άλλα πολλά. Ο σχεδιασμός αυτός θα μας οδηγήσει στην σωστή επιλογή του εξοπλισμού επισκευής αλλά και του τύπου σκάφους επισκευής.

- Επιστράτευση του σωστού μοντέλου πλοίου επισκευής και εξοπλισμού σε αυτό

Συχνά τα σκάφη επισκευής αναγκαστικά τροποποιούνται ώστε να φέρουν επάνω τους τους αναγκαίους μηχανισμούς για την εκτέλεση της εργασίας, όπως και την σωστή τοποθέτηση του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιήσουμε πχ επιπλέον καλώδιο χειρισμού, αγωγοί βύθισης, ράουλα κλπ.

- Εκταφή του τμήματος του καλωδίου που έχει υποστεί βλάβη

- Φόρτωση του εφεδρικού καλωδίου και των εργαλείων για την αρμολόγηση

- Επιβίβαση του πληρώματος που εκτελεί τις διαδικασίες της αρμολόγησης

Μετά την εκπλήρωση όλων αυτών των βημάτων το σκάφος επιδιόρθωσης είναι έτοιμο για αναχώρηση από το λιμάνι. Ας υποθέσουμε ότι το καλώδιο αρμολόγησης έχει σχεδιαστεί και δρομολογηθεί πριν από την εμφάνιση της βλάβης. Στην περίπτωση αυτή μια ομάδα από έμπειρους μηχανικούς εγκατάστασης θα έχουν ήδη ετοιμάσει σχέδια επισκευής τα οποία θα συμπεριλαμβάνουν και μελέτες κινδύνων και λειτουργικότητας και θα προσπαθούν ώστε να συνοψίζουν από την μία την πρόοδο της επισκευής και από την άλλη να προβαίνουν στην σχεδίαση και οργάνωση της συνέχισης της.

Η διάρκεια της επιχείρησης επισκευής εξαρτάται εξολοκλήρου από την άμεση πρόσβαση σε ένα σκάφος επισκευής που φέρει τον αντίστοιχο κατάλληλο εξοπλισμό, σε συνδυασμό με το χρονικό διάστημα που θα χρειαστεί η μεταφορά του εφεδρικού καλωδίου στο χώρο φόρτωσης τού εν λόγω σκάφους.

Μικρού μήκους καλώδια σε ήρεμα νερά δύναται να επισκευαστούν μέσα σε μία το πολύ δυο εβδομάδες, εάν είμαστε επαρκείς στο μήκος του εφεδρικού καλωδίου μας (κοινώς εάν φορτώσουμε το σκάφος μας και έχουμε στην κατοχή μας μήκος εφεδρικού καλωδίου που θα φτάσει για τις επισκευές αυτές, και δεν θα αναγκαστούμε να διακόψουμε τις εργασίες μας για την εύρεση, αγορά, κατοχή, μεταφορά στο λιμάνι, και φόρτωση στο σκάφος επισκευής, συμπεριλαμβανομένου και του χρόνου που θα καταναλωθεί στην αντίστοιχη ζήτηση αδειας αγοράς, έγκρισης των επιπρόσθετων εξόδων, και ανάλογη σύνθεση συμβολαίων κλπ).

Μεγάλα σε μήκος καλώδια απαιτούν από την άλλη, βαρύτερο εξοπλισμό επισκευής και χρήση πιο εξειδικευμένων σκαφών. Εάν το εφεδρικό καλώδιο είναι άμεσα διαθέσιμο, τότε ο χρόνος των εργασιών επισκευής διαρκεί από 4 εβδομάδες έως και 4 μήνες κατά μέσο όρο. Η προμήθεια ενός καινούριου εφεδρικού καλωδίου μπορεί να καθυστερήσει την διαδικασία για αρκετούς μήνες. Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση από το Ινστιτούτο Cigre του 2009, οι 19 από τις 49 αναφερόμενες βλάβες υποβρυχίων καλωδίων, εάν δεν αντιμετώπιζαν την κατάσταση μη επαρκή εφεδρικού καλωδίου ή την αναγκαστική προμήθεια νέου καλωδίου, η όλη διαδικασία επισκευής των καλωδίων θα είχε υλοποιηθεί στον ένα μήνα.

Επίσης, οι καιρικές συνθήκες έχουν ισχυρή επιρροή στην επισκευή ενός καλωδίου. Οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες απαγορεύουν την εργασία επισκευής ακόμα και εάν αυτή έχει προγραμματιστεί να γίνει μετά μεγάλων ειδικών επισκευαστικών πλοίων. Κατά τις περιόδους θυελλών, είναι τρομερά δύσκολο να βρεθεί ένα αντίστοιχα κατάλληλο παράθυρο εργασίας για την ολική επισκευή των καλωδίων, μιας και συνήθως τα διαστήματα ηρεμίας μεταξύ των θυελλών διαρκούν ελάχιστα σε σύγκριση με το χρονικό διάστημα που κατά το πλείστο θεωρείται αναγκαίο για την όλη επιχείρηση της επισκευής.

Παράδειγμα επίσκευής βλάβης υποβρυχίου καλωδίου:

Το ακόλουθο παράδειγμα απεικονίζει βήμα προς βήμα την λειτουργία μίας υποβρύχιας επισκευής καλωδίου. Θα πρέπει εδώ να έχουμε κατά νου, ότι αυτή η περίπτωση είναι μόνο μια περίπτωση η οποία έχει παρθεί από αληθινή επιχείρηση επισκευής. Το σωστό είναι, για κάθε έργο, ο έμπειρος μηχανικός εγκατάστασης, να θεσπίσει ένα πρόγραμμα επισκευής ειδικά διαμορφωμένο για την περίπτωση αυτή, λαμβάνοντας επίσης υπόψη τις ιδιαίτερες συνθήκες του υπό επισκευή καλωδίου του, τις καιρικές συνθήκες τον εξοπλισμό που διαθέτει καθώς και την τοποθεσία της βλάβης. Το κατεστραμμένο καλώδιο επεκτείνεται από ανατολικά προς τα δυτικά σε βάθος 50μ μέσα στο νερό. Για τον εν λόγω τύπου καλωδίου, διαθέτουμε μία ευέλικτη άρθρωση επισκευής του στον εξοπλισμό μας.

Το πλήρωμα του σκάφους επισκευής, έχει ήδη κόψει το κατεστραμμένο τμήμα του καλωδίου το οποίο ήταν περί των 200μ καλωδίου. Τα άκρα του καλωδίου σφραγίστηκαν σωστά και το καλώδιο παρατάχθηκε επίσης σωστά στο υπέδαφος του θαλάσσιου βυθού. Στα άκρα του καλωδίου έχουμε τοποθετήσει αναμεταδότες, ένα καλώδιο γείωσης, δακτύλιους και γάντζους ώστε να μπορούμε να το ανασύρουμε μέσω του συστήματος ROV.

Το σκάφος επισκευής φθάνει στην τοποθεσία βλάβης φέροντας φορτίο εφεδρικού καλωδίου περίπου 1000μ πάνω στην βάση περιστροφής. Τώρα είναι σημαντικό να γίνει ο προγραμματισμός των ενεργειών της επισκευής κατά τέτοιο τρόπο ώστε το σκάφος να κατευθύνεται προς τον άνεμο κατά τη διάρκεια της ευαίσθητης εργασίας της αρμολόγησης, όσο το δυνατό περισσότερο, ώστε να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή σταθερότητα. Τα ακόλουθα είναι απαραίτητα για το σκάφος επισκευής.

- Βαρούλκα
- Περιστροφική πλάκα
- Γερανός
- Μηχανισμός τεντώμαντος καλωδίου
- Οπίσθιο αλεξίπτωτο
- Χώρος

Στάδια επισκευής

Στάδιο 1. Το ανατολικό άκρο του καλωδίου ανασηκώνεται από το ROV και τραβιέται επάνω εις το σκάφος μέσω της αριστερής πλευράς του βαρούλκου πάνω από την πλευρά του στο πίσω άνοιγμα του σκάφους. Περίπου 300 μέτρα καλωδίου ανακτώνται και αποθηκεύονται στην περιστροφική πλάκα στο επάνω μέρος του εφεδρικού καλωδίου.

Στάδιο 2. Το σκάφος επισκευής κινείται κυκλικά προς την βόρεια πλευρά κατεύθυνσης, ενώ το ήδη ανακτημένο καλώδιο βυθίζεται και πάλι μέσα στο νερό, περνώντας από τον αγωγό που βρίσκεται στην πλευρά του ανοίγματος του σκάφους. Περίπου 200μ καλωδίου τοποθετήθηκαν τώρα στην επιφάνεια του βυθού της θάλασσας με Βορειοδυτική κατεύθυνση διαδρομής. Αναμεταδότες, καλώδιο γείωσης, και φιλικά προς το σύστημα ROV δακτύλιοι, έχουν τοποθετηθεί στο άκρο του καλωδίου, προτού αυτό ριχτεί ξανά μέσα στην θάλασσα από το σκάφος επισκευής.

