



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής
Σχεδίασης και Παραγωγής

&

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ**

Τμήμα Ναυτιλίας και
Επιχειρηματικών Υπηρεσιών



**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ»**

ΤΙΤΛΟΣ

*Ειδικά πλοία πόντισης καλωδίων ηλεκτροδότησης με έμφαση στα
συστήματα πόντισης και τους σχετικούς αυτοματισμούς.*

ΤΙΤΛΟΣ ΑΓΓΛΙΚΑ

*Special power cable laying vessels with an emphasis on laying systems and
related automations.*

Όνοματεπώνυμο Φοιτήτριας:

Κουλτούκη Ζήνα

Όνοματεπώνυμο Υπεύθυνου Καθηγητή:

Τσουκαλάς Βασίλειος

ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΜΑΡΤΙΟΣ 2024

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής

Τσουκαλάς Βασίλειος

Παπουτσιδάκης Μιχαήλ

Δρόσος Χρήστος

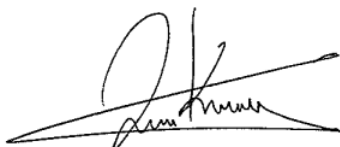
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Κουλτούκη Ζήνα του Κωνσταντίνου, με αριθμό μητρώου 8066295 φοιτήτρια του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής της Σχολής Μηχανικών Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Η δηλούσα

Ημερομηνία

25/3/2024



ΤΙΤΛΟΣ

Ειδικά πλοία πόντισης καλωδίων ηλεκτροδότησης με έμφαση στα συστήματα πόντισης και τους σχετικούς αυτοματισμούς.

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΡΙΑΣ

ΚΟΥΛΤΟΥΚΗ ΖΗΝΑ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του Διϋδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Νέες Τεχνολογίες στη Ναυτιλία και τις Μεταφορές» του Τμήματος Ναυτιλίας και Επιχειρηματικών Υπηρεσιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου και του Τμήματος Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική μελετήσαμε ενδελεχώς την διαδικασία φόρτωσης και πόντισης καλωδίων στο ειδικό πλοίου πόντισης καλωδίων ηλεκτροδότησης παράκτιων κατασκευών ονόματι «Αταλάντη». Εν γένει, μετά το πέρας της παρακολούθησης της διαδικασίας φόρτωσης καλωδίου στο εργοστάσιο των Ελληνικών Καλωδίων στην Κόρινθο και εφόσον αποτυπώθηκαν και καταγράφηκαν οι ανάγκες περί αυτοματοποίησης μεμονωμένων διαδικασιών φόρτωσης και πόντισης των καλωδίων, καταλήξαμε στον θεωρητικό σχεδιασμό ενός συγκεκριμένου συστήματος αυτοματισμού. Χρησιμοποιώντας νέες τεχνολογίες (IoT), συνδιάζοντας διαφορετικούς αυτοματισμούς, συστήματα εντοπισμού θέσης, ποικίλους αισθητήρες, άσυρματο σύστημα αισθητήρων και διερευνώντας όλες τις παραμέτρους οι οποίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη ενός πλήρως αυτοματοποιημένου συστήματος, όπως για παράδειγμα η εμπλοκή πολλαπλών και ποικίλων μεταβλητών, οι οποίες αφορούν τυχόν βλάβες του εξοπλισμού, τις απρόβλεπτες καιρικές συνθήκες, την αλληλεπίδραση με το σύστημα DP του πλοίου, προχωρήσαμε εν συνεχεία στη μελέτη και τον σχεδιασμό ενός πλήρους συστήματος αυτοματοματισμού με σκοπό την διατήρηση του ειδικού πλοίου πόντισης καλωδίων «Αταλάντη» σε σταθερή θέση κατά τη διαδικασία πόντισης καλωδίων, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση μέσω της γέφυρας.

Λέξεις Κλειδιά: ειδικό πλοίο πόντισης καλωδίων, σύστημα αυτοματισμού, αισθητήρες, συλλογή δεδομένων, σύστημα εντοπισμού θέσης.

ABSTRACT

In this thesis, we will study the process of loading and laying cables of special cable-laying vessel called "Atalanti". In general, following the monitoring of the cable loading process at the Hellenic Cables factory in Corinth and upon identifying and recording the automation needs for individual cable loading and laying processes, we arrived at the theoretical design of a specific automation system. Utilizing new technologies (IoT), combining various automations, positioning systems, diverse sensors, wireless sensor systems, and exploring all parameters crucial to achieving a fully automated system, such as the involvement of multiple and diverse variables including equipment malfunctions, unforeseen weather conditions, interaction with the DP system of vessel, we then proceeded to study and design a complete automation system aimed at maintaining the cable-laying vessel "Atalanti" in a stable position during the cable laying process, without human intervention via the bridge.

Keywords: cable laying vessel, automation system, sensors, data acquisition, positioning system.

*Αφιερώνεται στους αγαπημένους μου γονείς,
Κωνσταντίνο & Μαρία.*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT.....	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	9
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΝΤΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (CLV).....	11
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
2.2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	11
3.ΕΙΔΙΚΟ ΠΛΟΙΟ ΠΟΝΤΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ «ΑΤΑΛΑΝΤΗ».....	16
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	16
3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ.....	19
3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΟΝΤΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ.....	25
4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΟΥ CLV «ΑΤΑΛΑΝΤΗ» ΣΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΘΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΟΝΤΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΧΩΡΙΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ.....	28
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	28
4.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ	29
4.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ.....	34
4.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ (DP).....	35
4.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	39
4.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DAS).....	42
4.7 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DAS).....	50
4.8 ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (IoT).....	51
4.9ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ (WSN).....	52
4.9.1 Δομή κόμβου σε ασύρματο δίκτυο αισθητήρων.....	53
4.9.2 Εφαρμογές ασύρματων δικτύων σε ειδικό πλοίο πόντισης καλωδίων.....	54
4.10 Περιγραφή της δομής του προτεινόμενου ΣΑΕ.....	55
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	58
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Ειδικό πλοίο πόντισης καλωδίων «Αταλάντη».....	19
Εικόνα 2. Γέφυρα του πλοίου «Αταλάντη».....	20
Εικόνα 3. Συστήματα της γέφυρας του πλοίου «Αταλάντη».....	20
Εικόνα 4. Στην αριστερή πλευρά απεικονίζεται η μία γλίστρα και η μεταφορά του καλωδίου από το εργοστάσιο στο πλοίο, ενώ στη δεξιά εκόνα απεικονίζονται πανοραμικά και οι δύο γλίστρες που διαθέτει το πλοίο «Αταλάντη».....	21
Εικόνα 5. Εντατήρες πλοίου «Αταλάντη».....	21
Εικόνα 6. Καλωδιομηχανή πλοίου «Αταλάντη».....	21
Εικόνα 7. Control room της καλωδιομηχανής και των εντατήρων του πλοίου «Αταλάντη».....	22
Εικόνα 8. Από την αριστερή μέχρι την δεξιά εικόνα, απεικονίζεται η διαδικασία κίνησης του καλωδίου εντός του ραουλόδρομου, έως ότου εναποτεθεί εντός της περιστρεφόμενης τράπεζας.....	22

Εικόνα 9. Στο μπροστινό μέρος της εικόνας βρίσκεται η μικρή περιστρεφόμενη τράπεζα, ενώ αριστερά στο βάθος απεικονίζεται η μεγάλη περιστρεφόμενη τράπεζα	23
Εικόνα 10. Εσωτερική και εξωτερική απεικόνιση του καλωδίου το οποίο φορτώθηκε στο πλοίο «Αταλάντη».....	23
Εικόνα 11. Στην αριστερή εικόνα απεικονίζεται το αυτόνομο υποβρύχιο σκάφος, ενώ στη δεξιά εικόνα απεικονίζεται το control room.....	24
Εικόνα 12. Κάτοψη καταστρώματος του CLV «Αταλάντη».....	24
Εικόνα 13. Πανοραμική λήψη του CLV «Αταλάντη» κατά τη διαδικασία πόντισης καλωδίου.....	28
Εικόνα 14. Βαθμίδες συστήματος συλλογής δεδομένων (DQS).....	42
Εικόνα 15. Στην αριστερή εικόνα απεικονίζεται η εσωτερική συνδεσμολογία της κάρτας συλλογής δεδομένων, ενώ στη δεξιά εικόνα απεικονίζεται η εξωτερική απεικόνιση της κάρτας.....	45
Εικόνα 16. Απεικόνιση συστήματος PXI.....	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Στην αριστερή εικόνα απεικονίζεται η συνδεσμολογία γειωμένης αναφοράς σήματος, ενώ στη δεξιά εικόνα απεικονίζεται η συνεχούς μετατόπισης συνδεσμολογία σήματος.....	43
Σχήμα 2. Τοπολογία διαφορικής σύνδεσης σήματος.....	43
Σχήμα 3. Τοπολογία μοναδιαίας σύνδεσης σήματος με αναφορά.....	44
Σχήμα 4. Τοπολογία μοναδιαίας σύνδεσης σήματος χωρίς αναφορά.....	44
Σχήμα 5. Διάταξη ταυτόχρονης δειγματοληψίας ποικίλων σημάτων.....	47
Σχήμα 6. Διάταξη πολλαπλών μετατροπέων σημάτων.....	48
Σχήμα 7. Διάταξη ψηφιακών εισόδων και εξόδων.....	49
Σχήμα 8. Εσωτερική διάταξη καταγραφέα δεδομένων	50
Σχήμα 9. Διάγραμμα ροής προτεινόμενου ΣΑΕ	56

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με δεδομένη την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας, είναι γεγονός ότι υπάρχει το υπόβαθρο δημιουργίας καινοτόμων και αποτελεσματικών αυτοματισμών με κύρια εφαρμογή στα ειδικά πλοία πόντισης καλωδίων. Δύο κύριες τεχνολογίες οι οποίες μπορούν να λάβουν χώρα κατά το σχεδιασμό ενός τέτοιου συστήματος είναι η ρομποτεχνία και αυτόματος έλεγχος. Από την μία πλευρά, η ενσωμάτωση ρομποτικών συστημάτων επιτρέπει στο πλοίο την αυτόματη εκτέλεση εργασιών, όπως η τοποθέτηση ή η επισκευή υποθαλάσσιων καλωδίων, με μεγαλύτερη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα καθώς και με μικρότερο κόστος από ό,τι με παραδοσιακές μεθόδους. Από την άλλη, η χρήση συστημάτων αυτόματου ελέγχου περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως για παράδειγμα αισθητήρες ανίχνευσης μεταβολών στο εξωγενές περιβάλλον του πλοίου, μπορεί να βοηθήσει έγκαιρα στην ανίχνευση και την αντιμετώπιση αλλαγών στις θαλάσσιες συνθήκες οι οποίες επηρεάζουν τις εργασίες που διενεργούνται εν πλώ.

Είναι γεγονός ότι τα ειδικά πλοία πόντισης καλωδίων, αντιμετωπίζουν πολλές προκλήσεις όσον αφορά την εφαρμογή αυτοματισμών, λόγω της ιδιαιτερότητας της εργασίας τους και του περιβάλλοντος στο οποίο λειτουργούν. Η πολυπλοκότητα της ένταξης και της λειτουργίας των αυτοματισμών στα συγκεκριμένα πλοία προκύπτει από πολλούς παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα, οι ποικίλες και ταυτόχρονες λειτουργίες και διαδικασίες που απαιτούνται για την τοποθέτηση και τη συντήρηση καλωδίων καθιστούν δύσκολη την πλήρη αυτοματοποίηση, καθώς επίσης και η συχνή λειτουργία των CLV σε περιβάλλοντα που χαρακτηρίζονται από δύσκολες καιρικές συνθήκες, όπως ισχυρούς ανέμους και κύματα, τα οποία μεμονωμένα μπορούν να δυσκολέψουν τη λειτουργία των εκάστοτε αυτοματισμών. Η εφαρμογή αυτοματισμών σε ειδικά πλοία πόντισης καλωδίων αναδεικνύει την ανάγκη για προηγμένη μηχανική, εξειδικευμένο εξοπλισμό και αφοσίωση στη μελέτη και δοκιμή λειτουργικών λύσεων. Αυτό το περιβάλλον είναι εξαιρετικά απαιτητικό και παρουσιάζει μοναδικές προκλήσεις που απαιτούν τεχνολογική και μηχανολογική αρτιότητα. Η πολυπλοκότητα των διαδικασιών πόντισης και φόρτωσης καλωδίων απαιτεί ακρίβεια, αξιοπιστία και ασφάλεια. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτούνται προηγμένες τεχνολογικές λύσεις που να συνδυάζουν αισθητήρες, ελεγκτές και διάφορους μηχανικούς μηχανισμούς. Ο εξειδικευμένος εξοπλισμός πρέπει να είναι σχεδιασμένος για να ανταποκρίνεται στις ακραίες συνθήκες του περιβάλλοντος και να εξασφαλίζει την ασφάλεια και την ακρίβεια των διαδικασιών. Επιπλέον, ο σχεδιασμός και η δοκιμή των αυτοματισμών απαιτούν προσοχή στη λεπτομέρεια και στη συστηματική προσέγγιση. Μέσω της συνεχούς παρακολούθησης

και βελτίωσης των λειτουργιών, καθίσταται εφικτό να δημιουργηθούν αποτελεσματικές και ασφαλείς λύσεις οι οποίες ανταποκρίνονται στις ανάγκες και τις προδιαγραφές των ειδικών πλοίων πόντισης καλωδίων.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΝΤΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ (CLV)

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γεγονός ότι κατά τη διαδικασία πόντισης υποβρύχιων καλωδίων επικρατούν ειδικές συνθήκες στο εξωγενές περιβάλλον του πλοίου. Παράλληλα, ο μηχανικός που είναι υπεύθυνος για την επίβλεψη της διαδικασίας πρέπει να λάβει υπόψη του τις πολλαπλές παραμέτρους εκτός από τις ειδικές συνθήκες που επικρατούν στο εξωγενές περιβάλλον. Ως εκ τούτου, δημιουργήθηκε η ανάγκη για την δημιουργία ενός νέου τύπου πλοίου με εξειδικευμένα χαρακτηριστικά.

Πλέον οι κατασκευαστικές εταιρείες καλωδίων παραδίδουν προς πόντιση μεγαλύτερα μήκη καλωδίων (περίπου 170 km). Ειδικά πλοία πόντισης καλωδίων (cable laying vessels – CLV), τα οποία διαθέτουν περιστρεφόμενα καρούλια συνολικού μεγέθους 2.500, 4.500 ή 6.000 τόνων, είναι ικανά να εκτελούν έργα πόντισης καλωδίων σε οποιοδήποτε σημείο, καθώς διαθέτουν αυτόνομα υποβρύχια οχήματα (remote operated vehicles – ROV) τα οποία χαρτογραφούν τον βυθό και έχουν καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία πόντισης του καλωδίου. Ωστόσο, παρά τη σημαντική ανάπτυξη του στόλου πόντισης υποβρυχίων καλωδίων, η όλη διαδικασία εξακολουθεί να αποτελεί συχνά ένα δύσκολο έργο.

Είναι γεγονός ότι η λεπτομερής μελέτη των χαρακτηριστικών του καλωδίου, οι ιδιαιτερότητες της διαδρομής, οι δυνατότητες των πλοίων πόντισης και ο προσεκτικός σχεδιασμός των εργασιών αποτελούν το κλειδί για μια επιτυχημένη επιχείρηση [1,2].