Στάδιο 3. Αφού τοποθετήσουμε στο βυθό το άκρο του ανατολικού καλωδίου με κατεύθυνση Βορειοδυτική, το σκάφος επισκευής παίρνει τέτοια θέση ώστε ο αγωγός βύθισης ίσα να φαίνεται από το ανοιγώμενο μέρος του σκάφους, και να είναι ακριβώς πάνω από το δυτικό άκρο του καλωδίου. Το δυτικό καλώδιο τραβιέται επάνω στο πλοίο ώσπου το άκρο του να μπει μέσα στο θάλαμο επισκευής που βρίσκεται πάνω στο πλοίο. Κατά τη διάρκεια τραβήγματος του δυτικού καλωδίου το σκάφος επισκευής κινείται προς τα πίσω. Το δυτικό καλώδιο δένεται στην πρύμνη του πλοίου πριν εισέλθει στο θάλαμο επισκευής με τη βοήθεια ειδικών λουριών ή άλλων εξαρτημάτων δεσίματος. Έπειτα το εφεδρικό καλώδιο τραβιέται από την περιστροφική του βάση προς το εσωτερικό του θαλάμου σύνδεσης των καλωδίων.

Στάδιο 4. Τα άκρα των καλωδίων (τόσο το άκρο του δυτικού καλωδίου όσο και το άκρο του εφεδρικού καλωδίου) βρίσκονται στο θάλαμο σύνδεσης και τοποθετείται επάνω τους επικάλυψη μόνωσης. Και τα δυο άκρα ελέγχονται διεξοδικά για τυχόν βλάβες ή τυχόν εισροή νερού στο εσωτερικό τους. Σε περίπτωση βλάβης, κόβεται κάθετα το σημείο που έχει χαλάσει, και επιπλέον μήκος καλωδίου τραβιέται προς το εσωτερικό του θαλάμου επισκευής είτε από την περιστροφική πλάκα είτε από το βυθό της θάλασσας. Μετά την αποδοχή της άριστης κατάστασης των άκρων των καλωδίων, τα δύο άκρα ενώνονται στο θάλαμο σύνδεσης. Κατά την διάρκεια αυτής της επιχείρησης το σκάφος επισκευής μπορεί να πλέει προς την μεριά του ανέμου εάν αυτό κριθεί απαραίτητο.

Στάδιο 5. Όταν η σύνδεση έχει κατασκευαστεί, το σκάφος επισκευής κινείται έμπροσθεν καθώς ρίχνει το ενωμένο επισκευασμένο καλώδιο στο βυθό από τον αγωγό βύθισης που βρίσκεται στην πρύμνη του πλοίου. Το εφεδρικό καλώδιο ακολουθεί. Όταν ο αρμός σύνδεσης και κάποιο μέρος του εφεδρικού καλωδίου έχουν ακουμπήσει στο έδαφος του βυθού της θάλασσας, το σκάφος επισκευής αρχίζει να πλέει παράλληλα με την διαδρομή της καλωδίωσης που οδηγεί στο ανατολικό άκρο του καλωδίου, σε πλευρική απόσταση περίπου 10 μέτρων. Για να μην καταπονηθεί η σύνδεση του καλωδίου από διάφορες δυνάμεις ασκούμενες πάνω σε αυτή, πρέπει το σκάφος επισκευής να μην ξεκινήσει την πλεύση του πριν βεβαιωθεί το πλήρωμα ότι ο συνδετικός αρμός έχει ακουμπήσει σωστά την επιφάνεια του υποθαλάσσιου βυθού. Τα δυο άκρα του καλωδίου βρίσκονται τώρα παράλληλα με 10 μέτρα απόσταση μεταξύ τους.

Στάδιο 6. Αφού το σκάφος μας περάσει πάνω από το άκρο του ανατολικού υποβρυχίου καλωδίου, σταματά ακριβώς πάνω του στην επιφάνεια για να ρυμουλκήσει προς τα πάνω το άκρο του καλωδίου, περνώντας το από τον αγωγό ρυμούλκησης και βύθισης καλωδίου που βρίσκεται στην δεξιά μεριά της πρύμνης του σκάφους. Κινούμενο προς τα πίσω το σκάφος, και τα δυο άκρα του καλωδίου ρυμουλκούνται επάνω στο κατάστρωμα του πλοίου. Από τον αγωγό που βρίσκεται στην δεξιά πλευρά του πλοίου, ρέει το εφεδρικό καλώδιο από το βυθό της θάλασσας μέσα στο θάλαμο εξοπλισμό και τυλίγεται γύρω από την περιστροφική του βάση. Από τον αγωγό ρυμούλκησης της δεξιάς πλευράς το ανατολικό καλώδιο ρυμουλκείται επάνω προς το πλοίο, ρέοντας κατά μήκος της πλώρης του. Το πλαίσιο χάλυβα 180 μοιρών μπορεί να κρατήσει μισή στροφή καλωδίου και θα χρησιμοποιηθεί αργότερα μέσα στο νερό για την ανάπτυξη του καλωδίου. Ενώ το σκάφος κινείται προς τα πίσω ρυμουλκώντας έτσι περισσότερο καλώδιο, το ανατολικό καλώδιο έχει τοποθετηθεί γύρω από το τεταρτημόριο και ρυμουλκείται προς το εσωτερικό του θαλάμου σύνδεσης μέχρι να τοποθετηθεί κυκλικά επάνω από το εφεδρικό καλώδιο. Το σκάφος επισκευής τώρα πλέει σύμφωνα με τον επικρατέστερο και πιο δυνατό άνεμο ώστε να παρέχει την μεγαλύτερη δυνατή σταθερότητα για την εκτέλεση της επόμενης εργασίας αρμολόγησης. Κατά τη διάρκεια της εργασίας σύνδεσης, τα καλώδια που βρίσκονται επάνω στους αγωγούς ρυμούλκησης και βύθισης θα πρέπει να μην έχουν πάνω τους δυνάμεις έντασης που να ασκούνται ώστε να αποφευχθεί η κάθετη βύθιση τους στο πυθμένα της θάλασσας.



Εικόνα 18. Η γωνία του καλωδίου πριν το τελικό στάδιο της βύθισης του.

Στάδιο 7. Μετά την σύζευξη του καλωδίου η τοποθέτηση του έχει ολοκληρωθεί και μπορεί να τεθεί σε τεστ η λειτουργία του καθώς και να ελεγχθούν τα άκρα του καλωδίου από τους μηχανισμούς ελέγχου που βρίσκονται είτε στην ξηρά είτε επάνω σε θαλάσσιες πλατφόρμες αναλόγως της περίπτωσης. Ο βρόγχος του καλωδίου βρίσκεται ακόμη επάνω στο σκάφος. Τώρα ο θάλαμος συναρμολόγησης πρέπει να αφαιρεθεί από το κατάστρωμα. Καθώς το σκάφος επισκευής προχωράει προς τα εμπρός με αργή ταχύτητα ο βρόγχος του καλωδίου μετακινείται σιγά σιγά επάνω στο κατάστρωμα του πλοίου. Η καμπύλη του καλωδίου μπορεί να στηρίζεται επάνω σε τροχαλίες, ράγες, γερανού ή κάτι παρόμοιο. Πρέπει οπωσδήποτε να σταθεροποιηθεί επάνω στο σκάφος ώστε να μην έχουμε την δημιουργία κλίσης του σκάφους ή στρέβλωση του καλωδίου. Όταν η καμπύλη του καλωδίου φτάσει στους αγωγούς βύθισης της πρύμνης πρέπει να ανασηκωθεί απαλά από τις τροχαλίες με τη βοήθεια ενός γερανού. Κατά τη διάρκεια αυτή της διαδικασίας, το σκάφος επισκευής θα πρέπει να διατηρήσει σταθερή την βύθιση του καλωδίου για αυτό και θα πρέπει να πλέει σταθερά με κατεύθυνση προς τα εμπρός. Το καλώδιο βυθίζεται μέσα στο νερό, και ανακόπτεται ανά τακτά διαστήματα για να γίνει σταθερά και χωρίς ατυχήματα η βύθιση του από κάποιο γερανό. Καθώς το σκάφος πλέει αργά προς τα μπροστά το καλώδιο κατεβαίνει μέσα στο νερό και τέλος ακουμπάει στο βυθό. Ένα σύστημα ROV δύναται τώρα να ξεδιπλώσει το εφεδρικό καλώδιο. Η επισκευή έχει τελειώσει και το καλώδιο μπορεί τώρα να θεωρηθεί προστατευμένο. Ανάλογα με το χρόνο που πήρε η σύνδεση των καλωδίων καθώς και η επίδραση πάνω στο έργο μας άλλων συνθηκών, όπως ο καιρός κλπ, η περιγραφόμενη διαδικασία κρατάει από 4 έως και 12 ημέρες.

3.7 Απρόβλεπτες βλάβες

Τα ηλεκτρικά συστήματα μόνωσης έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Πληθώρα φαινομένων που οφείλονται στα αποτελέσματα της γήρανσης της μόνωσης της καλωδίωσης μας, επηρεάζουν κατά πολύ την μόνωση και ευθύνονται για την ζημία αυτής, ιδίως στις περιπτώσεις όπου στην περιοχή τοποθέτησης των καλωδίων οι δυο κυρίαρχοι παράγοντες επικράτησης επάνω στο όλο σύστημα είναι η θερμοκρασία και το ηλεκτρικό φορτίο. Απρόβλεπτες ή στην περίπτωση μιας πηγαίας βλάβης ή εσωτερικές ζημιές εμφανίζονται σπάνια σε συστήματα καλωδιώσεων καλωδίων ρεύματος.

Η τυπική διάρκεια ζωής της μόνωσης των καλωδίων κυμαίνεται από μερικά χρόνια, σε περιπτώσεις όπου υπήρξαν λάθη κατά την τοποθέτηση της καλωδίωσης ή την εγκατάσταση της μόνωσης μέσω ακατάλληλων για το περιβάλλον της διαδικασιών. Ως και 50 έτη αντιστοιχεί για τα καλώδια που καλύφθηκαν με ειδικό χαρτί μόνωσης πάνω από το ήδη υπάρχον στρώμα μόνωσης το οποίο τοποθέτησε το εργοστάσιο παραγωγής επάνω τους κατά την βιομηχανική τους παραγωγή.

Εργοστασιακές δοκιμές έχουν δείξει ότι τα καλώδια συνεχούς ρεύματος που έχουν εμποτισμένη μόνωση, χρειάζονται κάποιες εβδομάδες μέχρι και κάποιους μήνες, από την έναρξη της εισροής του θαλασσινού νερού μέσα στο σύστημα ως την στιγμή της τελικής κατάρρευσης του. Ωστόσο, όσο αφορά καλώδια μικρού ή μεσαίου ηλεκτρικού φορτίου, η μόνωση τους είναι κατά κύριο λόγο πιο ανθεκτική στην εισροή του νερού μέσα σε αυτά, λόγω και της τιμής του ηλεκτρικού φορτίου που μεταφέρουν αλλά και της μεθόδου βιομηχανικής παραγωγής της μόνωσης τους η οποία γίνεται με χρήση ρητινών μόνωσης ακριβώς για αυτό τον σκοπό.

Ακόμη σε παλαιότερες κατασκευασμένες υποβρύχιες καλωδιώσεις με εμποτισμένη μόνωση, παρατηρήθηκε αυξημένο ποσοστό ζημίας στις περιοχές όπου η εμποτισμένη μόνωση ενώνεται σε συγκεκριμένα σημεία της καλωδίωσης, όπου το φορτίο είναι μεγάλο με αποτέλεσμα να κουράζεται η μόνωση γρηγορότερα όπως πχ στις κορυφογραμμές της καλωδίωσης. Κάτω από δυσμενείς συνθήκες δύναται να δημιουργηθεί βύθιση και αποκόλληση της μόνωσης από το καλώδιο και έτσι να βυθιστεί η μόνωση στο βυθό του νερού, αφήνοντας εντελώς εκτεθειμένο το καλώδιο για κάποια μέτρα κλπ. Πάντως μια τέτοια καταστροφή έχει πάνω από 10 έτη να εμφανιστεί σε κατασκευή υποβρυχίων καλωδιώσεων.

Τέλος τα εμποτισμένα καλώδια, δεν θεωρούνται καθόλου ιδανικά για τοποθετήσεις κάθετες, και μάλιστα αρκετοί παραγωγοί των καλωδίων αυτών έχουν διαφορετικές απόψεις για τις συνθήκες για τον τρόπο παραγωγής εμποτισμένων καλωδίων ακόμα και όταν αφορά βύθιση με γωνία κλίσης αφού απορρίπτουν και την ίδια τιμή της κλίσης που θα χρειαστεί.

Στα HDVC τύπου καλώδια ο χαλύβδινος μανδύας είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένος πάνω στην μόνωση του καλωδίου ανά τακτά μετρικά διαστήματα. Οι συνδέσεις αυτές γίνονται με την ύπαρξη ενός ακόμη επιπρόσθετου πλαστικού μανδύα πάνω από τον χαλύβδινο μανδύα προστασίας της μόνωσης. Στις περισσότερες τουλάχιστον περιπτώσεις που είχαμε κατάρρευση του συστήματος σε αυτή την μέθοδο, τα αποτελέσματα έδειξαν, ότι τελικά έφταιγαν οι ελαττωματικά σχεδιασμένες συνδέσεις γείωσης με αποτέλεσμα την δημιουργία σπινθήρων στο εσωτερικό των καλωδίων που με την σειρά τους άρχισαν να καταστρέφουν σιγά -σιγά την μόνωση τους και έτσι οδηγήθηκε το όλο σύστημα στην ολική κατάρρευση του.

Τέλος μια μελέτη σε 700 υπάρχουσα συστήματα καλωδίωσης κατέληξε στο συμπέρασμα από τις 49 σε τελικό αριθμό ζημιές που καταγράφηκαν μεταξύ της περιόδου 1990-2005, μόνο 4 στον αριθμό βλάβες χαρακτηρίστηκαν ως εσωτερικές-αυθόρμητες βλάβες. Όλες οι υπόλοιπες ήταν ζημιές που προκλήθηκαν στο σύστημα από τους προαναφερόμενους και ήδη σε εμάς γνωστούς παράγοντες πρόκλησης βλάβης και ολικής ζημίας ενός συστήματος υποβρύχιας καλωδίωσης.

3.7.1 Εντοπισμός της βλάβης κατά μήκος της εγκατάστασης του καλωδίου

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι όσο αφορά την ανακάλυψη του σημείου βλάβης πάνω στη ολική διαδρομή της υποβρύχιας εγκατάστασης. Η κάθε μια από αυτές έχει τα δικά της προτερήματα και τα δικά της πλεονεκτήματα. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της βλάβης και το σχεδιασμό του υπάρχοντος τοποθετημένου καλωδίου καθώς και του ανταλλακτικού εφεδρικού καλωδίου που φέρει το σκάφος επισκευής, κάθε μια μέθοδος θα ακολουθήσει διαφορετική τροπολογία για την ανακάλυψη την ακριβής τοποθεσίας της βλάβης πάνω στην συνολική καλωδίωση.

Σε περίπτωση που έχουμε βλάβη του υποβρυχίου καλωδίου μας, τότε ο μηχανισμός που είναι αποκλειστικά για τέτοιες επιδιορθώσεις - δηλαδή ο φορέας εκμετάλλευσης της καλωδιακής σύνδεσης, κάνει χρήση διαφορετικών μεθόδων επιδιόρθωσης ταυτόχρονα, ώστε να μειωθεί ο χρόνος επισκευής, ενώ παράλληλα αποκλείει όλες τις μεθόδους που δεν μπορούν να προσδιορίσουν την θέση βλάβης.

Παρά το γεγονός ότι πλέον υπάρχει ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών παραγόμενων εξαρτημάτων ικανών για την ακριβή εύρεση της τοποθεσίας της βλάβης κάτω από το νερό, εξαρτήματα που συνοδεύονται με μηχανισμούς υποβοήθησης και αναλυτικά φυλλάδια που κάνουν την επιχείρηση ευκολότερη από ότι παλαιότερα. Καμία απλούστευση των μηχανημάτων δεν δύναται να αντικαταστήσει ένα τεχνικό πλήρωμα τόσο έμπειρο ώστε να μπορεί επιτόπια να λειτουργεί σε συνθήκες απίστευτης πίεσης και ίσως σε φαινόμενα που δεν είχαν προβλεφθεί και δεν ξέραμε ότι θα συναντήσει το σκάφος επισκευής στην περιοχή αυτή, και το οποίο να ολοκληρώνει την επισκευή αντάξια της εμπειρίας και γνώσης του.

Τις πιο πολλές φορές μία βλάβη του καλωδίου γίνεται αντιληπτή μετά από την ύπαρξη μιας ολικής πτώσης τάσης. Αυτό σημαίνει ότι έχει υποστεί η μόνωση του καλωδίου ολική καταστροφή με αποτέλεσμα το καλώδιο να βγει εκτός λειτουργίας. Η διακύμανση των ζημιών είναι από υψηλή ωμική βλάβη σε χαμηλή ωμική βλάβη της μόνωσης του καλωδίου ή στην ολική καταστροφή του ίδιου του καλωδίου καθαυτού. Σε περίπτωση που έχουμε διπύρηνα ή τριπύρηνα καλώδια, η αναγνώριση του ζημιογόνου καλωδίου γίνεται μέσω της μεθόδου της αφαιρετικής επιλογής, δηλαδή δοκιμάζουμε τους πυρήνες και απορρίπτουμε αυτόν που δεν λειτουργεί του οποίου το καλώδιο βρίσκεται εκτός λειτουργίας και αυτό είναι που πρέπει άμεσα να αντικατασταθεί, ασχέτως που καλό είναι να θέσουμε ξανά το σύστημα σε λειτουργία ώστε να διαπιστώσουμε και την ζωή των υπολοίπων καλωδίων ή να δούμε ίσως τις απαρχές νέων βλαβών πάνω σε αυτά, την επόμενη φορά.

3.7.2 Στατιστική κατανομή των βλαβών

Η στατιστική αξιολόγηση των ζημιών υποβρυχίων καλωδίων παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον στους σχεδιαστές καλωδίων όπως επίσης και στους φορείς εκμετάλλευσης των καλωδιακών εγκαταστάσεων και τέλος για τις ασφαλιστικές εταιρίες που δρουν στον τομέα αυτό. Το ποσοστό διαθεσιμότητας καλωδίου επισκευής καθώς και το μέγεθος του ρίσκου που σχετίζεται με το κόστος των επισκευών βασίζεται εξολοκλήρου στον αριθμό βλαβών που αναμένεται να εμφανίσει η συγκεκριμένη υποβρύχια διαδρομή καλωδίων που έχει εγκατασταθεί. Αυτό ισχύει για κάθε μία διαδρομή ξεχωριστά.