2.2 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Εν γένει, τα ειδικά πλοία πόντισης καλωδίων (clv) αποτελούν βασικό και αναπόσπαστο στοιχείο της διαδικασίας. Πλέον ο στόλος ειδικών πλοίων που έχει αναπτυχθεί είναι επαρκής για να καλύψει ένα ευρύ φάσμα προδιαγραφών και απαιτήσεων. Γενικότερα, οι ιδιαιτερότητες της εκάστοτε επιχείρησης πόντισης καλωδίων ποικίλλουν, με αποτέλεσμα ο υπάρχων στόλος να μην είναι προσαρμοσμένος στις εκάστοτε προδιαγραφές του έργου και απαιτεί εκτεταμένες τροποποιήσεις εξαιτίας των υψηλών πιέσεων που δημιουργούνται κατά την τοποθέτηση των καλωδίων στον πυθμένα της θάλασσας. Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη για τον σχεδιασμό ενός clv αναλύονται εκτενώς παρακάτω.

- **Χωρητικότητα φορτίου**

Αφορά τη μεταφορική ικανότητα του πλοίου, μετρούμενη σε τόνους. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η μεταφορική ικανότητα του πλοίου, ελαχιστοποιούνται οι φορές που θα πραγματοποιηθεί συγκόλληση των καλωδίων στη θάλασσα, καθώς και ο χρόνος εργασίας που απαιτείται για την εκπόνηση του έργου. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι το καλώδιο που θα φορτωθεί στο πλοίο θα είναι ενιαίο και όχι κομμένο σε τμήματα, οπότε θα αποφευχθεί ο προγραμματισμός εκ νέου δρομολογίου για την φόρτωση και την μεταφορά του περαιτέρω τμήματος καλωδίου. Τα μεγαλύτερα σε χωρητικότητα πλοία αγγίζουν τους 7.000 τόνους.

- **Περιστρεφόμενα καρούλια ή περιστρεφόμενες τράπεζες**

Τα περιστρεφόμενα καρούλια ή αλλιώς περιστρεφόμενες τράπεζες αποτελούν βασικό μέρος των ειδικών πλοίων πόντισης καλωδίων. Πρόκειται ουσιαστικά για καρούλια με κατακόρυφο περιστρεφόμενο άξονα και δυνατότητα αποθήκευσης καλωδίων μεγάλης διατομής με μεγάλους συντελεστές δυσκαμψίας. Συνήθως η διάμετρος του αναχώματος φτάνει τα 30 μέτρα και ο έλεγχός τους πραγματοποιείται με υδραυλικά συστήματα. Η πλειονότητα του στόλου είναι επανδρωμένη με δύο καρούλια, τα οποία μεταφέρουν δύο ανεξάρτητα καλώδια. Ορισμένα καρούλια χωρίζονται σε εσωτερικά και εξωτερικά τμήματα, επιτρέποντας την τοποθέτηση καλωδίων και στα δύο τμήματα. Για τη μεταφορά μικρότερων υποβρυχίων καλωδίων, μπορούν να εγκατασταθούν προσωρινά στο κατάστρωμα του εκάστοτε πλοίου καρούλια μικρότερης διαμέτρου.

- **Καρούλια**

Σε περιπτώσεις πόντισης καλωδίων μικρού μήκους, πιο συγκεκριμένα μικρότερα του 1 km, η χρήση περιστρεφόμενης τράπεζας δεν είναι αναγκαία. Ως εκ τούτου, η διαδικασία φόρτωσης και πόντισης του καλωδίου μπορεί να πραγματοποιηθεί με μία ρυμουλκούμενη φορτηγίδα εφοδιασμένη με κατάλληλα μικρά καρούλια τα οποία διαθέτουν οριζόντιο περιστρεφόμενο άξονα.

- **Ακριβής προσδιορισμός θέσης**

Μία εκ των βασικότερων παραμέτρων, η οποία συνυπολογίζεται στο σχεδιασμό ενός ειδικού πλοίου πόντισης καλωδίων είναι η σταθερότητα και ακρίβεια της θέσης του. Η συγκεκριμένη παράμετρος είναι υψίστης σημασίας δεδομένου ότι ακόμη και η ελάχιστη απόκλιση από την προγραμματισμένη διαδρομή θα έχει ως αποτέλεσμα την τοποθέτηση των καλωδίων σε λάθος κατεύθυνση και το κόστος διόρθωσης του σφάλματος θα είναι υψηλό. Η

πολυπλοκότητα της συγκεκριμένης παραμέτρου αυξάνεται, όταν η τοποθέτηση του καλωδίου πραγματοποιείται σε ανοιγμένο χαντάκι στον πυθμένα της θάλασσας, διότι εάν το πλοίο μετατοπιστεί από την προκαθορισμένη θέση, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα το καλώδιο να παρεκκλίνει από την προκαθορισμένη πορεία τοποθέτησης του. Εν γένει, ο ακριβής εντοπισμός της θέσης του εκάστοτε πλοίου εξασφαλίζεται με την τοποθέτηση διαφορικού συστήματος GPS. Τα ανωτέρω συστήματα έχουν την ικανότητα να διορθώνουν τις θέσεις που λαμβάνουν από δορυφόρους μέσω τοπικών ή απομακρυσμένων επίγειων σταθμών. Χρησιμοποιούνται ευρέως συνδυαστικά με το κύριο σύστημα εντοπισμού θέσης με σκοπό την απόκτηση ακριβέστερων και πιο αξιόπιστων αποτελεσμάτων.

- **Διατήρηση και διόρθωση θέσης**

Υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι για τη διατήρηση ή τη διόρθωση της ακριβούς θέσης του ειδικού πλοίου πόντισης καλωδίων. Η κλασική μέθοδος είναι η χρήση ενός συστήματος αγκυροβόλησης. Στην περίπτωση αυτή, η πορεία του CLV ελέγχεται από ένα σύστημα τεσσάρων αγκυρών, οι οποίες τοποθετούνται ανά ζεύγη στο μπροστινό και στο πίσω μέρος του πλοίου και ελέγχονται πλήρως από το πλήρωμα του εκάστοτε CLV. Κατά κανόνα, τα συστήματα αγκυροβόλησης χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο και τη σταθεροποίηση της θέσης του πλοίου. Η προαναφερθείσα μέθοδος είναι αλλά και ιδιαίτερα ριψοκίνδυνη όταν εφαρμόζεται σε σημεία όπου τοποθετούνται άλλα καλώδια ή αγωγοί. Είναι εξίσου σημαντικό να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να μην καταστραφούν τα ήδη τοποθετημένα καλώδια κατά τη ρίψη των αγκυρών στο θαλάσσιο πυθμένα.

Πρόκειται για ένα δυσκίνητο και χρονοβόρο σύστημα διατήρησης θέσης, αλλά είναι λιγότερο κοστοβόρο εν αντιθέσει ενός σύγχρονου δυναμικού συστήματος εντοπισμού θέσης. Συγκεκριμένα, τα συστήματα δυναμικού εντοπισμού θέσης (DP) διατηρούν δυναμικά τη θέση του πλοίου χρησιμοποιώντας δυναμικά μοντέλα και εξαιρετικά εξελιγμένα συστήματα δορυφορικής πλοήγησης. Εάν οι συνθήκες αποκλίνουν από αυτές που έχουν οριστεί εξ αρχής από τον καπετάνιο, όπως για παράδειγμα η ταχύτητα του ανέμου, το ύψος των κυμάτων ή την πορεία των ρευμάτων, το σύστημα DP έχει τη δυνατότητα να κατευθύνει με ακρίβεια το CLV κατά μήκος μιας προκαθορισμένης πορείας. Οι προωθητήρες έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιούν ελιγμούς με ακρίβεια ανεξαρτήτως ταχύτητας και κατεύθυνσης χωρίς τη χρήση πηδαλίου, με διαρκή στόχο την διατήρηση του πλοίου σε σταθερή θέση. Τέλος, να σημειωθεί ότι το σύστημα DP σε συνδυασμό με το δορυφορικό σύστημα GPS εκτοξεύει δραματικά το κόστος κατασκευής του CLV, με αποτέλεσμα να μην επιλέγεται κατά κόρον από τις εκάστοτε κατασκευαστικές εταιρείες [16,17].

- **Διασύνδεση τμημάτων καλωδίου**

Η ένωση ή αλλιώς μάτιση δύο τμημάτων καλωδίου είναι μια ιδιαίτερη διεργασία, καθώς τα δύο καλώδια που ενώνονται μεταξύ τους πρέπει να είναι απολύτως υδατοστεγή, λόγω της πόντισης τους στον πυθμένα της θάλασσας. Λόγω της ιδιαιτερότητας που χρήζει η συγκεκριμένη διαδικασία, απαιτείται ειδικός χώρος και εξοπλισμός. Ο χώρος τοποθέτησης των καλωδίων πρέπει να είναι εξοπλισμένος με ηλεκτρική παροχή, κλιματισμό και αφυγραντήρα, ώστε να εξασφαλιστούν οι απαραίτητες συνθήκες περιβάλλοντος με σκοπό την ασφαλή ένωση των καλωδίων. Εν κατακλείδι, χάριν ευκολίας της διαδικασίας ο χώρος διασύνδεσης των καλωδίων βρίσκεται κοντά στο σύστημα απόθεσης του καλωδίου.

- **Control room επίβλεψης της διαδικασίας πόντισης**

Εν γένει, το control room είναι πλήρως εξοπλισμένο με monitor και χειριστήρια, μέσω των οποίων ελέγχεται και εποπτεύεται σε πραγματικό χρόνο η θέση του πλοίου καθώς επίσης επιτυγχάνεται αδιάλειπτη παρακολούθηση της διαδικασίας πόντισης του καλωδίου στον πυθμένα. Χρήζει ιδιαίτερης αναφοράς, ότι ο πλήρης έλεγχος του υποβρύχιου μη επανδρωμένου σκάφους πραγματοποιείται μέσω του control room. Για λόγους απλούστευσης της διαδικασίας, ο συγκεκριμένος χώρος βρίσκεται συνήθως σε θέση πάνω στο πλοίο, η οποία προσφέρει άμεση εποπτεία στη διαδικασία φόρτωσης και πόντισης του καλωδίου.

- **Εντατήρες καλωδίων**

Οι εντατήρες καλωδίων, είναι κατά βάση γραμμικοί μηχανισμοί αποτελούνται από ελαστικά μεγάλου μεγέθους και είναι βασικός πυλώνας για την μεταφορά και την κίνηση του καλωδίου πάνω στο πλοίο, μέσω των οποίων διαμορφώνεται και η προκαθορισμένη τάνυση κατά την διαδικασία φόρτωσης και πόντισης του καλωδίου. Η διασφάλιση του καλού κρατήματος μεταξύ μηχανισμού και καλωδίου, είναι απαρέγκλιτος και απαραίτητος κανόνας για την ομαλή και ασφαλή εναπόθεση του καλωδίου στην περιστρεφόμενη τράπεζα ή την εναπόθεση του καλωδίου στον πυθμένα της θάλασσας, αντίστοιχα. Ως επί το πλείστον, τα συστήματα που κινούν τον γραμμικό μηχανισμό καλωδίων είναι υδραυλικά, διότι ασκούνται σε αυτά υψηλές τάσεις και δημιουργείται ολοένα μεγαλύτερη ανάγκη για αύξηση της ταχύτητας και της ροπής με την οποία περιστρέφεται το σύστημα εντατήρων. Επιπροσθέτως, το συγκεκριμένο σύστημα είναι ικανό να ελαττώσει την ταχύτητα βύθισης του καλωδίου κατά διαδικασία πόντισης, καθώς επίσης και να εκμηδενίσει την καμπυλότητα του καλωδίου εάν αυτό κριθεί απαραίτητο από τον επιβλέποντα μηχανικό.

- **Κόφτης καλωδίων**

Η αλλαγή των περιβαλλοντικών συνθηκών έχει καθοριστικό αντίκτυπο στην εκτέλεση των εργασιών πόντισης, αλλά και σε περιπτώσεις όπου απειλείται η ασφάλεια των εργαζομένων ή του εξοπλισμού. Μπορεί να κριθεί απαραίτητο να σταματήσει η διαδικασία πόντισης του καλωδίου σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης, αποσυνδέοντας το καλώδιο άμεσα, κόβοντας το. Για τους παραπάνω λόγους, είναι απαραίτητο να υπάρχει μια ειδική συσκευή εντός του πλοίου, κατά κανόνα τηλεχειριζόμενη, η οποία να επιτυγχάνει την κοπή του καλωδίου πόντισης μέσα σε χρονικό διάστημα λίγων δευτερολέπτων.

- **Αυτόνομο υποβρύχιο σκάφος (ROV)**

Είναι γεγονός ότι μεγάλο μέρος της εκτέλεσης του έργου τοποθέτησης ενός υποβρύχιου καλωδίου στον πυθμένα της θάλασσας διενεργείται μέσω ενός αυτόνομου μη επανδρωμένου υποβρύχιου σκάφους. Εν γένει, το εκάστοτε ROV διαθέτει πολλά και διαφορετικά συστήματα, τα οποία είναι ικανά να μεταφέρουν σε πραγματικό χρόνο και σε υψηλή ανάλυση εικόνες από τον πυθμένα της θάλασσας, καθώς και να εκτελούν πολύπλοκες διαδικασίες, όπως για παράδειγμα να ευθυγραμμίζουν το καλώδιο, ώστε να τοποθετηθεί σωστά μέσα στο χαντάκι.

Η παρουσία κάμερας υψηλής ευκρίνειας εξασφαλίζει την συλλογή δεδομένων σχετικά με την γεωμορφολογία του εδάφους, καθώς επίσης επιτρέπει την άμεση επαφή του υπεύθυνου μηχανικού με τον βυθό καθ' όλη την διάρκεια πόντισης του καλωδίου, με στόχο την διόρθωση τυχόν λανθασμένων κινήσεων του καλωδίου, προς αποφυγή τοποθέτησης του σε λάθος σημείο.

Παράλληλα, τα ROV χρησιμοποιούνται στη διαδικασία επιθεώρησης των καλωδίων καθώς και στον εντοπισμό ή την επισκευή των υφιστάμενων βλαβών.

Επί του c/n είναι απαραίτητο να υπάρχει ειδικός χώρος αποθήκευσης του ROV, ο οποίος θα χρησιμοποιείται και για την επισκευή του εν πλω εάν και εφόσον χρειαστεί. Κατά κανόνα ο συγκεκριμένος χώρος αποτελείται από κατάλληλα και εντός προδιαγραφών συστήματα βύθισης, γερανό (για τη μεταφορά του από και προς το πλοίο) και control room χειρισμού και παρακολούθησης του υποβρύχιου σκάφους.

- **Ευρύτερος βοηθητικός εξοπλισμός πόντισης καλωδίων**

Στον περαιτέρω εξοπλισμό του πλοίου ανήκουν πολλά και διαφορετικά εξαρτήματα και συστήματα, τα οποία επιλέγονται και τοποθετούνται ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις προδιαγραφές του εκάστοτε έργου. Μέσα στην συγκεκριμένη κατηγορία εξοπλισμού,

ανήκουν συνήθως οι γλίστρες του πλοίου, οι ραουλόδρομοι μεταφοράς του καλωδίου στο σημείο εναπόθεσης του, σκαπτικά μηχανήματα, γερανοί και μηχανήματα καθίζησης του καλωδίου στον πυθμένα της θάλασσας.