Γνωρίζοντας ποιος είναι ο μεγαλύτερος κίνδυνος καταστροφής τον οποίο θα συναντήσει το καλώδιο κατά την τοποθέτηση του, ο σχεδιαστής μηχανικός της καλωδίωσης δύναται να καλυτερέψει τον σχεδιασμό της καλωδίωσης του με το να αυξήσει ανάλογα και αντίστοιχα την μόνωση και την προστασία των καλωδίων. Κάνοντας χρήση της τεχνογνωσίας του κατασκευαστή του καλωδίου και της εταιρίας παραγωγής του, ο φορέας εκμετάλλευσης της καλωδίωσης μπορεί να εξισορροπήσει το κόστος των επιπλέον στρωμάτων θωράκισης και προστασίας των καλωδίων έναντι του συνολικού κόστους που θα επιφέρει μια μελλοντική βλάβη ή τελική καταστροφή τους. Η επισκευή μίας βλάβης ενός υποβρύχιου καλωδίου είναι αρκετά δαπανηρή και γενικά απαιτεί αρκετό χρονικό διάστημα για την πλήρη εκτέλεση της, λόγω του ότι πάντα υπάρχει η περίπτωση κάποια πλοία επισκευής να μην δύναται να δοθούν στην εταιρία τη δεδομένη στιγμή ή οι καιρικές συνθήκες να είναι τόσο άσχημες που να απαγορεύουν την όποια πλεύση αποστολής προς το σημείο που βρίσκεται το εσφαλμένο καλώδιο. Για αυτό και μια επισκευή μπορεί να διαρκέσει από εβδομάδες ως και μήνες ακόμη.

Φυσικά η επερχόμενη απώλεια του εισοδήματος λόγω της βλάβης είναι ένας άλλος σημαντικός λόγος για την ύπαρξη σωστής προστασίας στα καλώδια. Ολοκληρωμένες μελέτες σχετικά με τη στατιστική κατανομή των ζημιών των υποβρυχίων καλωδίων είναι διαθέσιμες από τη βιομηχανία Τηλεπικοινωνιών, μιας και η μεγαλύτερη μάζα υποβρυχίων καλωδίων ως και σήμερα αποτελείται από καλώδια τηλεπικοινωνίας και όχι τόσο από καλώδια μεταφοράς ρεύματος. Δεν είναι σαφές εάν αυτή η μεταβολή ισχύει και για τα υποβρύχια καλώδια ρεύματος καθώς αυτά τείνουν να έχουν μεγαλύτερη διάμετρο και μεγαλύτερη αντοχή από ότι τα καλώδια τηλεπικοινωνίας και επομένως θεωρούνται λιγότερα τρωτά σε περιπτώσεις ατυχημάτων.

Όμως όσο η βιομηχανία αλιείας αναπτύσσεται ραγδαία, και οι άγκυρες των πλοίων που απασχολεί γίνονται ολοένα και μεγαλύτερες στο μέγεθος, τόσο περισσότερο αυξάνει και ο κίνδυνος καταστροφής από αυτές των καλωδίων μεταφοράς ρεύματος στο βυθό της θάλασσας. Οπότε ο σημαντικότερος παράγοντας και ο μόνος ικανός να μετατρέψει μία κακή στατιστική ζημιών των καλωδίων σε καλή, είναι τα μέτρα προστασίας του καλωδίου.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

«ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ - ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ»

Λειτουργία υποβρυχίων καλωδίων

Μετά την ανάθεση του έργου, τα υποβρύχια καλώδια αναμένεται από τους υπεύθυνους του έργου αλλά και γενικότερα να λειτουργούν χωρίς την εμφάνιση βλαβών και καταστροφών για κάποιες δεκαετίες αρχικά. Ο φορέας εκμετάλλευσης του έργου μπορεί να συμβάλει στην μεγιστοποίηση της διάρκειας της ζωής των καλωδίων και στην έγκυρη υψηλή απόδοση τους, μετά ενός οργανωμένου προγράμματος συντήρησης τους. Αυτό το κεφάλαιο εξηγεί ποιες είναι οι ενέργειες τις οποίες πρέπει να κάνει ο φορέας εκμετάλλευσης του έργου ώστε να μεγιστοποιήσει την άριστη κατάσταση λειτουργίας του καθώς και την διάρκεια ζωής του.

Κοινά μετρά προστασίας όλων των τύπων υποβρυχίων καλωδίων:

Ο φορέας εκμετάλλευσης θα πρέπει να προστατεύει τα καλώδια από μια σειρά δυσκολιών, όπως η υπέρταση, η υπερθέρμανση, η κόπωση των καλωδίων κλπ. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένα απλό σύστημα παρακολούθησης είναι αρκετό. Η υπέρταση του συστήματος πχ μπορεί να αποφευχθεί εάν πριν από τον σχεδιασμό του έργου τοποθέτησης των καλωδίων μέσα στο νερό, κάνουμε μία μελέτη και ανάλυση όλων των δεδομένων που έχουμε στην κατοχή μας για την αποφυγή της. Διάφοροι απαγωγείς υπέρτασης δύναται να χρησιμοποιηθούν, που να διαθέτουν διάφορα επίπεδα προστασίας ιδίως εάν το υποβρύχιο καλώδιο συνδέεται με εναέριες γραμμές.

Οι μετρητές ενέργειες πρέπει να ελέγχονται συστηματικά, προκειμένου να εντοπιστούν τυχόν ανωμαλίες στην λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος. Προσωρινό σύστημα υπέρτασης όταν έχουμε να κάνουμε με ισχυρής παραγωγής συστήματα οφείλουμε να εγκαταστήσουμε και να παρακολουθούμε στενά όπως επίσης και να κατέχουμε όλες τις μεθόδους και στρατηγικές περιορισμού των επιπτώσεων της μη σωστής λειτουργίας του. Ο κίνδυνος της υπερθέρμανσης ενός καλωδίου υπάρχει ακόμα και εάν το καλώδιο καθαυτό λειτουργεί εντός των ορίων σχεδίασης του.

Οι θαλάσσιες συνθήκες που επικρατούν στο βυθό επίσης έχουν την ιδιαιτερότητα να αλλάζουν κάθε λίγους μήνες, και η διαδρομή του καλωδίου μπορεί να καλυφθεί απροειδοποίητα με επιπλέον στρώματα υποθαλάσσιων ιζημάτων. Αυτή η κατάσταση μειώνει την θερμοκρασία επαφής του καλωδίου με το βυθό της θάλασσας, η οποία αποφέρει μεγαλύτερες από τις επιθυμητές θερμοκρασίες στο εσωτερικό του καλωδίου. Επίσης άλλες υπηρεσίες, όπως αγωγοί, αποχετευτικοί οδοί, άλλα καλώδια ρεύματος κλπ μπορούν ξαφνικά να αλλάξουν την εγγύτητα της περιοχής αυτής της καλωδίωσης μας.

Ο φορέας εκμετάλλευσης πρέπει να αναπτύξει μεθόδους παραγωγής και αντιμετώπισης αυτών των θερμικών κινδύνων :

- Διάδοση γνώση της διαδρομής και ύπαρξης γενικότερα της καλωδίωσης μας σε άλλους, όπως στους υπευθύνους γειτονικών κατασκευαστικών υποδομών, ναυτιλιακές αρχές και υπηρεσίες κλπ
- Πάντα να είστε ενήμεροι για τυχόν νέες κατασκευές στην περιοχή της καλωδίωσης σας.
- Να ζητάτε από τις αντίστοιχες θαλάσσιες αρχές, οργανώσεις και εκπαιδευτικά ιδρύματα να σας ενημερώνουν για τυχόν βαθυμετρικές μελέτες που πρόκειται να εκτελέσουν στην περιοχή σας.
- Να τραβάτε από δορυφόρο ανά τακτά διαστήματα φωτογραφίες της όλης εγκατάστασης και διαδρομής και να τις συγκρίνεται μεταξύ τους κάθε φορά.

Οι θερμικές αλλαγές κατά μήκος της καλωδιακής διαδρομής σας μπορούν να καταγράφονται και να μετριοούνται από το σύστημα DTS (Distributed Temperature Measurement System). Αντίξοες συνθήκες θα ανιχνευθούν έγκυρα ώστε να αναλάβετε την αντίστοιχη επιδιορθωτική δράση.

Αποστάσεις μεταξύ δύο στηριγμάτων κατά μήκος όλης της διαδρομής σας πρέπει να ελέγχονται συχνά για να παρατηρηθεί η όποια τυχόν επιμήκυνση των αποστάσεων αυτών. Όταν αυτές οι αποστάσεις υπάρξουν για αρκετό χρόνο στάσιμες (δηλαδή χωρίς να φτιαχτεί το τυχόν ζήτημα κατασκευής), μπορούν εύκολα να προκαλέσουν κραδασμούς, ερεθισμούς λόγω παραγωγής θερμότητας, κόπωση και αποτυχία στο καλώδιο. Οι αποστάσεις αυτές γίνεται να σταθεροποιηθούν μετά χρήσης της μεθόδου βυθίσεως βράχων, ή μεσαίας σκληρότητας επιπέδου λάσπης πάνω από τα καλώδια που βρίσκονται εκεί. Μια ακόμη μέθοδος καταστολής των κραδασμών των ελευθέρων αυτών ανοιγμάτων είναι η λύση με ελάσματα καταστολής των κραδασμών.

Όσο αφορά τις ζημιές που δημιουργούνται από εξωτερικούς παράγοντες υπάρχει επίσης ξέχωρη λίστα με διάφορες λύσεις. Έχουμε αναφέρει πιο πάνω και μεθόδους ειδικά αφιερωμένες στην αγκυροβόληση των πλοίων κοντά στην περιοχή εγκατάστασης και της ζημιές που προέρχονται από αυτήν.

Επειδή ως δεύτερος παράγοντας καταστροφής των καλωδίων είναι η κίνηση των πλοίων πάνω από την διαδρομή της εγκατάστασης μας. Καλό θα ήταν να παρακολουθείται ο αριθμός των πλοίων που πλέει από εκεί και εάν ο φορέας εκμετάλλευσης δει αύξηση του αριθμού των πλοίων που ταξιδεύουν στην εν λόγω περιοχή να επικοινωνήσει με τις αρμόδιες ναυτικές αρχές του κράτους ώστε να προβούν σε μία κοινή και οριστική λύση του ζητήματος προτού ξεκινήσει η αύξηση των ζημιών της καλωδίωσης.

Όργανα εγκατάστασης:

Λαμβάνοντας ενεργό έλεγχο της λειτουργίας τροφοδοσίας του υποβρυχίου καλωδίου αυξάνουμε και την ικανότητα και ωφελιμότητα που παίρνουμε από τις συνδέσεις των καλωδίων μας. Εάν κατέχουμε τον αντίστοιχο κατάλληλο τεχνολογικό υλικό εξοπλισμό μπορούμε να το πράξουμε αυτό.

4.1 Σύστημα μέτρησης θερμοκρασίας (DTS)

Είναι ένας θερμικός αισθητήρας οπτικών ινών ο οποίος τοποθετείται στο εσωτερικό του καλωδίου ρεύματος, ή τοποθετείται δίπλα του. Ένα τέτοιο σύστημα είναι ικανό να μετράει την θερμοκρασία κατά μήκος του καλωδίου τροφοδοσίας. Μια μονάδα παρακολούθησης στην ξηρά αξιολογεί τα οπτικά σήματα μέτρησης και βγάζει το θερμικό προφίλ του καλωδίου.

Ζεστά και ψυχρά σημεία καθώς και διάφορες ακόμα ανωμαλίες κατά μήκος του καλωδίου μπορούν να ανιχνευθούν μέσω του συστήματος αυτού. Συγκρίνοντας DTS εκτυπώσεις σε μια περίοδο κάποιων ετών, μπορούμε να βρούμε το ποσοστό υποθαλάσσιου εδαφικού ιζήματος που απομακρύνθηκε ή προστέθηκε από ή πάνω στην καλωδίωση μας στην συγκεκριμένη θαλάσσια τοποθεσία.

Εάν κάποιο υποβρύχιο καλώδιο είναι για μεγάλο χρονικό διάστημα εκτεθειμένο σε ανοιχτές- ελεύθερες εκτάσεις τοποθέτησης, ή έχει υποστεί εδαφική αλλαγή, τότε για να μπορέσουμε να πούμε ότι εισηγηθήκαμε της κατάστασης η καλύτερη λύση είναι να τοποθετήσουμε υποθαλάσσια και δίπλα στο καλώδιο αυτό ένα καλώδιο DTS ώστε να καταγράψει τις ζημιές και τη διάβρωση που έχει πάθει το ρευματοφόρο καλώδιο.

Υποβρύχια καλώδια, τα οποία δεν έχουν ταφεί μέσα σε κάποια μέτρα βάθος στο βυθό, θα πρέπει να ελέγχονται από δύτες ή σύστημα DTS για να διαπιστωθεί η κατάσταση στην οποία βρίσκονται, ή να δούμε τις αλλαγές που έχουν συμβεί στο περιβάλλον γύρω και κάτω από αυτά. Πολλαπλά DTS συστήματα έχουν την ικανότητα μιας και φέρουν ενσωματωμένες δυνατότητες ODTR , να ανιχνεύσουν και να εντοπίζουν επακριβώς οπτικά την θέση και το είδος της βλάβης του καλωδίου. Το σύστημα DTS άνετα βέβαια μπορεί να εγκατασταθεί και κανονικά θα πρέπει, ακόμα και εάν λειτουργούν ομαλά στην εγκατάσταση μας.



Εικόνα 19. Δύτης απο επιχείρηση εγκατάστασης.

Τα προφίλ θερμοκρασίας που καταγράφονται από αυτό το σύστημα μπορούν να αξιολογηθούν ώστε να αποκτήσουμε μία δυναμική κατανόηση της κατάστασης του καλωδίου. Σε αντίθεση με τη μέθοδο "Συμβατική Συστατική"- 'RatedPower', το σύστημα αυτό είναι σε θέση να υπολογίζει την ρευματοφόρο ικανότητα της σύνδεσης, λαμβάνοντας υπόψη τις πραγματικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο φορέας εκμετάλλευσης μπορεί να επωφεληθεί από την γνώση των αλλαγών που γίνονται στην τοποθεσία κατά την αλλαγή των εποχών του έτους. Επιπλέον η δυναμική αξιολόγηση βρίσκει θερμικά αποθέματα που δημιουργούνται μέσα στο καλώδιο και που μελλοντικά ίσως προκαλέσουν υπερφόρτωση στο σύστημα και την επακόλουθη αυτής κατάρρευση του.

Ο μηχανισμός που έχει κατασκευαστεί βιομηχανικά ειδικά για τις συνδέσεις του εν λόγω έργου, δύναται να χρησιμοποιήσει αυτό το σύστημα ώστε να προσθέσει επιπλέον φορτίο ρεύματος πάνω στο καλώδιο, δίχως βάζει το καλώδιο στον παραμικρό κίνδυνο ζημίας ή ολικής καταστροφής. Εάν το καλώδιο ρεύματος είναι εφοδιασμένο με οπτικές ίνες για την μετάδοση εικόνων, το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδικά για τον σκοπό μέτρησης της διανομής της θερμοκρασίας.

4.2 Συντήρηση καλωδίων εμποτισμένης μάζας και XLPE

Τα καλώδια εμποτισμένης μάζας καθώς και τα καλώδια εκβολής, είναι καλώδια που δεν χρήζουν συντήρησης. Το ίδιο ισχύει και για τις υποβρύχιες συνδέσεις των καλωδίων αυτού του τύπου- δηλαδή ούτε αυτές χρειάζονται συντήρηση. Καλώδια σταθερής μόνωσης δεν έχουν ελεύθερο όγκο λαδιού ώστε να πρέπει να συμπιέζονται από τους σταθμούς συντήρησης που βρίσκονται στην ακτή. Οι καταλήξεις της σύνδεσης απλά πρέπει να έχουν από ένα μικρό δοχείο πίεσης στο οποίο θα καταλήξει το περίσσιο υγρό πχ το πετρέλαιο που θα διαφύγει της πορείας της διαδρομής του καλωδίου και θα φιλοξενηθεί εν τέλη μέσα σε αυτό. Οι αισθητήρες παρακολούθησης της πίεσης και στάθμης του πετρελαίου ελέγχονται από ένα σύστημα μέσα στον υποσταθμό. Η πολύ χαμηλή, η πολύ υψηλή πίεση προκαλεί συνήθως και κάποιες μικρές αναπηδήσεις της σύνδεσης του καλωδίου.

Τα καλώδια με μόνωση XLPE συνεχούς ρεύματος, τις περισσότερες φορές τερματίζουν ακριβώς μέσα στον χώρο του υποσταθμού GIS. Όχι όλες, αλλά κάποιες GIS καλωδιακές απολήξεις έχουν μικρές ποσότητες μόνωσης πετρελαίου (ορυκτέλαιο, πολυϊσοβουτενίου ή σιλικόνη), η οποία εκπέμπει κάποιες προειδοποιήσεις στον χειριστή του οργάνου παρακολούθησης για την ακολουθία ελέγχου της πίεσης και στάθμης του πετρελαίου. Οι απαιτήσεις αυτής της συντήρησης είναι επακριβώς ίδιες με τις απαιτήσεις που χρειάζεται μία απόληξη ενός καλωδίου γείωσης.

4.2.1 Τερματισμοί υποβρυχίων καλωδίων

Η εγγυότητα των τερματικών αρκετών υποβρυχίων καλωδίων μέσα στο νερό της θάλασσας, μπορεί να προκαλέσει την ύπαρξη αρκετών στρώσεων επιπέδων αλάτων πάνω στα μονωτικά υλικά, γεγονός που επιλύεται μοναχά με την γρήγορη εκκίνηση διεργασίας καθαρισμού της καλωδίωσης. Κάποιοι τύποι καθαρισμού, δύναται να πραγματοποιηθούν δίχως να σταματήσει η λειτουργία των καλωδίων αλλά όταν αυτά βρίσκονται εν ενεργεία. Μερικά μονωτικά τερματικά βασίζονται στην υδροφοβία που περιέχουν τα πολυμερή υλικά τους ή κάποιες επικαλύψεις τους. Τα υπόλοιπα όμως υλικά θα πρέπει να ελέγχονται συχνά για το ποσοστό υδροφοβίας που εμπεριέχουν. Όλες οι καταγγελίες που αφορούν περιοχές κοντινές στην ακτογραμμή ή κοντινές στις επιθαλάσσιες πλατφόρμες θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη και να ελεγχθούν καθώς και μετέπειτα οι ίδιες περιοχές θα πρέπει να ελέγχονται ανά τακτά διαστήματα ξανά και ξανά για τυχόν ύπαρξη διάβρωσης. Ιδίως οι γαλβανικές διαβρώσεις που είναι οι διαβρώσεις που γεννιούνται μεταξύ διαφορετικών μετάλλων είναι ιδιαίτερα επίπονες.