3. ΕΙΔΙΚΟ ΠΛΟΙΟ ΠΟΝΤΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ «ΑΤΑΛΑΝΤΗ»

Στις 5 Ιανουαρίου 2024 το ειδικό πλοίο πόντισης καλωδίων «Αταλάντη» αγκυροβόλησε στη θαλάσσια περιοχή του εργοστασίου Ελληνικών Καλωδίων με σκοπό την φόρτωση 50 km καλωδίου. Σε συνεργασία με την Assos subsea επισκεφθήκαμε το πλοίο στις 7 Ιανουαρίου 2024 και παρακολουθήσαμε σε πραγματικό χρόνο την διαδικασία φόρτωσης καλωδίου η οποία είχε συνολική διάρκεια 10 ημέρες, με σκοπό την ολοκληρωμένη καταγραφή και αποτύπωση συγκεκριμένων μερών της διαδικασίας φόρτωσης και πόντισης του καλωδίου που έχρηζαν άμεσης αυτοματοποίησης με κύριο στόχο την επιτάχυνση και την απλούστευση μεμονωμένων διαδικασιών.

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η εταιρία Assos subsea παρέλαβε το νευότευκτο ειδικό πλοίο πόντισης καλωδίων ονόματι "Αταλάντη" από τα Ναυπηγεία της Χαλκίδας το έτος 2010. Το πλοίο σχεδιάστηκε με σκοπό την αποθήκευση και την μεταφορά καλωδίων ηλεκτροδότησης, καθώς και για την πόντιση καλωδίων σε ρηγά νερά, χρησιμοποιώντας εξελιγμένο σύστημα δυναμικής τήρησης θέσης. Το πλοίο εκτελεί εργασίες πόντισης καλωδίου, ενώ διαθέτει δυνατότητες για υποθαλάσσιες έρευνες καθώς και επισκευαστική ικανότητα υποβρύχιων καλωδίων.

Το CLV Αταλάντη, έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει τουλάχιστον 10.000 τόνους καλωδίων. Το σύστημα δυναμικής τήρησης θέσης ελέγχεται από πέντε προωθητήρες (1.000 HP έκαστως). Οι προωθητήρες, σε συνδυασμό με τον υπόλοιπο μηχανολογικό και ηλεκτρολογικό εξοπλισμό, συμμορφώνονται σύμφωνα με τα σύγχρονα διεθνή πρότυπα και διασφαλίζουν τη θέση του πλοίου. Σε βαθιά νερά, οι προωθητήρες λειτουργούν σε αζιμουθιακή θέση (90 μοίρες) και βρίσκονται 2 μέτρα κάτω από τη γάστρα του πλοίου. Σε ρηγά νερά, οι δύο προωθητήρες που προεξέχουν ελάχιστα κάτω από την καρίνα και προσαρμόζονται με έναν ειδικό μηχανισμό για να μειώσουν το βύθισμα του πλοίου κατά 2 μέτρα, έτσι ώστε η διεξαγωγή εργασιών πόντισης να καθίσταται εφικτή.

- **Κύρια χαρακτηριστικά**

Έτος και χώρα Ναυπήγησης:

Ξεκίνησε το 2008 στα Ναυπηγεία Taizhou Sanfu της Κίνας και ολοκληρώθηκε το 2010 στα Ναυπηγεία της Χαλκίδας.

Κύριες Διαστάσεις:

Μήκος: 93.33 μ. και Πλάτος: 27.40 μ.

Βύθισμα:

Μέγιστο: 4.14 μ (με τους προωθητήρες εμπρός ανοιχτούς) και 6.34 μ (με τους προωθητήρες εμπρός αναπτυγμένους).

Ελάχιστο: 3.00 μ (με τους προωθητήρες εμπρός ανοιχτούς) και 5.20 μ (με τους προωθητήρες εμπρός αναπτυγμένους).

Χωρητικότητα:

Ολική: 5.242 τόνοι.

Ωφέλιμη: 4.000 τόνοι.

Ιπποδύναμη:

5 μηχανές Caterpillar με ιπποδύναμη 1.100 BHP, έκαστη.

Μεταφορική Ικανότητα σε Καλώδια:

Κατάστρωμα περίπου 71.40 μ x 26.40 μ = 1.885 m².

Χωρητικότητα κατά τόνο: 15 τ/τ.μ.

Ηλεκτρική ισχύς

3 εφεδρικές γεννήτριες με ισχύ 425 kW_e, έκαστως και 1 επείγουσα γεννήτρια, περίπου 95 kW_e (440 V/220 V - 60 Hz).

- **Σύστημα εντοπισμού θέσης**

Κατασκευαστική εταιρία: Kongsberg Marine A/S.

Τύπος: K-Pos 21 + CJoy.

Μονάδες GPS DP: 1 DGPS Kongsberg DPS-132 και 1 DGPS Kongsberg DPS-122.

Αισθητήρες ανέμου: 3, κατασκευαστική εταιρία Gill Instruments.

Μονάδες αναφοράς κίνησης: 2 Kongsberg MRU-D και 1 Kongsberg MRU-5.

Μονάδες αναφοράς θέσης: 1 Kongsberg HiPap 500 και 1 Bandak Light Taught Wire System.

Σταθμοί λειτουργίας DP: 2 στην πίσω γέφυρα και 1 CJoy στην μπροστινή γέφυρα.

Συμμόρφωση με τον κανονισμό ABS DPS-2 (Ίδιος κανονισμός IMO Class II DP System).

- **Σύστημα Πρόωσης**

Προσωρινός Προωθητής Εμπρός: 1 Thrustmaster TH1000RN με ιπποδύναμη 1.000 BHP - Υδραυλική κίνηση, Αζιμούθιος, Αναδιπλούμενος.

Προσωρινοί Προωθητήρες Εμπρός: 2 Thrustmaster TH1000RT με ιπποδύναμη 1.000 BHP - Υδραυλική κίνηση, Συνδυασμένος Σωλήνας και Αζιμούθιος, Αναδιπλούμενος. Εν γένει, κατά τη λειτουργία σε ρηγά νερά, αυτοί οι προωθητήρες μπορούν να αναδιπλωθούν και να χρησιμοποιηθούν ως ταντέμ προωθητήρες.

Προσωρινοί πίσω Προωθητήρες: 2 Thrustmaster TH1000N, με ιπποδύναμη 1.000 BHP έκαστος - Υδραυλική κίνηση, Αζιμούθιοι, Σταθεροί.

Κινητήρες Προωστικών Μονάδων: 5 Caterpillar 3508B SCAC DITA, με ιπποδύναμη 1.100 BHP έκαστος.

- **Εξοπλισμός Πόντισης Καλωδίων**

Εμπρός καπσάνοι: 2 Καπσάνοι 15T Pull.

Αγκύρες: 2 άγκυρες 5τ Flipper-Delta, όπου η καθεμία από 800m σύρματα εμπρός, και 2 άγκυρες 5τ Flipper-Delta, όπου η καθεμία αποτελείται από 800m σύρματα πίσω.

Μηχανισμός αγκύρωσης: 2 κινητήρες αγκυροβόλησης 30T Pull / 80T στατικά εμπρός, και 2 κινητήρες αγκυροβόλησης 30T Pull / 80T Στατικά πίσω.

Πίσω καπσάνοι: 2 συνδυασμένοι στύλοι - καπσάνοι 15T Pull.

Κάνες Στοιβάδας: 2 υδραυλικές κάνες στοιβάδας στην αριστερή πλευρά του πλοίου για θέσεις σε βάθη 8μ ή λιγότερο και μέχρι την κλίμακα των 5 μποφόρ.

- **Εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για το ξετύλιγμα του καλωδίου και την καθίζηση του στο βυθό**

Κόφτες καλωδίων, συστήματα φρένων και άλλο εξοπλισμό για τη διαχείριση του καλωδίου.

Εξοπλισμός για τη δημιουργία συνδέσεων.

Εξοπλισμός για ηλεκτρονικούς ελέγχους.

Σύστημα μέτρησης μήκους καλωδίου κατά την πόντιση.

Οι καμπίνες παρέχουν χωρητικότητα σε 77 άτομα.

- **Ηλεκτρονικός εξοπλισμός**

Ραντάρ: 1 X-Band Sperry και 1 S-Band Sperry της εταιρίας VisionMaster.

Ηλεκτρονικό Σύστημα Χάρτη: 1 Sperry Visionmaster FT ECDIS.

Πλοήγηση DGPS: 2 SAAB Navigator R4.

Γυροσκόπιο: 3 C-Plath Gyro Compass με επαναλαμβανόμενη λήψη κατεύθυνσης.

Μαγνητική Πυξίδα: 1 Sperry Navipol I.

AIS (Αυτόματο Σύστημα Προσδιορισμού Πλοίων): 1 SAAB AIS R4.

Echo sounder: 1 διπλό αισθητήρα.

Ταχύτητα καταγραφής: 1 Sperry Naviknot 450D (Μονός Άξονας).

3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

Στη συγκεκριμένη παράγραφο θα αναλυθεί και θα απεικονιστεί ενδελεχώς μέσα από πραγματικές φωτογραφίες, η διαδικασία φόρτωσης του καλωδίου από το εργοστάσιο στο CLV «Αταλάντη» (εικόνα 1).



Εικόνα 1: Ειδικό πλοίο πόντισης καλωδίων «Αταλάντη».

Αρχικά, το πρώτο μέρος του πλοίου το οποίο επισκεφθήκαμε ήταν η γέφυρα, η οποία αποτελεί το κέντρο ελέγχου και διοίκησης του πλοίου και περιλαμβάνει πλήρες εξοπλισμό ελέγχου, συμπεριλαμβανομένων των ρυθμιστών ταχύτητας, των τιμονιών, των επενδύσεων και των οθονών παρακολούθησης (εικόνα 2).



Εικόνα 2: Γέφυρα του πλοίου «Αταλάντη».

Εν συνεχεία στην εικόνα 3 απεικονίζονται επιμέρους το συστήμα ραντάρ, το σύστημα παρακολούθησης πορείας καθώς και το σύστημα φόρτωσης του πλοίου.



Εικόνα 3: Συστήματα της γέφυρας του πλοίου «Αταλάντη».

Συνεχίζοντας την περιήγηση μας στο πλοίο επισκεφθήκαμε το εξωτερικό μέρος του πλοίου, ώστε να καταγράψουμε όλα τα επιμέρους στοιχεία, τα οποία εμπλέκονται στη διαδικασία φόρτωσης και πόντισης του καλωδίου. Ξεκινώντας από την γλίστρα (σ.σ. το πλοίο διαθέτει δύο γλίστρες) η οποία έχει μέγεθος 4 πR, διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην μεταφορά του καλωδίου από το εργοστάσιο προς το πλοίο (εικόνα 4). Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι πριν την έναρξη μεταφοράς του καλωδίου από το εργοστάσιο προς το πλοίο, εγκαθίσταται ένα εξωτερικό προστατευτικό μονωτικό περιβλήμα στις άκρες του, το οποίο θα προστατεύσει το καλώδιο από τις τοπικές επιβαρύνσεις κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των διαδικασιών.



Εικόνα 4: Στην αριστερή πλευρά απεικονίζεται η μία γλίστρα και η μεταφορά του καλωδίου από το εργοστάσιο στο πλοίο, ενώ στη δεξιά εικόνα απεικονίζονται πανοραμικά και οι δύο γλίστρες που διαθέτει το πλοίο «Αταλάντη».

Στην εικόνα 5 απεικονίζονται οι εντατήρες, οι οποίοι μεταφέρουν το καλώδιο καθόλη την διαδρομή, έως ότου εναποτεθεί εντός της περιστρεφόμενης τράπεζας ή έως ότου ποντισθεί στον πυθμένα της θάλασσας και ταυτόχρονα διαμορφώνουν την απαιτούμενη τάνυση που χρειάζεται, με την βοήθεια μίας καλωδιομηχανής χωρητικότητας 10 τόνων (εικόνα 6).

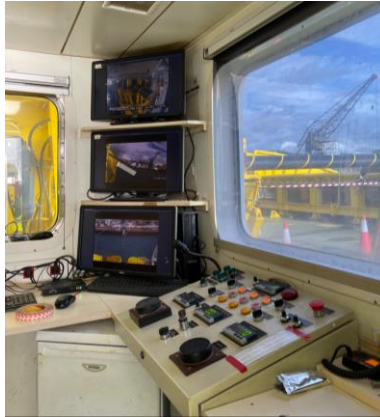


Εικόνα 5: Εντατήρες πλοίου «Αταλάντη».



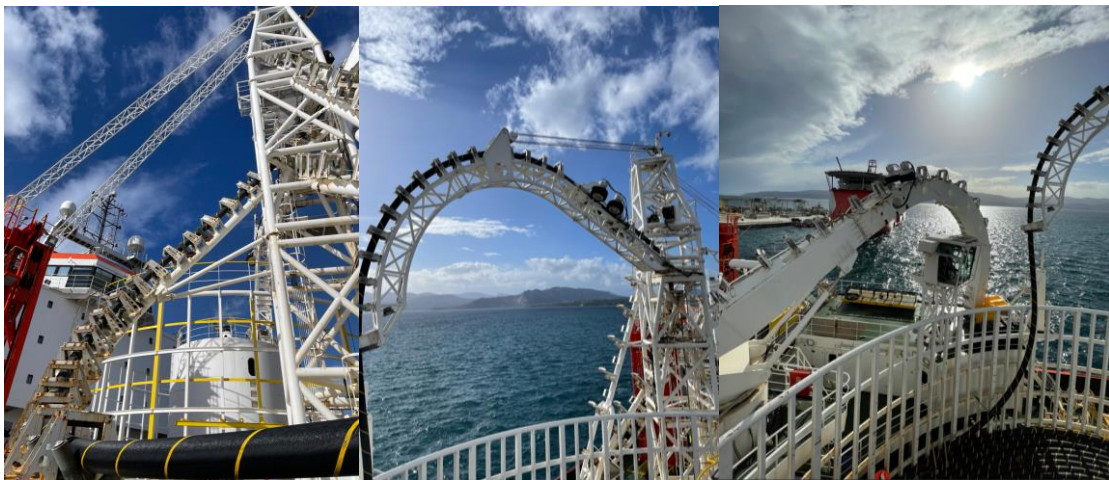
Εικόνα 6: Καλωδιομηχανή πλοίου «Αταλάντη».

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο χειρισμός και η παρακολούθηση της καλωδιομηχανής πραγματοποιείται μέσω ειδικών χειριστηρίων και οθονών που βρίσκονται εντός ενός ειδικού δωματίου (εικόνα 7).



Εικόνα 7: Control room της καλωδιομηχανής και των εντατήρων του πλοίου «Αταλάντη».

Εν συνεχεία, απεικονίζεται ο ραουλόδρομος, μέσω του οποίου μεταφέρεται το καλώδιο, εντός του σημείου εναπόθεσης του, εν τω προκειμένω εντός της περιστρεφόμενης τράπεζας (εικόνα 8). Το καλώδιο διαθέτει τα εξής χαρακτηριστικά: διπλό σπλισμό, τριγωνική τοποθέτηση και αποτελείται από χαλκό και έχει διάμετρο 220 χιλιοστά.



Εικόνα 8: Από την αριστερή μέχρι την δεξιά εικόνα, απεικονίζεται η διαδικασία κίνησης του καλωδίου εντός του ραουλόδρομου, εώς ότου εναποθεθεί εντός της περιστρεφόμενης τράπεζας.

Στην εικόνα 9 απεικονίζονται οι δύο περιστρεφόμενες τράπεζες που διαθέτει το πλοίο Αταλάντη. Στη μεγάλη περιστρεφόμενη τράπεζα (6.000 τόνων) φορτώθηκε καλώδιο μήκους 30 km προς πόντιση σε νησιά της Κροατίας, ενώ στην έταιρη περιστρεφόμενη τράπεζα (4.500 τόνων) φορτώθηκε καλώδιο μήκους 20 km προς πόντιση στο Καστελλόριζο. Στο σημείο αυτό να τονισθεί, ότι το βάρος του συγκεκριμένου καλωδίου ανέρχεται στα 104

Kg/m, ενώ η ταχύτητα φόρτωσης του καλωδίου ανέρχεται περίπου στα 8 km ανά ημέρα (εικόνα 10).

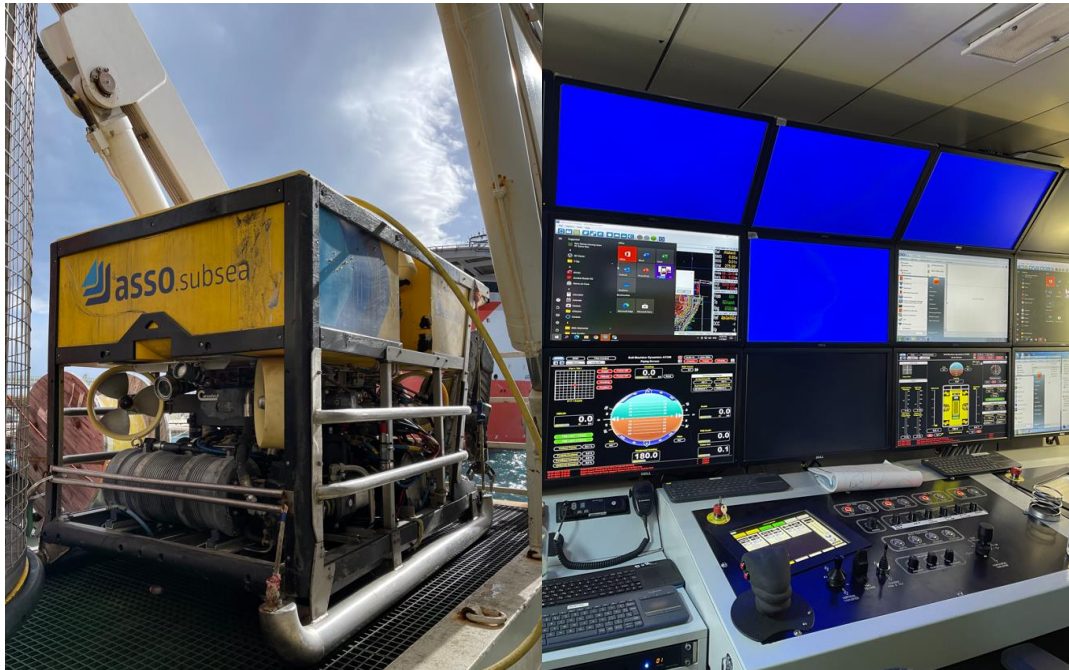


Εικόνα 9: Στο μπροστινό μέρος της εικόνας βρίσκεται η μικρή περιστρεφόμενη τράπεζα, ενώ αριστερά στο βάθος απεικονίζεται η μεγάλη περιστρεφόμενη τράπεζα.



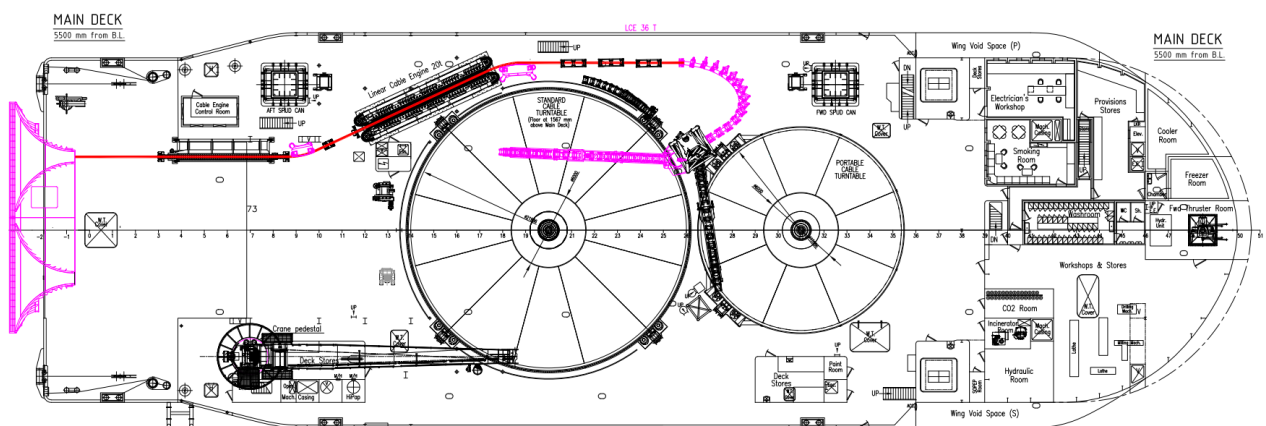
Εικόνα 10: Εσωτερική και εξωτερική απεικόνιση του καλωδίου το οποίο φορτώθηκε στο πλοίο «Αταλάντη».

Εν συνεχεία, στην εικόνα 11 απεικονίζεται το αυτόνομο υποβρύχιο σκάφος (ROV) που διαθέτει το πλοίο Αταλάντη, καθώς και το control room μέσω του οποίου επιτυγχάνεται ο χειρισμός και η παρακολούθηση του.



Εικόνα 11: Στην αριστερή εικόνα απεικονίζεται το αυτόνομο υποβρύχιο σκάφος, ενώ στη δεξιά εικόνα απεικονίζεται το control room.

Τέλος, η διαδρομή που ακολουθεί το καλώδιο από την χρονική στιγμή που θα φτάσει από το εργοστάσιο στο τμήμα της γλίστρας του πλοίου, μέχρι την τελική εναπόθεση του εντός της περιστρεφόμενης τράπεζας απεικονίζεται αναλυτικά στην κάτοψη του κάτωθι ναυπηγικό σχεδίου (εικόνα 12).



Εικόνα 12: Κάτοψη καταστρώματος του CLV «Αταλάντη» (Δανεισμός από το προσωπικό αρχείο της εταιρίας Assos subsea).

3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΟΝΤΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

Στο σημείο αυτό η διαδικασία πόντισης του καλωδίου θα περιγραφεί θεωρητικά, καθώς δεν κατέστη εφικτή η επίσκεψη σε κανένα εκ των δύο σημείων πόντισης των καλωδίων που φορτώθηκαν στο πλοίο «Αταλάντη».

Είναι γεγονός ότι δεν υπάρχουν αυστηρώς καθορισμένα πλαίσια για τη διαδικασία πόντισης ενός υποβρύχιου καλωδίου ισχύος. Πρόκειται για μια αρκετά πολύπλοκη και δύσκολη διαδικασία, κατά την οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχή έκβαση του έργου. Συγκεκριμένα, η γεωμορφολογία του πυθμένα, η ανθρώπινη παρέμβαση και οι περιβαλλοντολογικές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την εγκατάσταση του καλωδίου στον πυθμένα ή ακόμα και να προκαλέσουν βλάβες οι οποίες θα αποβούν μακροπρόθεσμα επιζήμιες. Η σύνδεση δύο ξεχωριστών τμημάτων με υποβρύχια καλώδια ισχύος δύναται να χωριστεί σε δύο φάσεις: την ανάλυση του έργου και την διαδικασία πόντισης. Εν συνεχεία παρουσιάζονται λεπτομερώς τα στοιχεία των δύο αυτών φάσεων.

- **Μελέτη έργου**

Μια λεπτομερής και αναλυτική μελέτη συμπεριλαμβάνει πληροφορίες που σχετίζονται με τα γεωλογικά δεδομένα που χαρακτηρίζουν όλη την περιοχή της ζώνης σύνδεσης, την ενδεδειγμένη απεικόνιση του υποβρυχίου τμήματος και την αναλυτική εξέταση των σημείων πόντισης του καλωδίου.

Κατά τη μελέτη της γεωλογικής δομής, δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην καταγραφή τυχόν ενεργών ρηγμάτων και σεισμικής δραστηριότητας σε όλο το εύρος το οποίο βρίσκεται εντός της ζώνης σύνδεσης. Επίσης, εξετάζεται ενδελεχώς η περιοχή σχετικά με περαιτέρω γεωλογικά φαινόμενα τα οποία δύναται να επηρεάσουν την ασφαλή εγκατάσταση και μετέπειτα λειτουργία του υποβρύχιου καλωδίου. Στη περαιτέρω έρευνα του υποθαλάσσιου τμήματος, εντάσσεται μια λεπτομερής ανάλυση γεωμορφολογίας του πυθμένα της περιοχής σύνδεσης, η ενδεδειγμένη εξέταση του υπεδάφους του βυθού και τέλος η εξέταση του πυθμένα με ειδικό ανιχνευτή προς εύρεση υπερμεγέθους μεταλλικών εξαρτημάτων ή εντοπισμό ήδη ποντισμένων καλωδίων, τα οποία θα δημιουργούσαν μεταγενέστερα πρόβλημα στο άνοιγμα του υποθαλάσσιου χάνδακος.

Επίσης, σημαντικές συνιστώσες προς διερεύνηση είναι η συχνή αγκυροβόληση πλοίων αλλά και η ευρεία αλιευτική δραστηριότητα στην ευρύτερη περιοχή πόντισης του καλωδίου, διότι αμφότεροι παράγοντες θεωρούνται εξαιρετικά επικίνδυνοι, επιζήμιοι ακόμα και καταστροφικοί για τα υποβρύχια καλώδια.

Κατά τη συγγραφή της μελέτης του έργου είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη οι βλάβες που μπορεί να προκληθούν κατά τη διάρκεια της πόντισης του καλωδίου στον πυθμένα της θάλασσας. Επικρατέστερα σενάρια για την πρόκληση βλάβης είναι τα εξής:

1. Απόκλιση της θέσης του πλοίου από την προκαθορισμένη

Η αδυναμία διατήρησης του πλοίου σε σταθερή θέση λόγω δυσμενών καιρικών συνθηκών ή εξαιτίας απρόβλεπτης μηχανικής βλάβης, μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια της προκαθορισμένης θέσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση υπερβολικής τάνυσης στο καλώδιο και περιστροφή. Σε ακραίες περιπτώσεις, το καλώδιο απορρίπτεται κάνοντας χρήση του κόφτη ανάγκης.

2. Πρόκληση βλάβης από την άγκυρα του πλοίου

Σε ορισμένες περιπτώσεις δύναται να προκληθεί βλάβη, λόγω εμπλοκής του προς πόντιση καλωδίου με την άγκυρα του πλοίου.

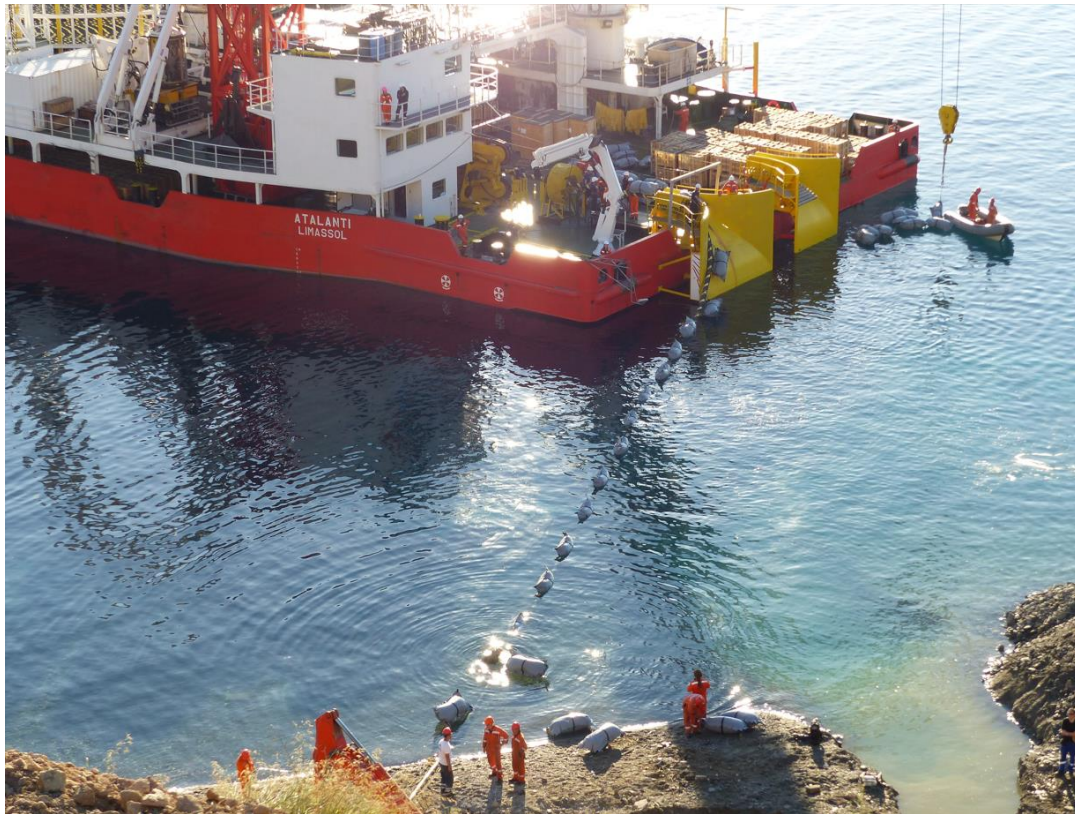
- **Διαδικασία πόντισης καλωδίων**

Στο πρώτο σκέλος της διαδικασίας ολοκληρώνεται το βύθισμα του πρώτου άκρου του καλωδίου. Αρχικά, το πλοίο κατευθύνεται προς συγκεκριμένη περιοχή, η οποία έχει οριστεί στη μελέτη εφαρμογής, και αγκυροβολεί κοντά στην ακτή. Η πλοήγηση του πλοίου καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας πόντισης, βασίζεται στη χρήση προηγμένων συστημάτων πλοήγησης. Εν συνεχεία, το καλώδιο εκτείνεται από το πλοίο προς τη θάλασσα με την βοήθεια πλωτών μέσων, με σκοπό να καταλήξει στο τελικό σημείο προσάραξης. Παράλληλα, τοποθετείται σε ασφαλές σημείο στην ακτή μια χειροκίνητη τροχαλία καθώς και ένα συρματόσχοινο, το οποίο συνδέεται με το υποβρύχιο καλώδιο σε ρηχά νερά. Στη συνέχεια, το καλώδιο μεταφέρεται προς το προάκτιο σημείο μέσω του συρματόσχοινου, ενώ παράλληλα το μήκος του καλωδίου αυξάνεται συνεχώς, ώστε να αποφεύγονται οι ανεπιθύμητες τάσεις κατά την έλξη από την ακτή. Κατά μήκος της ακτής, το καλώδιο τοποθετείται και μεταφέρεται πάνω σε τροχούς στήριξης, καθώς οδηγείται προς το τελικό σημείο τοποθέτησης του. Μόλις φτάσει στο τελικό σημείο, αφαιρούνται σταδιακά οι τροχοί στήριξης και τα πλωτά μέσα από την άκρη του καλωδίου. Έπειτα το ένα άκρο του καλωδίου τοποθετείται με ένα ειδικό σύστημα σε μια ειδική υποδοχή ώστε να δημιουργηθεί ένας ειδικός σύνδεσμος, που συνδέει το υποθαλάσσιο καλώδιο με το αντίστοιχο υπόγειο καλώδιο στην ξηρά, για τη διασύνδεση της γραμμής με το χερσαίο δίκτυο [15]. Η διαδικασία εναπόθεσης του καλωδίου στον πυθμένα ξεκινά με την σταδιακή αφαίρεση των πλωτών μέσων, όπως προαναφέρθηκε. Εν συνεχεία, με την βοήθεια δυτών ή ειδικού εκσκαφέα, καθοδηγείται το καλώδιο προς την ακριβή θέση του στον βυθό.