4.3 Αξιοπιστία των υποβρυχίων καλωδίων

Τα υποβρύχια καλώδια ενέργειας είναι κατά κύριο λόγο ιδιοκτησία των Δημοσίων Αρχών ενός κράτους και για αυτό αξίζουν μεγαλύτερη προσοχή από αυτή που τους δίνεται. Ο φορέας εκμετάλλευσης νοιάζεται για μία συνεχή λειτουργία της εγκατάστασης δίχως προβλήματα και ζημίες και κόστος φυσικά οικονομικής φύσεως και δεν ενδιαφέρονται για τον τομέα των επισκευών των ελέγχων και των καθαρισμών καθώς αυτές οι εργασίες είναι και χρονοβόρες και πολύ πολυέξοδες. Τα υποβρύχια καλώδια δεν είναι κατά κύριο λόγο μέλος μιας μεγαλύτερης εγκατάστασης οπότε όταν παρουσιαστεί βλάβη δεν υπάρχει άλλη διεξοδος διαφυγής ώστε να την παρακάμψουμε όπως συμβαίνει στα καλώδια ρεύματος στη ξηρά δηλαδή όταν εμφανιστεί βλάβη μπορεί να γίνει τροφοδοσία από άλλη γραμμή.

Αντιθέτως στα υποθαλάσσια καλώδια δεν υπάρχει επιπλέον ηλεκτρικό κύκλωμα για να υποστηριχθεί από άλλο σημείο τροφοδοσίας. Μία βλάβη σε μια υποβρύχια καλωδίωση, καταλήγει στο να αφήσει νεκρά από ρεύμα ολόκληρα νησιά, να θέσει εκτός λειτουργίας πλατφόρμες εξαγωγής πετρελαίου από το βυθό της θάλασσας και να νεκρώσει ολόκληρα αιολικά πάρκα. Μία ζημιά σε υποβρυχίες καλωδιώσεις που συνδέονται με αυτοτροφοδοτούμενα με ρεύμα νησιά ή περιοχές, δεν θα προκαλέσει βέβαια ένα γενικό blackout σε αυτά, αφού θα λειτουργούν με το δικό τους σύστημα ρεύματος, αλλά θα προκαλέσει μεγάλο πλήγμα στα κέρδη του φορέα εκμετάλλευσης της υποβρυχίας εγκατάστασης ρεύματος.

Για ακριβώς αυτό τον λόγο, η αξιοπιστία της λειτουργίας και της αντοχής των υποβρυχίων καλωδίων είναι καθοριστική και ιδιαίτερα σημαντική, και επομένως κάθε εμπορικό μοντέλο κατασκευής υποβρυχίας εγκατάστασης θα πρέπει να έχει τα καλύτερα υλικά που υπάρχουν στην αγορά, τα τελευταία τεχνολογικά μοντέλα ως εξαρτήματα κλπ και βεβαίως τον καλύτερο τεχνικό δυνατό σχεδιασμό έπειτα από μια σίγουρη έρευνα μελέτης και σχεδίασης του από τους καλύτερους των καλύτερων του είδους. Μια σειρά από άρθρα μεγάλων εφημερίδων ανέφεραν ότι τις δεκαετίες του 1970 και 1980 η υποβολή εκθέσεων αναφοράς των εμπειριών που αποκτήθηκαν κατά την κατασκευή υποβρυχίων έργων, συμπεριλαμβανομένων των εκθέσεων αναφοράς βλαβών και παύσης λειτουργίας της εγκατάστασης αλλά και αναφορών με λίστες επίλυσης των προβλημάτων που συνάντησαν οι τεχνικοί τότε ήταν ανύπαρκτες. Μονάχα την τελευταία εικοσαετία, ο αριθμός τέτοιων εκθέσεων και αναφορών έχει εκτοξευθεί κυριολεκτικά και πλέον υπάρχει όχι μόνο γνώση αλλά και παρουσίαση αγνώστων μέχρι πριν προβλημάτων που προέρχονταν από μη κατασκευαστικούς παράγοντες.

Τέλος όλες οι κατασκευαστικές εταιρίες μπορούν να έχουν ετησίως αναφορά των βλαβών, επισκευών, περιστατικών, λύσεων κλπ που αντιμετώπισαν στο έργο που τους είχε ανατεθεί την εν λόγω χρονιά.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Με μια υποβρύχια καλωδιακή εγκατάσταση τροφοδοτείται το σύμπλεγμα νησιών των βόρειων Σποράδων το οποίο αποτελείται από τα νησιά της Σκιάθου, της Σκόπελου και της Αλονήσου. Συγκεκριμένα τα τρία νησιά τροφοδοτούνται από τον Υ/Σ του Λαύκου στο Πήλιο. Η υποβρύχια καλωδίωση που γίνεται από το Πήλιο στην Σκιάθο γίνεται με τέσσερις διασυνδέσεις, οι οποίες γίνονται με τα εξής καλώδια: 4 μονοπολικά 95 mm² χαλκού, με 2 τριπολικά 150 mm² αλουμινίου και με 1 τριπολικό 95 mm² χαλκού. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται αναλυτικά το έτος που τοποθετήθηκαν τα καλώδια, η μεταφορά ισχύος, το ονομαστικό ρεύμα καθώς και η ικανότητα μεταφορά ισχύος όταν έχουμε απώλεια ενός καλωδίου λόγω βλάβης.

Σημείο Προσαιγιάλωσης (από- προς)	Τύπος	Ικανότητα Μεταφοράς Ισχύος (MVA)	Έτος πόντισης	Ονομαστικό ρεύμα	Ικανότητα μετ. Ισχύος σε κατάσταση N-1 (MVA)
Πήλιο- Σκιάθος	4x1x95 Cu	10.4	1968	300	32.9
	3x150 Al	10.4	1989	300	32.9
	3x150 Al	10.4	1989	300	32.9
	3x95 Cu	12.1	2004	350	31.2
Σύνολο 4 διασυνδέσεων		43.3		1250	

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά για κάθε καλώδιο της εγκατάστασης Πήλιο-Σκιάθος

Όπως στο παραπάνω πίνακα παρουσιάσαμε τα στοιχεία των διασυνδέσεων των καλωδίων από τον υποσταθμό του Πηλίου προς την Σκιάθο, έτσι αντίστοιχα φαίνονται παρακάτω και οι διασυνδέσεις από την Σκιάθο στην Σκόπελο που είναι δεύτερο στη σειρά νησί, οι οποίες αποτελούνται από τα εξής καλώδια: Τέσσερα μονοπολικά 50 mm² χαλκού, δύο τριπολικά 150 mm² αλουμινίου.

Σημείο Προσαιγιάλωσης (από- προς)	Τύπος	Ικανότητα Μεταφοράς Ισχύος (MVA)	Έτος πόντισης	Ονομαστικό ρεύμα	Ικανότητα μετ. Ισχύος σε κατάσταση N-1 (MVA)
Σκιάθος- Σκόπελος	4x1x95 Cu	7.9	1968	230	20.8
	3x150 Al	10.4	1997	300	18.3
	3x150 Al	10.4	1997	300	18.3
Σύνολο 3 διασυνδέσεων		28.7		830	

Πίνακας 2. Χαρακτηριστικά για κάθε καλώδιο της εγκατάστασης Σκιάθος-Σκόπελος.

Τέλος στο τελευταίο πίνακα φαίνεται η επόμενη διασύνδεση μεταξύ Σκόπελου και Αλόνησου το οποίο είναι και το τελευταίο κομμάτι της υποβρύχιας καλωδίωσης μας. Τα αντίστοιχα καλώδια που θα τοποθετηθούν σε αυτή την διασύνδεση είναι : δύο τριπολικά καλώδια των 35 mm² χαλκού.

Σημείο Προσαιγείαλωσης (από- προς)	Τύπος	Ικανότητα Μεταφοράς Ισχύος (MVA)	Έτος πόντισης	Ονομαστικό ρεύμα	Ικανότητα μετ. Ισχύος σε κατάσταση N-1 (MVA)
Σκόπελος- Αλόνησο	3x35 Cu	6.6	1980	190	6.6
	3x35 Cu	6.6	1980	190	6.6
Σύνολο 2 διασυνδέσεων		13.2		380	

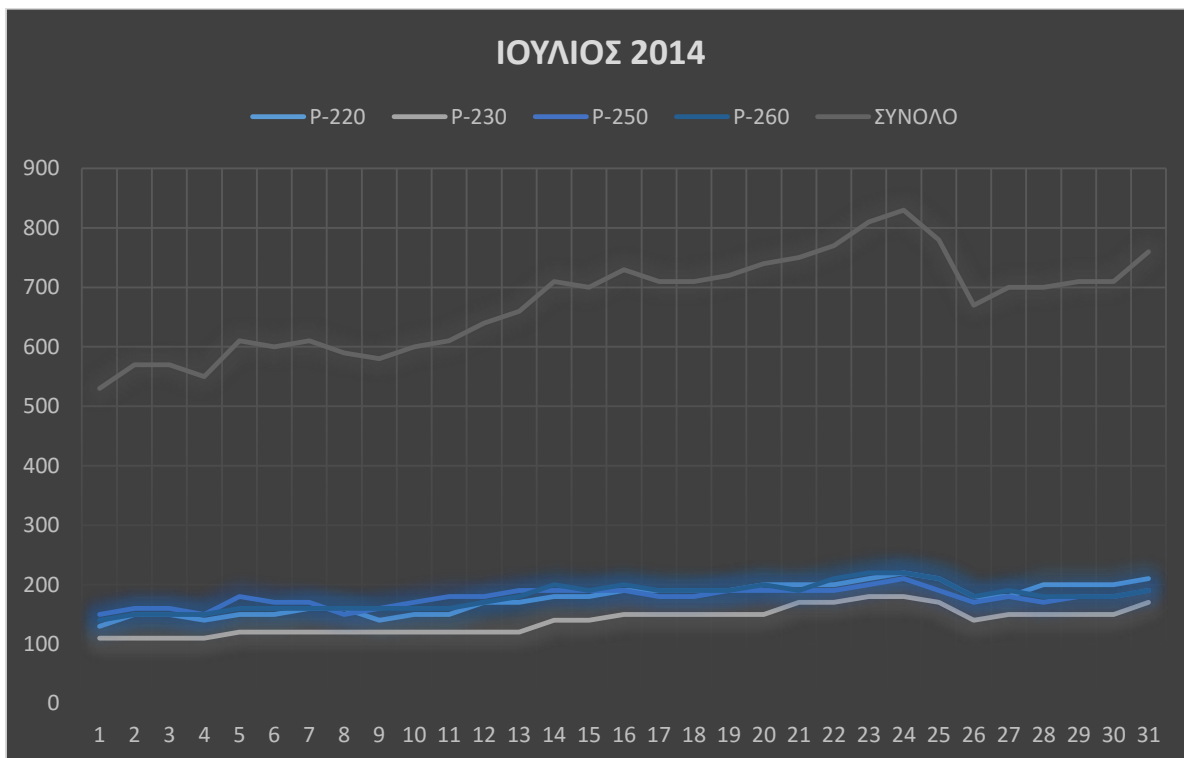
Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά για κάθε καλώδιο της εγκατάστασης Σκόπελος-Αλόνησος.