Στο δεύτερο σκέλος της διαδικασίας πόντισης, το καλώδιο βυθίζεται απευθείας από το CLV, χωρίς την παρεμβολή βοηθητικών μέσων. Ο επικεφαλής μηχανικός, είναι υπεύθυνος για τον χειρισμό καθώς και για τον έλεγχο των συστημάτων πόντισης. Καθόλη την διάρκεια πλεύσης του πλοίου έως ότου ολοκληρώσει την διαδικασία πόντισης, η ταχύτητα και η τοποθεσία του πλοίου ελέγχονται από το διαφορικό σύστημα που προσδιορίζει τη θέση του πλοίου. Σε περίπτωση εκτροπής του πλοίου από την προκαθορισμένη θέση, πραγματοποιείται χειροκίνητη επέμβαση μέσω της γέφυρας, προς επαναφορά του πλοίου στη σωστή θέση. Κατά τη διάρκεια πόντισης του καλωδίου αναπτύσσονται υψηλές τάσεις σε αυτό και γι' αυτό το λόγο ελέγχεται συνεχώς η τάση του προς πόντιση καλωδίου με ηλεκτρονικά μέσα, ώστε να καθίσταται εφικτή η ελάτωση της ταχύτητας του πλοίου, εάν αυτό κριθεί αναγκαίο προς αποφυγή βλαβών. Παράλληλα, η συνεχής καταγραφή της ταχύτητας καθώς και του βάθους πόντισης είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της απαιτούμενης τάνυσης του καλωδίου. Είναι γεγονός ότι ο βαθμός τάνυσης του καλωδίου καθορίζει άμεσα την ταχύτητα πόντισης του καλωδίου.

Στο τρίτο και τελευταίο σκέλος της διαδικασίας πόντισης, όταν το πλοίο προσεγγίζει το δεύτερο σημείο εναπόθεσης του καλωδίου, η ταχύτητα του πλοίου ελαχιστοποιείται, ούτως ώστε να μειωθεί η ταχύτητα πόντισης του καλωδίου. Στην άκρη του καλωδίου τοποθετείται ένα σχοινί (διπλάσιου μήκους από το μήκος του καλωδίου) το οποίο δένεται σε σταθερό σημείο εκτός θαλάσσης προκειμένου να προσδιορίζει την τάνυση του καλωδίου σε μία συγκεκριμένη κατεύθυνση. Έπειτα, το καλώδιο κόβεται στο προκαθορισμένο μήκος και το άκρο του καλύπτεται με μονωτική προστασία, ώστε να μεταφερθεί με ασφάλεια στο χερσαίο τμήμα. Το δεύτερο τμήμα του καλωδίου μεταφέρεται προς τη στεριά διατηρώντας σταθερή πορεία με την βοήθεια πλωτών μέσων.

Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία βύθισης του καλωδίου, χρησιμοποιώντας την χειροκίνητη τροχαλία, η οποία όπως περιγράψαμε παραπάνω, βρίσκεται τοποθετημένη στην στεριά, μεταφέρεται το καλώδιο από το χαντάκι βύθισης προς το χερσαίο τμήμα, καθώς επίσης ρυθμίζεται επαρκώς η τάνυση του. Μετά το πέρας της συγκεκριμένης διαδικασίας, αποσύρονται τα πλωτά μέσα και το καλώδιο συνδέεται σταθερά με μεταλλικούς συνδετήρες αγκυστρώνεται στη στεριά σε προκαθορισμένο σημείο (εικόνα 13).



Εικόνα 13: Πανοραμική λήψη του CLV «Αταλάντη» κατά τη διαδικασία πόντισης καλωδίου.

4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΟΥ CLV «ΑΤΑΛΑΝΤΗ» ΣΕ ΣΤΑΘΕΡΗ ΘΕΣΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΟΝΤΙΣΗΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΧΩΡΙΣ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά την επίσκεψή μας στο ειδικό πλοίο πόντισης καλωδίων «Αταλάντη», καταγράψαμε αναλυτικά τη διαδικασία φόρτωσης και πόντισης του καλωδίου και συζητήσαμε τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν καθημερινά οι μηχανικοί. Εν συνεχεία, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι είναι αναγκαία η δημιουργία ενός συστήματος αυτοματισμού που θα επιτρέπει τη διατήρηση του πλοίου σε σταθερή θέση κατά τη διαδικασία πόντισης του καλωδίου, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση μέσω της γέφυρας του πλοίου. Η επίτευξη ενός τέτοιου αυτοματισμού θα επιτρέψει την εξομάλυνση της διαδικασίας πόντισης καλωδίων. Ο θεωρητικός σχεδιασμός αυτού του συστήματος βασίστηκε σε ένα σύνολο επιμέρους συστημάτων, νέων τεχνολογιών και εξειδικευμένου εξοπλισμού. Κάθε σύστημα έχει

σχεδιαστεί με βάση τις ανάγκες και τις απαιτήσεις της διαδικασίας πόντισης και έχει συνδεθεί αρμονικά με το σύνολο του εξοπλισμού του πλοίου. Ο συνδυασμός αυτών των συστημάτων αποτελεί τη βάση για τη δημιουργία ενός αξιόπιστου και αποτελεσματικού συστήματος αυτοματισμού που θα εξυπηρετεί τις ανάγκες του πλοίου κατά τη διάρκεια της διαδικασίας πόντισης.

Τα ευρύτερα συστήματα αυτόματου ελέγχου του ειδικού πλοίου πόντισης καλωδίων «Αταλάντη» αποτυπώνονται και εξετάζονται πιο λεπτομερώς παρακάτω, με σκοπό να εφαρμοστούν ενεργά και απρόσκοπτα στην ανάπτυξη του συστήματος αυτοματισμού για τη διατήρηση του CLV «Αταλάντη» σε σταθερή θέση κατά τη διαδικασία πόντισης καλωδίων, χωρίς την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση. Τα εν λόγω συστήματα περιλαμβάνουν αισθητήρες και μονάδες ελέγχου που επιτρέπουν τον αυτόματο έλεγχο της θέσης και της κατεύθυνσης του πλοίου, την προσαρμογή της ισχύος και του γωνιακού ρυθμού των κινητήρων, καθώς και τον ακριβή έλεγχο της τάσης και της ταχύτητας των καλωδίων κατά τη διαδικασία της πόντισης. Μέσω της χρήσης των συγκεκριμένων συστημάτων, επιτυγχάνεται όχι μόνο η ασφαλής και αποτελεσματική λειτουργία του πλοίου, αλλά και η αποτελεσματική εξοικονόμηση ανθρώπινου χρόνου και πόρων.

Στο εν λόγω κεφάλαιο, θα παρουσιαστούν λεπτομερώς όλα τα επιμέρους τμήματα που θα συνθέσουν το τελικό σύστημα αυτοματισμού. Συνοπτικά, ο σχεδιασμός του αυτοματισμού θα απαρτίζεται από ένα σύνολο αισθητήρων ελέγχου περιβαλλοντικών μεταβολών, ηλεκτρικούς προωθητές, συστήματα εντοπισμού θέσης, συστήματα αυτόματου ελέγχου που διαθέτει το πλοίο, σύστημα συλλογής δεδομένων και ασύρματο δίκτυο αισθητήρων. Ο τελικός στόχος είναι η σύνδεση και η ενοποίηση όλων αυτών των μερών μέσω της τεχνολογίας Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Σε αυτό το πλαίσιο, θα αναλυθεί η λειτουργία και η συμβολή κάθε επιμέρους συστήματος στο συνολικό αυτοματισμό του πλοίου, ενώ θα εξεταστούν επίσης οι δυνατότητες αλληλεπίδρασης μεταξύ τους για την επίτευξη αποτελεσματικής λειτουργίας.

4.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ

Κύριος στόχος του συστήματος αισθητήρων είναι η συνεχής και αξιόπιστη εποπτεία και αποτύπωση του εξωγενούς περιβάλλοντος του πλοίου, της θαλάσσιας κίνησης και των φυσικών-τεχνητών εμποδίων, ούτως ώστε η πορεία και η λειτουργία του πλοίου να παραμείνουν απρόσκοπτες. Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα αισθητήρων περιλαμβάνει πληθώρα αισθητήρων, οι οποίοι τοποθετούνται περιμετρικά του πλοίου με σκοπό να

συγκεντρώνουν μεγάλο όγκο πληροφοριών από το εξωτερικό περιβάλλον. Εν συνεχεία, τα συλλεγμένα δεδομένα επεξεργάζονται και διαχωρίζονται σε πρώτο στάδιο από το αντίστοιχο υπολογιστικό σύστημα, ενώ σε δεύτερο στάδιο ανιχνεύονται, αναλύονται και εξάγονται τα βασικά τους χαρακτηριστικά. Τέλος, πραγματοποιείται η τελική επεξεργασία των εξαγόμενων χαρακτηριστικών στα οποία προστίθενται περαιτέρω στοιχεία, μέσω του συστήματος αυτομάτου ελέγχου του πλοίου.

Οι περιβαλλοντικοί αισθητήρες, οι οποίοι θα τοποθετηθούν περιμετρικά και κατά μήκος της επιφάνειας του CLV «Αταλάντη» και θα συμπεριληφθούν στο σύστημα εντοπισμού θέσης καθώς και στον αυτοματισμό διατήρησης της θέσης χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση είναι οι εξής:

- αισθητήρας ανέμου
- αισθητήρας βυθίσματος
- γυροπυξίδα ή γυροσκόπιο
- μονάδα αναφοράς κίνησης (MRU).

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι αισθητήρες αυτοί διαθέτουν διπλή ή τριπλή εφεδρεία, ανάλογα με την κλάση του συστήματος DP. Για παράδειγμα, στην περίπτωση διπλού πλεονασμού, δύο αισθητήρες του ίδιου τύπου συνυπάρχουν και διαβάζονται μέσω ενός υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο (RTC), αντίστοιχα το ίδιο μοντέλο ακολουθείται και στην περίπτωση τριπλού πλεονασμού. Εν γένει, μόνο ένας αισθητήρας χρησιμοποιείται ως πηγή εισόδου δεδομένων στον αλγόριθμο ελέγχου του εκάστοτε συστήματος.

• ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΑΝΕΜΟΥ

Ο άνεμος είναι ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την εκτροπή ενός πλοίου από την αρχική του θέση. Ως εκ τούτου, κρίνεται αναγκαία η ακριβής μέτρηση της ισχύος και της κατεύθυνσης του ανέμου, διότι τα δεδομένα τα οποία έχουν ορισθεί ως παράμετροι εισόδου του ανεμομέτρου καθορίζουν το αποτέλεσμα της εξόδου το οποίο θα μεταδοθεί από τον υπολογιστή στον προωθητήρα. Εν συνεχεία, ο συντελεστής του ανεμοδείκτη προκύπτει από την μέση τιμή των μεταβλητών που έχουν ορισθεί στο σύστημα. Με την σειρά του ο ανεμοδείκτης, προσδιορίζει την ελάχιστη τιμή ισχύος πρόωσης προς την αντίθετη κατεύθυνση του ανέμου, την οποία πρέπει να διατηρούν σε μόνιμη κατάσταση οι προωθητές, έτσι ώστε το πλοίο να παραμένει σταθερό. Οι πιο συνηθισμένοι τύποι ανεμομέτρων είναι οι παρακάτω:

1. Ανεμόμετρα rotating cups

2. Ανεμόμετρα ultra sonic

• ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΒΥΘΙΣΜΑΤΟΣ

Οι αισθητήρες βυθίσματος αποτελούν σημαντικό στοιχείο των πλοίων δυναμικής θεσιοθέτησης (DP), καθώς επηρεάζουν την αντίδραση του πλοίου στον αέρα και το ρεύμα. Το βύθισμα ενός πλοίου αναφέρεται στην απόσταση μεταξύ της εμφόρτου ισάλου γραμμής και της βασικής γραμμής, γνωστής και ως η γραμμή που ακουμπά το νερό. Αυτή η απόσταση είναι επίσης γνωστή ως "έμφορτο" ή "μέσο" βύθισμα. Υπάρχουν αρκετοί τύποι αισθητήρων βυθίσματος, οι οποίοι χρησιμοποιούν ποικίλες τεχνολογίες για τη μέτρηση της συγκεκριμένης απόστασης. Οι επικρατέστεροι τύποι αισθητήρων βυθίσματος είναι οι εξής:

- 1. Αισθητήρες Υποβυθίσεως:** Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν το βύθισμα του πλοίου με βάση την πίεση του νερού στο σημείο επαφής του πλοίου. Συνήθως υποβυθίζονται σε μια δεξαμενή η οποία είναι συνδεδεμένη με τη θάλασσα, και η αλλαγή στην υδροστατική πίεση που ασκεί το νερό στον αισθητήρα χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί το βύθισμα.
- 2. Αισθητήρες Ultrasound:** Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες χρησιμοποιούν ηχητικά κύματα για να μετρήσουν το βύθισμα. Ένας πομπός στέλνει υλικό στο νερό, και ο δέκτης λαμβάνει το σήμα που αντανακλάται πίσω στο πλοίο. Η χρονική διαφορά μεταξύ της αποστολής και της λήψης του σήματος χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η απόσταση έως την επιφάνεια του νερού.
- 3. Αισθητήρες Πίεσης:** Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες μετρούν την πίεση του νερού στο σημείο τους. Η αύξηση της πίεσης όταν ο αισθητήρας βυθίζεται πιο βαθιά χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί το βύθισμα του πλοίου.

• ΓΥΡΟΠΥΞΙΔΑ & ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΟ

Η γυροπυξίδα είναι ένας αισθητήρας που υπολογίζει την κατεύθυνση και την ταχύτητα περιστροφής ενός πλοίου. Στα ανώτερης κλάσης συστήματα DP τοποθετούνται τρεις γυροπυξίδες περιμετρικά του πλοίου, ώστε να αποφεύγονται τυχόν αποκλίσεις στα δεδομένα που λαμβάνονται. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι γυροπυξίδες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με το σύστημα εντοπισμού θέσης του εκάστοτε πλοίου, με κύριο στόχο την συλλογή γεωχωρικών δεδομένων.

Υπάρχουν δυο διαδοσόμενοι τύποι γυροσκοπίου. Ο ένας τύπος γυροσκοπίου διαθέτει ως βασική δομή το laser και ο άλλος τύπος την οπτική ίνα. Το Ring Laser Gyroscope (RLG) αποτελείται από ένα laser σε σχήμα δακτυλίου και διαθέτει δύο ανεξάρτητους πολλαπλασιαστές, τοποθετημένους αντίθετα. Το αποτέλεσμα της διαφοράς το οποίο προκύπτει από τις συχνότητες αυτών των πολλαπλασιαστών, χαρακτηρίζει την ανίχνευση της περιστροφής. Η λειτουργία του RLG βασίζεται στην αρχή του Sagnac. Η εμφάνιση αλληλεπίδρασης μεταξύ των αντίθετων ακτίνων, ορατή εξωτερικά, προκαλεί μεταβλητότητα στο μοτίβο των κυμάτων και ως εκ τούτου υποδεικνύει την περιστροφή του γυροσκοπίου. Το γυροσκόπιο οπτικών ινών (Fibre optic gyroscopes - FOG) ανιχνεύει αλλαγές στον προσανατολισμό με βάση την αρχή του Sagnac. Πιο συγκεκριμένα, η κύρια λειτουργία του βασίζεται στην παρεμβολή του φωτός που διέρχεται μέσω ενός πηνίου οπτικών ινών.