Τους καλοκαιρινούς μήνες που παρατηρείται αύξηση του τουρισμού στα νησιά έχουμε και τα μεγαλύτερα φορτία στο δίκτυο και ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει την μέγιστη ημερήσια κατανάλωση των μηνών Ιουλίου και Αυγούστου για το έτος 2014 των τεσσάρων υποβρυχίων καλωδίων τα οποία αναχωρούν από τον υποσταθμό του Λαύκου προς στην Σκιάθο.

ΜΕΓΙΣΤΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΦΟΡΤΙΑ ΙΟΥΛΙΟΥ 2014

ΗΜΕΡΑ	P-220	P-230	P-250	P-260	ΣΥΝΟΛΟ
1	130	110	150	140	530
2	150	110	160	150	570
3	150	110	160	150	570
4	140	110	150	150	550
5	150	120	180	160	610
6	150	120	170	160	600
7	160	120	170	160	610
8	160	120	150	160	590
9	140	120	160	160	580
10	150	120	170	160	600
11	150	120	180	160	610
12	170	120	180	170	640
13	170	120	190	180	660
14	180	140	190	200	710
15	180	140	190	190	700
16	190	150	190	200	730
17	190	150	180	190	710
18	190	150	180	190	710
19	190	150	190	190	720
20	200	150	190	200	740
21	200	170	190	190	750
22	200	170	190	210	770
23	210	180	200	220	810
24	220	180	210	220	830
25	210	170	190	210	780
26	180	140	170	180	670
27	180	150	180	190	700
28	200	150	170	180	700
29	200	150	180	180	710
30	200	150	180	180	710
31	210	170	190	190	760

Πίνακας 4. Μέγιστα ημερήσια φορτία για τον μήνα Ιούλιο 2014.

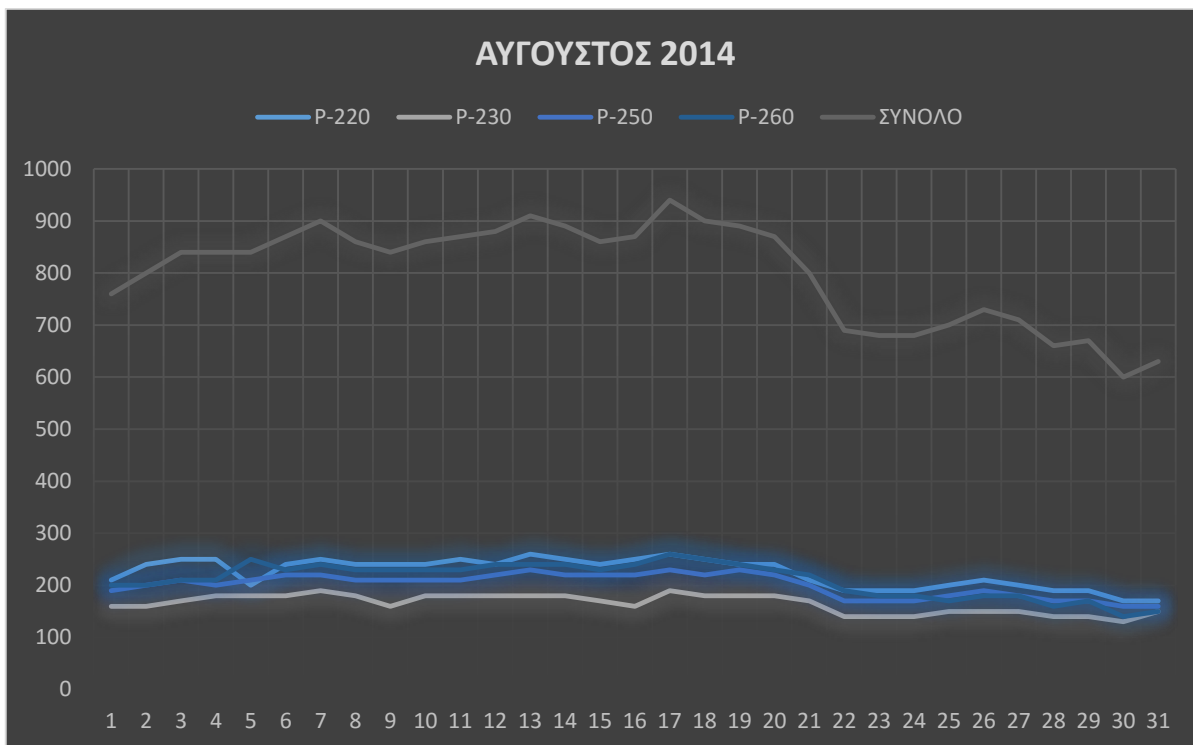


Γράφημα 1. Μέγιστες τιμές καταναλώσεων για το μήνα Ιούλιο 2014.

ΜΕΓΙΣΤΑ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΦΟΡΤΙΑ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 2014

ΗΜΕΡΑ	P-220	P-230	P-250	P-260	ΣΥΝΟΛΟ
1	210	160	190	200	760
2	240	160	200	200	800
3	250	170	210	210	840
4	250	180	200	210	840
5	200	180	210	250	840
6	240	180	220	230	870
7	250	190	220	240	900
8	240	180	210	230	860
9	240	160	210	230	840
10	240	180	210	230	860
11	250	180	210	230	870
12	240	180	220	240	880
13	260	180	230	240	910
14	250	180	220	240	890
15	240	170	220	230	860
16	250	160	220	240	870
17	260	190	230	260	940
18	250	180	220	250	900
19	240	180	230	240	890
20	240	180	220	230	870
21	210	170	200	220	800
22	190	140	170	190	690
23	190	140	170	180	680
24	190	140	170	180	680
25	200	150	180	170	700
26	210	150	190	180	730
27	200	150	180	180	710
28	190	140	170	160	660
29	190	140	170	170	670
30	170	130	160	140	600
31	170	150	160	150	630

Πίνακας 5. Μέγιστα ημερήσια φορτία για τον μήνα Αύγουστο 2014.



Γράφημα 2. Μέγιστες τιμές καταναλώσεων για το μήνα Αύγουστο 2014.

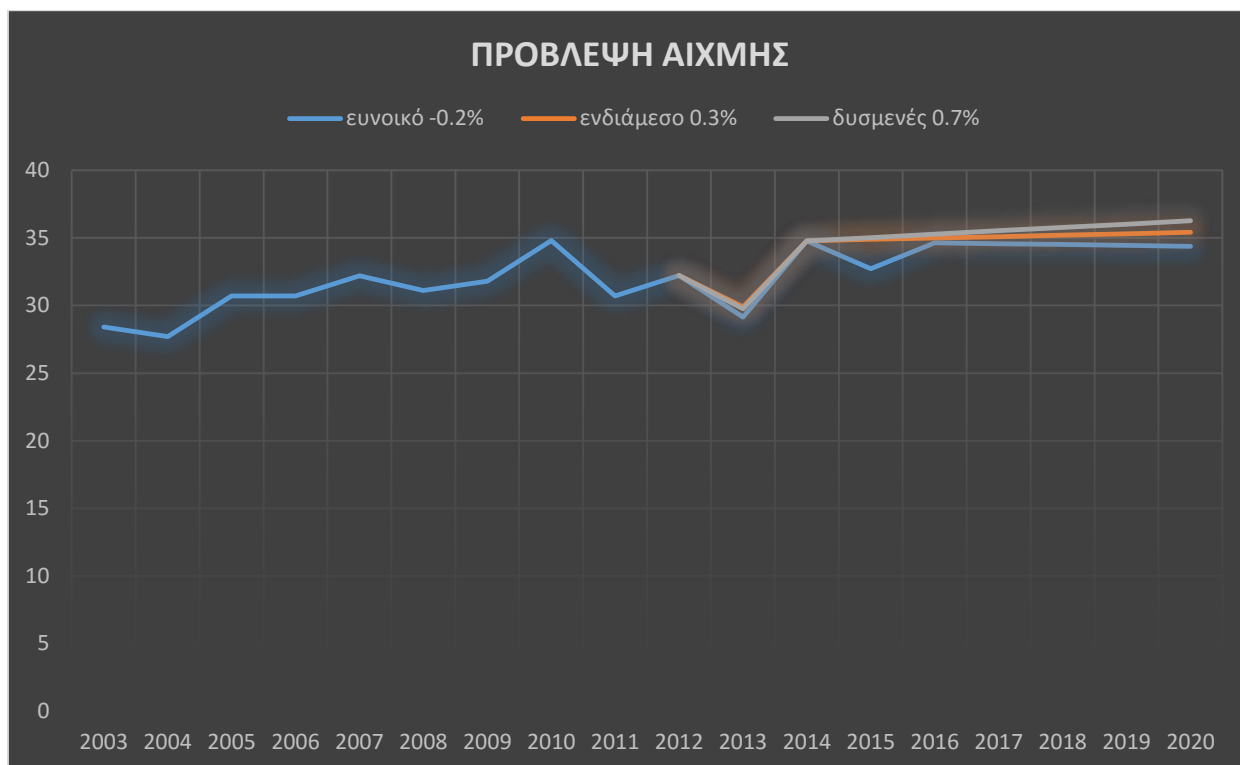
Τα επόμενα χρόνια σύμφωνα με τις προβλέψεις που έχουν γίνει με μελέτες υποδεικνύουν ότι θα παρουσιαστεί μία ακόμα μεγαλύτερη αύξηση του τουρισμού, καθώς και βιομηχανική ανάπτυξη με την δημιουργία νέων εργοστασίων αφαλάτωσης στα νησιά το οποίο θα καθιστά απαραίτητη μία αναβάθμιση του δικτύου τροφοδότησης ώστε να καλυφθούν όλες οι ανάγκες του νησιών.