Το FOG παρουσιάζει σχεδόν απόλυτα ακριβείς μετρήσεις του ρυθμού περιστροφής, διότι δεν επηρεάζεται από εξωγενείς παράγοντες. Εν αντιθέσει με το κλασικό μηχανικό γυροσκόπιο, το FOG δεν διαθέτει κινητά μέρη και δεν επηρεάζεται πρωτογενώς κατά την κίνηση.

Συμπερασματικά, το γυροσκόπιο οπτικών ινών λόγω της υψηλής ακρίβειας και της υψηλής αντοχής του το καθιστούν κατάλληλο για εφαρμογές υψηλής απόδοσης και ακρίβειας, συμπεριλαμβανομένων των ειδικών πλοίων πόντισης καλωδίων. Εν γένει, το γυροσκόπιο οπτικών ινών (FOG) προβάλλει υψηλότερη ανάλυση σε σχέση με ένα γυροσκόπιο δακτυλίου λέιζερ (RLG).

- **ΜΟΝΑΔΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΚΙΝΗΣΗΣ (MRU)**

Εν γένει, τα συστήματα εντοπισμού θέσης (DP) εστιάζουν στη διόρθωση τυχόν σφαλμάτων που προκύπτουν στην ακρίβεια της θέσης και της διεύθυνσης που πρέπει να βρίσκεται τοποθετημένο το πλοίο. Οι κύριες κινήσεις οι οποίες ορίζονται ως πρότυπο για τη διόρθωση της θέσης και της κατεύθυνσης του πλοίου είναι η διαμήκης μετατόπιση, η εγκάρσια μετατόπιση και η εγκάρσια περιστροφή. Συνοπτικά, η μονάδα αναφοράς κίνησης περιλαμβάνει ένα κυκλικό κέλυφος, στο οποίο βρίσκονται περιμετρικά τοποθετημένοι αισθητήρες μέτρησης απόστασης. Εν συνεχεία, λαμβάνοντας η μονάδα τα δεδομένα μέτρησης της απόστασης ανά τακτά χρονικά διαστήματα, τα αποστέλλει με τη σειρά της στο σύστημα DP. Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι μέσω του δεδομένου της απόστασης που λαμβάνουμε ως πληροφορία από το γυροσκόπιο, προκύπτει και ο υπολογισμός της ταχύτητας του πλοίου.

Όπως αναλύσαμε παραπάνω η ακρίβεια της θέσης και της διεύθυνσης του πλοίου παρακολουθούνται μέσω των προωθητών και ελέγχονται μέσω της ενεργού πρόωσης που προσφέρουν αυτοί. Παράλληλα, το σύστημα εντοπισμού θέσης διορθώνει αδιάληπτα τυχόν αποκλίσεις των τριών μεγεθών κίνησης που προαναφέραμε, ελέγχοντας την κάθε παράμετρο ξεχωριστά. Ο υπολογισμός του σφάλματος προκύπτει από τα δεδομένα της τρέχουσας θέσης του πλοίου, τα οποία αποστέλλονται μέσω του συστήματος εντοπισμού θέσης και συγκρίνονται με τις αποδεκτές τιμές (α , β), οι οποίες έχουν ορισθεί εξ αρχής στο σύστημα ως αποδεκτά όρια. Εν συνεχεία, μέσω του ελεγκτή PID, αναλύεται το σφάλμα, το οποίο αν ξεπερνά τα αποδεκτά όρια, στέλνει σήμα εξόδου στους προωθητές για να εκκινήσουν. Επίσης, τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται από το γυροσκόπιο (γωνία περιστροφής), διαβιβάζονται σε έναν ελεγκτή PID ο οποίος αναλύει το σφάλμα της απόκλισης και στέλνει σήμα εξόδου στους προωθητές για να εκκινήσουν. Όσο αφορά τα τρία μεγέθη κίνησης του πλοίου, δεν χρήζουν διόρθωσης. Πιο συγκεκριμένα, η διαμήκης και η εγκάρσια περιστροφή δεν συμπεριλαμβάνονται στους ελέγχους του συστήματος εντοπισμού.

Εν γένει, τα συστήματα εντοπισμού θέσης τελευταίας γενιάς στη βασική τους δομή, διαθέτουν μοχλοβραχίονα, ώστε να καθίσταται εφικτή η εναλλαγή του ελέγχου από αυτόματο σε χειροκίνητο και το αντίθετο. Η βασική διαφορά είναι ότι σε λειτουργία αυτόματου ελέγχου, οι κινήσεις που έχουν τεθεί ως βασικές παράμετροι διορθώνονται αυτόματα, ενώ σε χειροκίνητη λειτουργία οι μετατοπίσεις και η περιστροφική κίνηση του πλοίου αλλάζουν βάσει της φοράς-διεύθυνσης στην οποία τοποθετείται ο μοχλός από τον χειριστή.

Υπάρχουν δύο είδη ελεγκτών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό και την διόρθωση σφαλμάτων στα συγκεκριμένα συστήματα. Ο ελεγκτής PID, διαθέτει έναν μικροεπεξεργαστή, ο οποίος βρίσκεται τοποθετημένος μετά την είσοδο των δεδομένων και χρησιμοποιείται για να ορισθούν τα όρια των αποδεκτών τιμών, ώστε να καθίσταται εφικτή η σύγκριση των δεδομένων που εισέρχονται στο σύστημα με τα ανεκτά όρια, για να δοθεί εν συνεχεία η εντολή ενεργοποίησης των προωθητών. Οι ελεγκτές model predictive, βασίζονται αποκλειστικά σε μαθηματικό μοντέλο. Εξαιτίας των αλλαγών στις περιβαλλοντικές δυνάμεις που ασκούνται πάνω στο σκαρί του πλοίου (αέρας, κύματα, ρεύμα κ.τ.λ.), οι παράμετροι υπολογισμού της θέσης του πλοίου μεταβάλλονται και βάσει αυτού δημιουργείται το μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης. Λόγω της ιδιότητας του να προβλέπει τις περιβαλλοντικές συνθήκες ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ο έλεγχος της σταθερής θέσης του πλοίου είναι συνεχής. Στο συγκεκριμένο σύστημα, ορίζονται ως απόλυτες και ακριβείς τιμές εισόδου η

θέση και η διεύθυνση του πλοίου και ως έξοδο λαμβάνεται η λογική τιμή της πρόωσης, για κάθε προωθητή ξεχωριστά.

4.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΠΡΟΩΘΗΤΕΣ

Είναι γεγονός, ότι η πλειοψηφία των πλοίων διαθέτει σύστημα εντοπισμού θέσης και ως εκ τούτου αναπόσπαστο μέρος αυτού είναι η ηλεκτρική πρόωση. Κάθε πλοίο διαθέτει δύο κύριους προωθητήρες στην πρύμνη καθώς και τον απαιτούμενο αριθμό βοηθητικών προωθητήρων. Αναλυτικότερα, οι προωθητές διαθέτουν είτε προκαθορισμένη κατεύθυνση, είτε δυνατότητα περιστροφής 360 μοιρών. Τα σύγχρονα πλοία διαθέτουν πολλαπλούς συνδυασμούς πρόωσης, ανάλογα με τη λειτουργία και τον σκοπό τους. Αρχικά, ο χειροκίνητος έλεγχος επιτρέπει στον χειριστή να ελέγχει κάθε προωθητήρα ξεχωριστά ή σε ζεύγη. Εν συνεχεία, ο αυτόματος έλεγχος πορείας διαθέτει αρκετές αυτοματοποιημένες διαδικασίες, όπως cruise control, διατήρηση προεπιλεγμένης θέσης και ταχύτητας κ.τ.λ. Όταν η λειτουργία του πλοίου έχει ορισθεί σε αυτόματη, η απόφαση για την λογική τιμή πρόωσης (Thruster Allocation Logic – TAL) λαμβάνεται μέσω του ελεγκτή ο οποίος εμπεριέχεται στο σύστημα DP. Οι εντολές ελέγχου των προωθητών περιλαμβάνουν την ισχύ και την κατεύθυνση του πλοίου. Υπάρχει και η δυνατότητα χειροκίνητου ελέγχου, ο οποίος περιλαμβάνει λειτουργίες εκκίνησης ή παύσης των προωθητήρων, καθώς και προεπιλογή των στροφών και των μοιρών περιστροφής. Είναι γεγονός, ότι η χειροκίνητη λειτουργία είναι υψίστης σημασίας, καθώς οποιοδήποτε σφάλμα που μπορεί να προκύψει μέσω της αυτόματης λειτουργίας, μπορεί άμεσα να ανασταλεί με ανθρώπινη παρέμβαση, προς αποφυγή ατυχημάτων και μη αναστρέψιμων καταστάσεων. Ο έλεγχος των προωθητών από τον καπετάνιο, πραγματοποιείται σε πραγματικό χρόνο μέσω της κεντρικής οθόνης του συστήματος DP, στην οποία απεικονίζονται οι απαραίτητες ενδείξεις καθώς και η κατάσταση λειτουργίας του κάθε προωθητή μεμονωμένα. Πιο συγκεκριμένα, το πλοίο Αταλάντη διαθέτει αζιμουθιακούς προωστήρες. Βασικό πλεονέκτημα του συγκεκριμένου τύπου προωστήρων, είναι η ευελιξία και η ικανότητα τους να παράγουν ώση προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Η ώση που παραγέται δύναται να ελεγχθεί με τους παρακάτω τρόπους:

- Έλικες ελεγχόμενου βήματος (CPP – Comfortable Pitch Propellers) για παραγωγή σταθερών στροφών ανά λεπτό.
- Έλικες σταθερού βήματος (FPP – Fixed Pitch Propellers) για παραγωγή μεταβλητών στροφών ανά λεπτό.
- Μεταβλητό βήμα για παραγωγή μεταβλητών στροφών ανά λεπτό.

Εν γένει, οι αζιμουθιακοί προωστήρες χρησιμοποιούνται με σκοπό να διατηρούν τη θέση του πλοίου σταθερή και να διευκολύνουν την εκτέλεση διαφόρων μανούβρων. Η πλέον βέλτιστη λύση περιλαμβάνει τη χρήση αζιμουθιακών προωστήρων σε συνδυασμό με την ηλεκτρική πρόωση.

4.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ (DP)

Η ακριβής, συνεχή και αδιάληπτη συλλογή δεδομένων είναι απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία ενός συστήματος εντοπισμού θέσης, με τον ρυθμό εισαγωγής δεδομένων να μην ξεπερνά το ένα δευτερόλεπτο. Στα ειδικά πλοία πόντισης καλωδίων, στα οποίες επικεντρώνεται η παρούσα διπλωματική εργασία, η διατήρηση της ακρίβειας και εγκυρότητας των δεδομένων είναι πρωταρχικής σημασίας και επιτυγχάνεται μέσω του συστήματος DP. Τα ευρέως διαδεδομένα συστήματα εντοπισμού θέσης που χρησιμοποιούνται ποικίλλουν ανάλογα με το έργο του ειδικού πλοίου πόντισης καλωδίων και περιγράφονται παρακάτω [8].

- **Δορυφορικά συστήματα**

Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης βασίζεται κατά κόρον στα δορυφορικά συστήματα. Είναι γεγονός ότι τα δορυφορικά συστήματα δεν προσφέρουν υψηλή ακρίβεια στη θέση εντοπισμού, με αποτέλεσμα να αποφεύγεται η χρήση τους στα συστήματα DP. Η διόρθωση τυχόν σφάλματος που προκύπτει στον εντοπισμό της θέσης του πλοίου, εξαλείφεται εγκαθιστώντας ένα σύστημα DGPS (Differential Global Positioning System) στο πλοίο. Το Διαφορικό Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού (Differential Global Positioning System - DGPS) αποτελεί μια αναβαθμισμένη εκδοχή του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού (Global Positioning System - GPS) και προσφέρει αυξημένη ακρίβεια θέσης. Σε αντίθεση με την ακρίβεια των περίπου 15 μέτρων που παρέχει το στάνταρ GPS, το DGPS παρέχει ακρίβεια που φτάνει περίπου το 1 εκατοστό. Είναι σημαντικό να τονισθεί ότι το DGPS λειτουργεί ως ένα σύστημα που παρέχει αυστηρά και μόνο διορθώσεις σε σήματα GPS. Χρησιμοποιώντας μια γνωστή, προκαθορισμένη και σταθερή θέση, το DGPS προσαρμόζει τα σήματα GPS σε πραγματικό χρόνο, προκειμένου να αποφευχθούν και να διορθωθούν τυχόν σφάλματα ή αλλοιώσεις τους. Επιπλέον, ευρέως διαδεδομένα δορυφορικά συστήματα είναι το Galileo (GNSS), το οποίο είναι Ευρωπαϊκής κατασκευής, το Glonass, το οποίο είναι Ρωσικής κατασκευής και τέλος το BeiDou, το οποίο είναι Κινέζικης κατασκευής και παρέχει περιορισμένες δυνατότητες κάλυψης [9].

- **Υδροακουστικά συστήματα**

Ένα υδροακουστικό σύστημα απαρτίζεται από:

1. Αναμεταδότες τοποθετημένοι κατά μήκος του υποθαλάσσιου συστήματος
2. Μετατροπέα κυματικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια, τοποθετημένος στο κατώτατο τμήμα του σκελετού του πλοίου.

Ο μετατροπέας εκπέμπει έναν παλμό προς τον αναμεταδότη, δηλαδή έναν ακουστικό σήμα μέσω πιεζοηλεκτρικών στοιχείων, με σκοπό να προκαλέσει ανταπόκριση. Όταν ο αναμεταδότης λαμβάνει τον παλμό, αποστέλλει έναν νέο παλμό προς τον μετατροπέα. Ο χρόνος που απαιτείται για τη μετάδοση και τη λήψη είναι ανάλογος με την απόσταση μεταξύ του αναμεταδότη και του μετατροπέα. Δεδομένου ότι η ταχύτητα του ήχου μέσω του νερού είναι γνωστή, μπορεί να υπολογιστεί η απόσταση με βάση αυτήν. Να σημειωθεί ότι αν συνυπολογισθεί η απόσταση από τέσσερις διαφορετικούς αναμεταδότες, δύναται να προσδιοριστεί με ακρίβεια η θέση του πλοίου.

Εν εκ των βασικότερων μειονεκτημάτων που συνδέονται με τη συγκεκριμένη τεχνολογία είναι ο θόρυβος που δημιουργούν οι προωθητές του πλοίου, η παρουσία κοντινών πλοίων ή ακουστικά σήματα τα οποία αποδίδονται σε περεταίρω εργασιακές δραστηριότητες και επηρεάζουν ψευδώς το σύστημα. Τέλος, να σημειωθεί ότι η χρήση του περιορίζεται για πλοία που κινούνται σε ρηγά νερά, εξαιτίας του φαινομένου κάμψης ακτινών.

- **Laser συστήματα**

Τα συστήματα εντοπισμού που κατασκευάζονται βάσει της τεχνολογίας Laser είναι σχετικά απλά και αποτελούνται από μία συλλογή από πρίσματα τα οποία βρίσκονται ομαδοποιημένα ή από μία ταινία τοποθετημένη στο πλοίο, έτσι ώστε να ανακλάται οποιοδήποτε προσπίπτων σήμα. Συνήθως το εύρος εμβέλειας του ξεπερνά τα 500 μέτρα. Βασικό μειονέκτημα του συγκεκριμένου τύπου συστήματος, είναι ο υψηλός κίνδυνος απώλειας σήματος και σκέδασης του οπτικού σήματος, λόγω της ενδιάμεσης πρόσκρουσης του σε περαιτέρω ανακλαστικά αντικείμενα.