Ο παρακάτω πίνακας αναφέρεται στην πρόβλεψη των φορτίων των Βόρειων Σποράδων σε θερινή αιχμή για 3 πιθανά σενάρια τα οποία είναι το ευνοϊκό, ενδιάμεσο και δυσμενές. Οι προβλέψεις αυτές έχουν ως αφετηρία το έτος του 2012 έως το 2020.

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΑΙΧΜΗΣ ΣΕ (MVA)

		ΣΕΝΑΡΙΑ									
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Μήνες αιχμής Σε (MVA)	Ευνοϊκό	32.22	29.14	34.79	32.72	34.65	34.58	34.51	34.44	34.37	
	Ενδιάμεσο	32.22	29.9	34.79	34.89	35.00	35.10	35.21	35.31	35.42	
	Δυσμενές	32.22	29.75	34.79	35.03	35.28	35.53	35.77	36.02	36.28	

Πίνακας 6 .Πρόβλεψη αιχμής σε MVA για καθένα από τα 3 σενάρια.



Γράφημα 3. Πρόβλεψη αιχμής για καθένα από τα 3 σενάρια.

Όπως αναφέραμε στο θεωρητικό μέρος ένα πολύ πιθανό πρόβλημα των υποβρύχιων καλωδιώσεων είναι η εμφάνιση βλαβών οι οποίες προκαλούνται είτε από την χρήση αλιευτικού εξοπλισμού κοντά στα καλώδια, το χτύπημα ενός καλωδίου από κάποια άγκυρα, ή οποιαδήποτε άλλη βλάβη προκληθεί στο καλώδιο. Στην περίπτωση που το ένα καλώδιο θα βγει εκτός λειτουργίας θα πρέπει το δίκτυο να μπορεί να ανταπεξέλθει και να συνεχίσει να τροφοδοτεί το νησί ώστε να μην μείνει χωρίς ρεύμα. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την πόντιση ενός εφεδρικού καλωδίου για αυτές τις περιπτώσεις λαμβάνοντας υπόψη και τα τρία σενάρια (ευνοϊκό, ενδιάμεσο, δυσμενές). Και στις τρεις περιπτώσεις θα πρέπει με την απώλεια ενός καλωδίου σε περιόδους θερινής αιχμής οι υπόλοιπες διασυνδέσεις να μπορούν να αντέξουν τα φορτία για την τροφοδοσία του νησιού.

Οι παρακάτω πίνακες παρουσιάζουν τον υπολογισμό ελλείματος ισχύος στην διασύνδεση Πήλιο- Σκιάθος (με περιορισμένη και ονομαστική φόρτιση των καλωδίων) κατά την διάρκεια της θερινής αιχμής του έτους 2014 σε συνθήκες όπου έχουμε απώλεια ενός καλωδίου (N-1) και για τα τρία πιθανά σενάρια ώστε να μπορούμε να ξέρουμε σε κάθε μία περίπτωση αν η υποβρύχια εγκατάσταση μας θα συνεχίζει να τροφοδοτεί το νησί χωρίς κανένα πρόβλημα.

Θερινή αιχμή 2014 ίση με 32.22 MVA (συνθήκες καύσωνα)					
Ρυθμός αύξησης 2.6%					
Περιορισμένη φόρτιση καλωδίων λόγω τεχνικών περιορισμών επί του δικτύου					
ΣΥΜΒΑΝ	Φόρτιση υπολοίπων διασυνδέσεων σε MVA	ΕΛΛΕΙΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (N-1) ΚΑΤΑ ΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΑΙΧΜΗ ΣΕ MVA			
		2012	2013	2014	2015
Απώλεια καλωδίου 12.1 MVA	27.00	5.20	6.04	6.9	7.78
Απώλεια καλωδίου 10.4	27.70	4.51	5.35	6.21	7.09

Πίνακας 7. για το δυσμενές σενάριο με 930 A ή 32.22 MVA μέγιστο και ρυθμό αύξησης 2,6%.

Ονομαστική φόρτιση καλωδίων					
ΣΥΜΒΑΝ	Φόρτιση υπολοίπων διασυνδέσεων σε MVA	ΕΛΛΕΙΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (N-1) ΚΑΤΑ ΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΑΙΧΜΗ ΣΕ MVA			
		2012	2013	2014	2015
Απώλεια καλωδίου 12.1 MVA	31.20	1.02	1.86	2.72	3.60
Απώλεια καλωδίου 10.4	32.90	-0.68	0.16	1.02	1.90

Πίνακας 8. Ονομαστική φόρτιση των καλωδίων για το δυσμενές σενάριο.

Θερινή αιχμή 2014 ίση με 32.22 MVA (συνθήκες καύσωνα)					
Ρυθμός αύξησης 1%					
Περιορισμένη φόρτιση καλωδίων λόγω τεχνικών περιορισμών επί του δικτύου					
ΣΥΜΒΑΝ	Φόρτιση υπολοίπων διασυνδέσεων σε MVA	ΕΛΛΕΙΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (N-1) ΚΑΤΑ ΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΑΙΧΜΗ ΣΕ MVA			
		2012	2013	2014	2015
Απώλεια καλωδίου 12.1 MVA	27.00	5.20	5.52	5.85	6.18
Απώλεια καλωδίου 10.4	27.70	4.51	4.83	5.16	5.48
Ονομαστική φόρτιση καλωδίων					
ΣΥΜΒΑΝ	Φόρτιση υπολοίπων διασυνδέσεων σε MVA	ΕΛΛΕΙΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (N-1) ΚΑΤΑ ΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΑΙΧΜΗ ΣΕ MVA			
		2012	2013	2014	2015
Απώλεια καλωδίου 12.1 MVA	31.20	1.02	1.34	1.67	2.00
Απώλεια καλωδίου 10.4	32.90	-0.68	-0.36	-0.03	0.30

Πίνακας 9. για το ενδιάμεσο σενάριο με 930 A ή 32.22 MVA μέγιστο και ρυθμό αύξησης 1%.

Θερινή αιχμή 2014 ίση με 32.22 MVA (συνθήκες καύσωνα)					
Ρυθμός αύξησης 0.5%					
Περιορισμένη φόρτιση καλωδίων λόγω τεχνικών περιορισμών επί του δικτύου					
ΣΥΜΒΑΝ	Φόρτιση υπολοίπων διασυνδέσεων σε MVA	ΕΛΛΕΙΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (N-1) ΚΑΤΑ ΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΑΙΧΜΗ ΣΕ MVA			
		2012	2013	2014	2015
Απώλεια καλωδίου 12.1 MVA	27.00	5.20	5.36	5.52	5.69
Απώλεια καλωδίου 10.4	27.70	4.51	4.67	4.83	4.99
Ονομαστική φόρτιση καλωδίων					
ΣΥΜΒΑΝ	Φόρτιση Υπολοίπων διασυνδέσεων σε MVA	ΕΛΛΕΙΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ (N-1) ΚΑΤΑ ΤΗ ΘΕΡΙΝΗ ΑΙΧΜΗ ΣΕ MVA			
		2012	2013	2014	2015
Απώλεια καλωδίου 12.1 MVA	31.20	1.02	1.18	1.34	1.51
Απώλεια καλωδίου 10.4	32.90	-0.68	-0.52	-0.36	-0.19

Πίνακας 10. Για το εννοικό σενάριο με 930 A ή 32.22 MVA μέγιστο και ρυθμό αύξησης 0.5%.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Fulgor :Προδιαγραφές καλωδίων από εγχειρήδια της εταιρείας καλωδίων Fulgor
2. Cigré Working Group 21.06 (1986): Μέθοδοι για να αποτραπεί η καταστροφή ενός υποβρύχιου καλωδίου, Working Group 21.06, Cigré Session 1986.
3. ΔΕΔΗΕ: Μετρήσεις, διδακτικό και φωτογραφικό υλικό 2015
4. Thomas Worzyk: Submarine Power Cables 2009
5. R. Bartnikas: Power and communication cables, theory and applications