- **Radar συστήματα**

Τα συγκεκριμένα συστήματα εντοπισμού θέσης κατασκευάστηκαν με σκοπό την κάλυψη μεγάλων αποστάσεων και βασίζονται στην τεχνολογία μικροκυμάτων μεταβλητής συχνότητας και συνήθως διαθέτουν περιστρεφόμενη κεραία. Η λειτουργία των συστημάτων

radar βασίζεται σε έναν ενεργό στόχο, τον επονομαζόμενο αναμεταδότη, ο οποίος στέλνει το σήμα του πίσω στον αισθητήρα, μέσω του οποίου ανιχνεύονται οι συντεταγμένες του στόχου. Συνήθως το εύρος εμβέλειας του φθάνει τα 700 μέτρα.

- **Συστήματα μικροκυμάτων**

Τα συγκεκριμένα συστήματα εντοπισμού θέσης υπολογίζουν με υψηλή ακρίβεια την εμβέλεια καθώς και την θέση ενός στοιχείου το οποίο βρίσκεται εν κινήση σε αντιπαραβολή με ένα στοιχείο το οποίο βρίσκεται σε σταθερή θέση. Η θέση εντοπίζεται μέσω της μέτρησης της ακριβούς απόστασης και της γωνίας μεταξύ δύο σημείων. Είναι γεγονός ότι το σύστημα εντοπισμού μικροκυμάτων χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα δεξαμενόπλοια καθώς και στα πλοία μεταφοράς αγαθών και εμπορευμάτων.

Το κύριο αντικείμενο ενός συστήματος δυναμικής θεσιοθέτησης (Dynamic Positioning, DP) είναι ο αυτόματος έλεγχος της θέσης και της κατεύθυνσης ενός πλοίου. Κατά την πλοήγησή του σε ανοικτή θάλασσα, ένα πλοίο δέχεται επίδραση από διάφορες δυνάμεις, όπως οι δυνάμεις του αέρα, των κυμάτων και του θαλάσσιου ρεύματος, καθώς και από τις δυνάμεις που παράγονται από το σύστημα πρόωσης του πλοίου. Αυτές οι δυνάμεις επηρεάζουν τη θέση και την κατεύθυνση του πλοίου, και η λειτουργία του συστήματος DP στοχεύει στο να διατηρεί αυτές τις παραμέτρους σε σταθερά επίπεδα [14].

Για την καταγραφή των δυνάμεων που ασκούνται στο πλοίο καθώς και για την καταγραφή των κινήσεών του και πιο συγκεκριμένα της πορείας του, χρησιμοποιούνται ποικίλα συστήματα, τα οποία συμπεριλαμβάνουν ένα σύστημα αναφοράς θέσης, μια γυροσκοπική πυξίδα και ένα σύστημα καταγραφής της καθετότητας του πλοίου. Όσον αφορά την ταχύτητα του ανέμου, δύναται να υπολογισθεί χρησιμοποιώντας αισθητήρες ανέμου.

Το σύστημα δυναμικής θεσιοθέτησης (Dynamic Positioning, DP) χρησιμοποιεί τα παραπάνω δεδομένα για να υπολογίσει τη διαφορά της πραγματικής θέσης του πλοίου σε σχέση με μια προκαθορισμένη θέση, η οποία πρέπει να διατηρηθεί. Αρχικά, το σύστημα λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την τοποθεσία και την κατεύθυνση του πλοίου. Έπειτα, χρησιμοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα, πραγματοποιούνται υπολογισμοί βάση ενός μαθηματικού μοντέλου, το οποίο προσδιορίζει τον τρόπο και τη διαχείριση των διατάξεων πρόωσης (δηλαδή, την κατανομή των προωθητών και των προωθητήρων) με σκοπό να μειωθεί η εντοπισμένη διαφορά και να διατηρηθεί η επιθυμητή θέση του πλοίου.

Το σύστημα δυναμικής θεσιοθέτησης λειτουργεί αποκλειστικά ως ένα διορθωτικό σύστημα, αντιδρώντας είτε σε περιστατικά απώλειας θέσης είτε σε προληπτικές συνθήκες που

προβλέπουν αλλαγές στη θέση. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες και τα όργανα μέτρησης, όπως οι μετρήσεις της έντασης του ανέμου, του ρεύματος της θάλασσας, του κυματισμού κ.λπ., το σύστημα δρα με τρόπο που εκμηδενίζει αυτές τις δυνάμεις.

Οι βασικές συνιστώσες που απαρτίζουν ένα σύστημα εντοπισμού θέσης κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- **Σύστημα ελέγχου DP**

Αποτελείται από τα εξής υποσυστήματα: σύστημα ελέγχου δυναμικής θέσης, σύστημα αισθητήρων, σύστημα παρακολούθησης και σύστημα αναφοράς θέσης.

- **Σύστημα αναφοράς θέσης**

Το σύστημα αυτό παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τη αναφοράς θέσης οι οποίες απαιτούνται από το σύστημα DP, τις οποίες εν συνεχεία χρησιμοποιεί για τον υπολογισμό της θέσης με ακρίβεια.

- **Σύστημα ισχύος**

Απαρτίζεται από το σύνολο των συστημάτων και του εξοπλισμού που απαιτούνται για την παροχή ενέργειας στο σύστημα εντοπισμού θέσης.

- **Σύστημα προωθητήρων**

Οι προωθητήρες παρέχουν την δυνατότητα πλήρους περιστροφής του πλοίου. Στο σύστημα προωθητήρων συμπεριλαμβάνεται ο εξοπλισμός τροφοδοσίας ενέργειας καθώς και το κέντρο ελέγχου και επιτήρησης.

Ως επί το πλείστον οι δύο βασικοί παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν άμεσα την σταθερότητα της θέσης του πλοίου είναι οι εξής:

- **Εξωγενής παράγοντες**

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως ο άνεμος, τα κύματα και τα ρεύματα, επηρεάζουν άμεσα την αντίσταση του πλοίου που διαθέτει σύστημα DP και μπορούν να οδηγήσουν σε απώλεια θέσης. Οι απρόβλεπτες αλλαγές στο εξωγενές περιβάλλον του πλοίου, οι οποίες μπορούν άμεσα και ραγδαία να επηρεάσουν το GPS, πρέπει να ληφθούν υπόψη στον σχεδιασμό.

- **Σφάλμα στο σύστημα δυναμικής οριοθέτησης**

Η κατάσταση και η συντήρηση του συστήματος αναφοράς θέσης καθώς και η κατάσταση αλλά και η συντήρηση των αισθητήρων είναι κρίσιμοι παράγοντες που επηρεάζουν καθοριστικά την πιθανότητα απώλειας θέσης.

4.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Τα συστήματα αυτόματου ελέγχου που διαθέτει το ειδικό πλοίο πόντισης καλωδίων «Αταλάντη» αντιπροσωπεύουν ένα εντυπωσιακό συνδυασμό τεχνολογίας και λειτουργικότητας που ενισχύει την απόδοση και την ασφάλεια του πλοίου σε κάθε κατάσταση. Αυτά τα συστήματα αυτοματοποιούν διάφορες λειτουργίες και διαδικασίες, εντός και εκτός του πλοίου, με στόχο τη μείωση του κινδύνου ανθρώπινων λαθών και τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ασφάλειας. Τα ποικίλλα συστήματα αυτόματου ελέγχου που εφαρμόζονται στο c/v «Αταλάντη» ενισχύουν τη λειτουργικότητά του και εξασφαλίζουν την απρόσκοπτη και ασφαλή λειτουργία του. Κάθε ένα από αυτά τα συστήματα συνεργάζεται αρμονικά για να διασφαλίσει την αρμονική και αποτελεσματική λειτουργία του πλοίου σε κάθε περίπτωση. Οι συνεχείς και αυτόματες παρεμβάσεις αυτών των συστημάτων εξασφαλίζουν τη συνεχή λειτουργία του πλοίου, ακόμα και κατά την αντιμετώπιση αναπάντεχων προκλήσεων και αλλαγών στις συνθήκες. Επιπλέον, η αυτοματοποίηση αυτών των λειτουργιών επιτρέπει στο πλήρωμα να επικεντρωθεί σε άλλες κρίσιμες εργασίες και καθήκοντα που απαιτούν την ανθρώπινη παρέμβαση, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της αποδοτικότητας και της ασφάλειας του πλοίου και του πληρώματος. Τέλος, το κάθε σύστημα αυτοματισμού που διαθέτει το πλοίο αναλύεται εκτενώς παρακάτω [6, 20].

1. ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΩΝ (Engine automation system – EAS) & ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΗΧΑΝΩΝ (Autonomous engine monitoring and control – AEMS)

Εν γένει, το σύστημα αυτομάτου ελέγχου (EAS) συμπεριλαμβάνει όλα τα μέρη του πλοίου, τα οποία παράγουν και ελέγχουν την ενέργεια του, καθώς και τα συστήματα κίνησης του. Αναλυτικότερα, τα μέρη που απαρτίζουν το σύστημα EAS είναι οι κύριες και βοηθητικές μηχανές, τα συστήματα ελέγχου, τα συστήματα πρόωσης, το σύστημα καυσίμων, το σύστημα στήριξης, το σύστημα εκπομπής αερίων, το σύστημα πηδαλίου, το σύστημα λίπανσης του κινητήρα καθώς και τα συστήματα προειδοποίησης σε έκτακτες καταστάσεις.

Το σύστημα αυτομάτου ελέγχου μηχανών (AEMS) εγκαθίσταται στο πλοίο προς έλεγχο και διαχείριση των μηχανών σε πραγματικό χρόνο, καθώς επίσης για να καθίσταται εφικτή η επιτήρηση όλων των πλήρως αυτοματοποιημένων διαδικασιών που εκτελούνται εν πλω. Είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με όλα τα μηχανικά μέρη του πλοίου, τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω.

2. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΗΧΑΝΩΝ (Engine efficient system)

Στο συγκεκριμένο σύστημα βασίζεται η βέλτιστη λειτουργία του πλοίου, καθώς είναι ο διάυλος μέσω του οποίου επιτυγχάνεται η άμεση και έγκαιρη συντήρηση, χρησιμοποιώντας τους εκάστοτε key performance indicators (KPIs). Κρίσιμος παράγοντας είναι η απρόσκοπτη λειτουργία του καθώς μέσω των ελέγχων που πραγματοποιεί, διασφαλίζει την ομαλή λειτουργία των μηχανών και παράλληλα ελέγχει τα επίπεδα κατανάλωσης καυσίμου με σκοπό την ελαχιστοποίηση των εκπεμπόμενων καυσαερίων.

3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΕΦΥΡΑΣ (Bridge automation system – BAS)

Βασικός στόχος της δημιουργίας του συστήματος αυτομάτου ελέγχου της γέφυρας του πλοίου, είναι η πλήρης αυτοματοποίηση των διαδικασιών που εκτελούνται σε όλο το φάσμα του συγκεκριμένου τμήματος του πλοίου χωρίς ανθρώπινη παρουσία. Πλέον, υπάρχουν αρκετά συστήματα στη γέφυρα τα οποία λειτουργούν ακολουθώντας αυτοματοποιημένες διαδικασίες, χωρίς να είναι ακόμα σε στάδιο πλήρους αυτοματοποίησης, δηλαδή χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Τα σημαντικότερα υποσυστήματα του BAS είναι τα συστήματα κατεύθυνσης καθώς και τα συστήματα ελέγχου και διαχείρισης του πλοίου. Αναλυτικότερα τα υποσυστήματα διαχειρίζονται την πλοήγηση, τον χειρισμό, την διαχείριση μηχανών, τον έλεγχο πρόωσης, την διαχείριση ενέργειας, την διαχείριση συναγερμών, την διαχείριση φορτίου, την διαχείριση στεγανών και τον έλεγχο της πλώρης.

4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ (Navigation system)

Το σύστημα πλοήγησης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία ενός πλοίου, καθώς προσδιορίζει και ελέγχει άμεσα την πορεία του. Επίσης, τροποποιεί την διαδρομή του πλοίου σύμφωνα με την πρόβλεψη για τον καιρό και είναι αρμόδιο για την ασφαλή πορεία του πλοίου σε περιπτώσεις που αντιμετωπίσει έντονα καιρικά φαινόμενα. Για να καταστούν εφικτά όλα τα προαναφερόμενα, το σύστημα αυτόματης πλοήγησης είναι συνδεδεμένο με όλα τα μέρη τα οποία απαρτίζουν το σύστημα αυτομάτου ελέγχου της γέφυρας.

5. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (AIS)

Κύριος στόχος του συγκεκριμένου συστήματος είναι ο έλεγχος και η ανίχνευση των κινήσεων του εκάστοτε πλοίου από τις λιμενικές αρχές. Επίσης, χρησιμοποιείται και για την ανίχνευση του από άλλα πλοία που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή. Η ανίχνευση του πλοίου πραγματοποιείται με εκπομπή σήματος υψηλής συχνότητας σε συνδυασμό με τις σχετικές πληροφορίες που παρέχονται από το σύστημα ηλεκτρονικών χαρτών (ECDIS).

6. ΣΥΣΤΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΧΑΡΤΩΝ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (ECDIS)

Η ύπαρξη του συγκεκριμένου συστήματος είναι καθολική καθώς επιτυγχάνει ασφαλή και βέλτιστη πλοήγηση. Το σύστημα ECDIS και το σύστημα AIS έχουν άμεση σύνδεση με όλα τα συστήματα πλοήγησης της γέφυρας του πλοίου καθώς και με το σύστημα προειδοποίησης έκτακτης κατάστασης. Αναλυτικότερα, το σύστημα ECDIS λαμβάνει δεδομένα από το δρομόμετρο, το βαθύμετρο, το γυροσκόπιο, το ανεμόμετρο, το radar, το GPS, τα πηδάλια και το σύστημα αυτόματης πλοήγησης.

7. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Το σύστημα αυτομάτου ελέγχου διενεργεί έλεγχο των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί μέσω των αισθητήρων με σκοπό να στείλει τις αντίστοιχες εντολές στα ευρύτερα αυτοματοποιημένα συστήματα του πλοίου. Είναι γεγονός ότι το συγκεκριμένο σύστημα, επικοινωνεί και συνδέεται άμεσα με όλα τα επιμέρους συστήματα αυτοματοποιημένα και μη από το οποία απαρτίζεται το πλοίο.

8. ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ (Cargo Control Room – CCR)

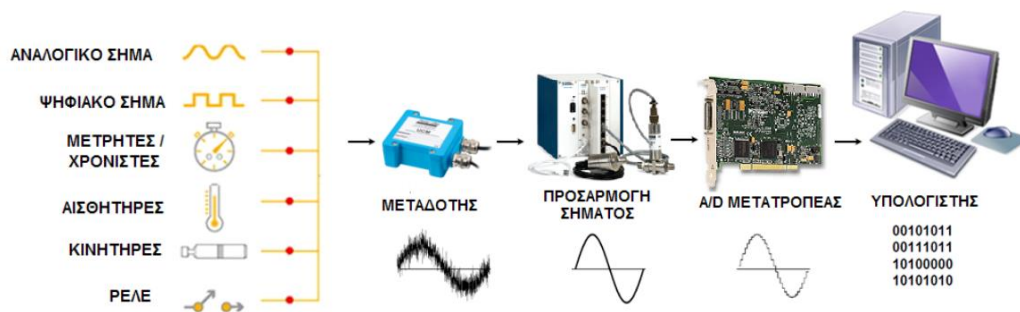
Στο συγκεκριμένο σύστημα περιλαμβάνονται η επιτήρηση, η ταξινόμηση (προς διατήρηση της ισορροπίας) και ο έλεγχος του φορτίου καθώς και η άμεση επικοινωνία με τους γερανούς φορτοεκφόρτωσης με στόχο τον συντονισμό των διαδικασιών. Αναλυτικότερα, το σύστημα διαχείρισης φορτίου αλληλεξαρτάται από το σύστημα ελέγχου στάθμης υγρών, το σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου βαλβίδων, το σύστημα έρματος και το σύστημα επιτήρησης εισροής υδάτων.

9. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ – ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ (Remote maneuvering support system – RMSS)

Στο σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου παρέχεται πλήρης πρόσβαση και έλεγχος από το κέντρο ελέγχου ξηράς, με στόχο την ύψιστη ασφάλεια διεκπεραίωσης των αυτόνομων διαδικασιών εν πλω. Εν γένει, παρέχει ακριβή δεδομένα θέσης του πλοίου και είναι σε θέση να προβλέπει με ακρίβεια τυχόν ελιγμούς που πρέπει να εκτελέσει το πλοίο εξαιτίας ποικίλων καταστάσεων.

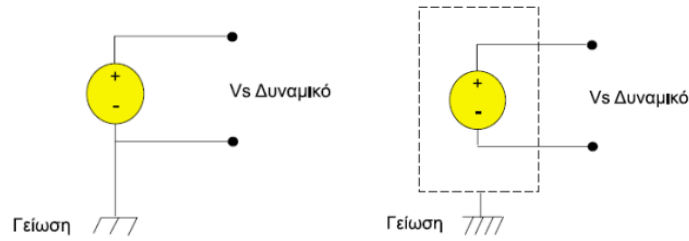
4.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DATA ACQUISITION SYSTEM)

Εν γένει, κάθε σύστημα συλλογής δεδομένων διαθέτει μία υπολογιστική μονάδα, αισθητήρες, μορφοτροπιείς, μεταδότες ή αναμεταδότες, μονάδες προσαρμογής σήματος, κάρτες συλλογής δεδομένων, καθώς και λογισμικό επεξεργασίας, απεικόνισης και καταγραφής δεδομένων. Αναλυτικότερα, οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι βελτίωσης σήματος που εφαρμόζονται σε ένα σύστημα συλλογής δεδομένων, είναι η ενίσχυση, η απομόνωση, η πολυπλεξία, το φιλτράρισμα, η ηλεκτρεγερτική δύναμη και η γραμμικοποίηση. Στην εικόνα 14 απεικονίζεται αναλυτικά οι βαθμίδες ενός συστήματος DQS από την λήψη του εκάστοτε σήματος, έως ότου απεικονιστεί στην υπολογιστική μονάδα.



Εικόνα 14: Βαθμίδες συστήματος συλλογής δεδομένων (DQS).

Κατά κανόνα υπάρχουν δύο συνδεσμολογίες σημάτων, οι οποίες διακρίνονται σε γειωμένης αναφοράς και σε συνεχούς μετατόπισης (σχήμα 1). Επίσης, είναι σημαντικό να υπενθυμίσουμε ότι τα σήματα διακρίνονται σε μονοπολικά (δηλ. 0 έως 5V) και διπολικά (δηλ. -5V έως +5V).



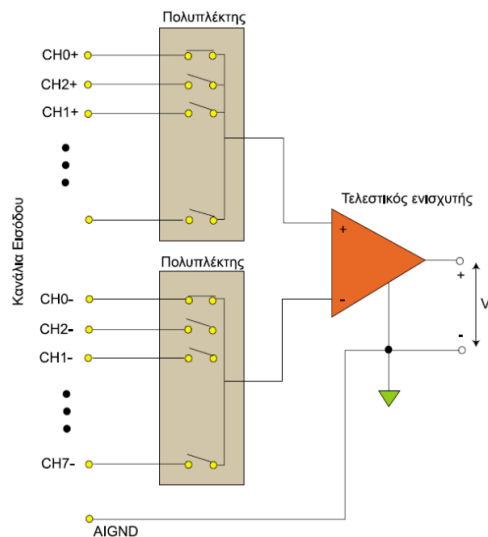
Σχήμα 1: Στην αριστερή εικόνα απεικονίζεται η συνδεσμολογία γειωμένης αναφοράς σήματος, ενώ στη δεξιά εικόνα απεικονίζεται η συνεχούς μετατόπισης συνδεσμολογία σήματος.

• ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΡΤΩΝ ΣΕ ΕΝΑ DAS

Είναι υψίστης σημασίας να αναφερθεί, ότι ανάλογα με τον τύπο σήματος που θα εισαχθεί στην είσοδο του συστήματος, επιλέγεται η συνδεσμολογία των καρτών στο σύστημα DAS.

Οι κυρίαρχες μέθοδοι σύνδεσης είναι οι κάτωθι:

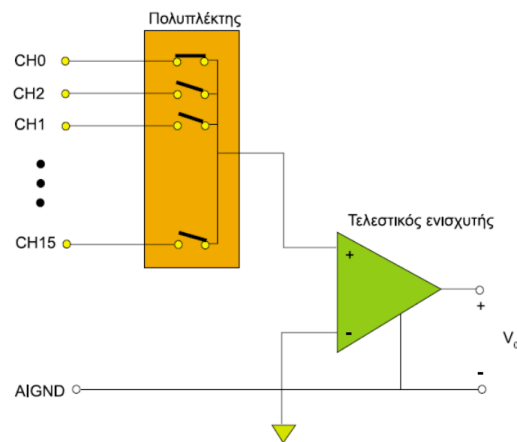
1. Διαφορική σύνδεση σήματος (Differential - DIFF): Σε ένα διαφορικό σύστημα μέτρησης οι τελεστικοί ενισχυτές τοποθετούνται σε συνδεσμολογία τοπολογίας τελεστικού ενισχυτή (σύνδεση διαφορικών αισθητήρων) (σχήμα 2). Πιο συγκεκριμένα, ένας διαφορικός ενισχυτής αποτελείται από δύο εισόδους και τρεις εξόδους.



Σχήμα 2: Τοπολογία διαφορικής σύνδεσης σήματος.

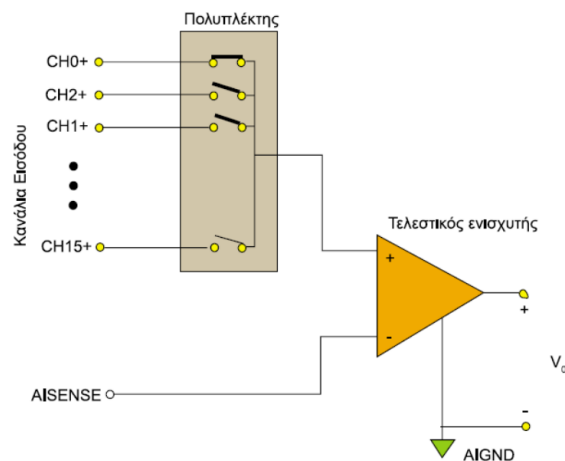
2. Μοναδιαία σύνδεση σήματος με αναφορά (Referenced Single – Ended – RSE): Στο συγκεκριμένο σύστημα οι τελεστικοί ενισχυτές τοποθετούνται σε τοπολογία μη

αναστρέφων ενισχυτή, με την αρνητική είσοδο να συνδέεται απευθείας με την γείωση (ακροδέκτης AIGND) (σχήμα 3).



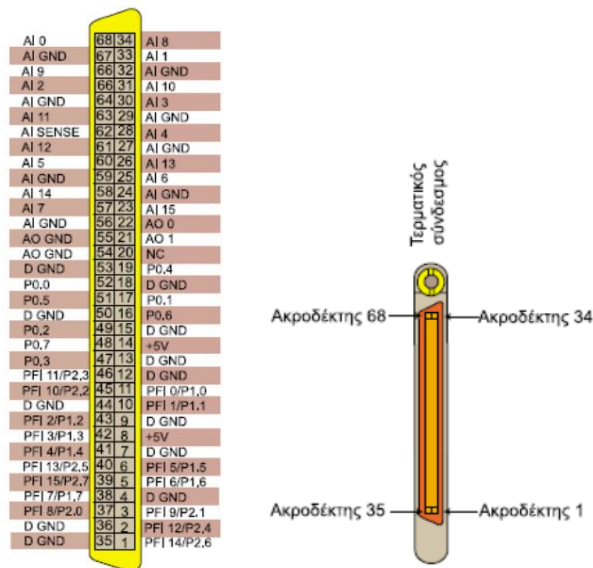
Σχήμα 3: Τοπολογία μοναδιαίας σύνδεσης σήματος με αναφορά.

3. Μοναδιαία σύνδεση σήματος χωρίς αναφορά (None Referenced Single – Ended – NRSE): Στο συγκεκριμένο σύστημα, όλες οι μετρήσεις λαμβάνονται με σημείο αναφοράς την στάθμη του σήματος που συνδέεται στην αρνητική είσοδο του τελεστικού ενισχυτή (ακροδέκτης AISENSE) (σχήμα 4).



Σχήμα 4: Τοπολογία μοναδιαίας σύνδεσης σήματος χωρίς αναφορά.

Οι βασικές βαθμίδες σε μία κάρτα συλλογής δεδομένων απεικονίζονται αναλυτικά στο παρακάτω διάγραμμα (εικόνα 15):



Εικόνα 15: Στην αριστερή εικόνα απεικονίζεται η εσωτερική συνδεσμολογία της κάρτας συλλογής δεδομένων, ενώ στη δεξιά εικόνα απεικονίζεται η εξωτερική απεικόνιση της κάρτας, όπου AIx: αναλογική είσοδος, AOx: ψηφιακή είσοδος και έξοδος, PFI: προγραμματιζόμενη διεπαφή, Px, x: ψηφιακό κανάλι, και GND: γείωση.

• ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΕΙΣΟΔΩΝ ΤΩΝ ΚΑΡΤΩΝ ΕΝΟΣ DAS

Είναι γεγονός ότι θα πρέπει να προηγηθεί μία αναλυτική μελέτη σχετικά με τις αναλυτικές εισόδους των καρτών ενός DAS, καθώς μέσα από αυτή θα προκύψουν ακριβή στοιχεία σχετικά με τις δυνατότητες και την ακρίβεια μέτρησης του συστήματος. Τα βασικά χαρακτηριστικά των αναλογικών εισόδων, τα οποία είναι αναγκαίο να καλύπτουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές αναλύονται εκτενώς παρακάτω [5].

1. Αριθμός καναλιών

Πιο συγκεκριμένα, ο αριθμός των αναλογικών εισόδων του καναλιού είναι αναγκαίο να διευκρινίζεται, τόσο για να καθοριστεί η τοπολογία όλων των μεθόδων σύνδεσης σημάτων (RSE, NRSE, και DIFF). Για παράδειγμα εάν μία κάρτα φέρει 14 κανάλια RSE, η δυνατότητα σύνδεσης διαφορικών καναλιών DIFF θα είναι $7 \left(\frac{14 \text{ RSE}}{2} = 7 \text{ κανάλια DIFF} \right)$.

2. Συχνότητα Δειγματοληψίας

Η συχνότητα δειγματοληψίας είναι υψίστης σημασίας για την αποδοτικότητα ενός καναλιού. Παραδείγματος χάριν εάν στο τεχνικό φυλλάδιο της κάρτας αναφέρεται συχνότητα δειγματοληψίας ίση με 350 Ks/S, ο μέγιστος ρυθμός συλλογής σε πραγματικές συνθήκες για κάθε κανάλι εισόδου (n) θα είναι $\frac{350}{n}$.

3. Ανάλυση

Ως ανάλυση ορίζεται ο αριθμός των bit που χρησιμοποιεί ο μετατροπέας για απεικονίσει το σήμα. Είναι προφανές, ότι όσο υψηλότερη είναι η ανάλυση του σήματος, τόσο πληθαίνει ο αριθμός των υποδιαίρέσεων που υφίσταται το εύρος του σήματος, άρα ελαχιστοποιείται η ανίχνευση των μικρών αλλαγών της τάσης στην είσοδο του συστήματος.

4. Κλίμακα

Ως κλίμακα ορίζεται το κατώτατο και ανώτατο όριο τάσης το οποίο μπορεί να δεχθεί ο μετατροπέας. Είναι σημαντικό να αναφερθεί, ότι μέσω του συνδυασμού ανάλυσης και κλίμακας τάσης, προκύπτει η μικρότερη ανιχνεύσιμη στο σήμα εισόδου.

5. Αντίσταση εισόδου

Εν γένει η αντίσταση εισόδου για τις κάρτες ενός συστήματος DAS πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1 ΜΩ. Τα κύρια χαρακτηριστικά των καρτών DAS που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό ενός συστήματος συλλογής δεδομένων είναι τα εξής:

- γραμμικά και μη γραμμικά σφάλματα
- ακρίβεια
- χρόνος σταθεροποίησης ενισχυτή
- παραγόμενος θόρυβος
- ευαισθησία σε μεταβολές θερμοκρασίας

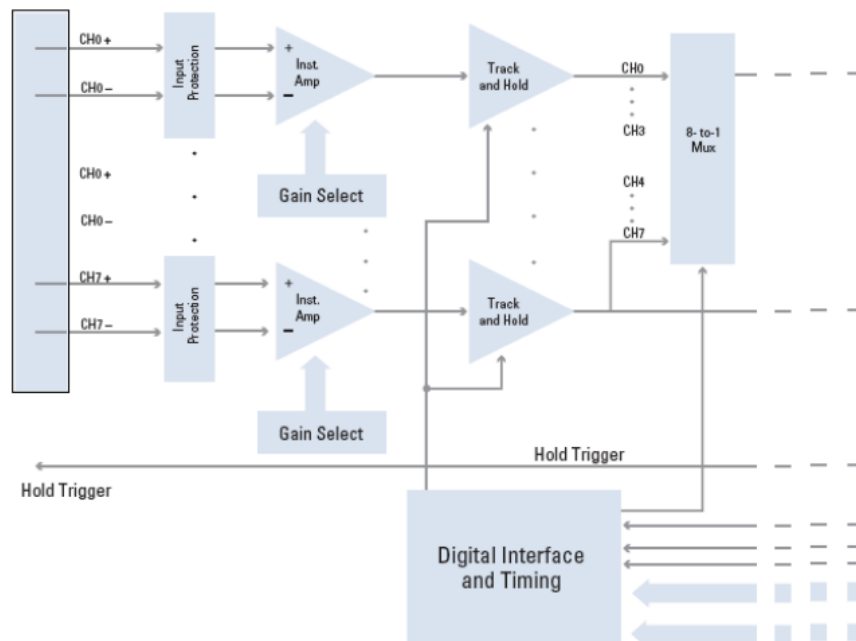
6. Δειγματοληψία πολλών σημάτων την ίδια χρονική στιγμή

Σε ποικίλες περιπτώσεις και συγκεκριμένα στην δημιουργία ενός συστήματος συλλογής δεδομένων το οποίο θα ενταχθεί σε ένα μερικώς αυτοματοποιημένο καλωδιακό πλοίο, το οποίο μελετάμε στην παρούσα εργασία, απαιτείται η ταυτόχρονη δειγματοληψία πολλών και διαφορετικών σημάτων, όπως για παράδειγμα την μέτρηση της πίεσης κατά μήκος του πλοίου. Για την συλλογή ποικίλων σημάτων την ίδια χρονική στιγμή εφαρμόζονται οι παρακάτω διατάξεις:

- ***Ταυτόχρονη δειγματοληψία***

Στο σχήμα 5 απεικονίζεται η διάταξη ταυτόχρονης δειγματοληψίας ποικίλων σημάτων. Αναλυτικότερα, σε κάθε είσοδο υπάρχει ένα σύστημα που πραγματοποιεί δειγματοληψία και

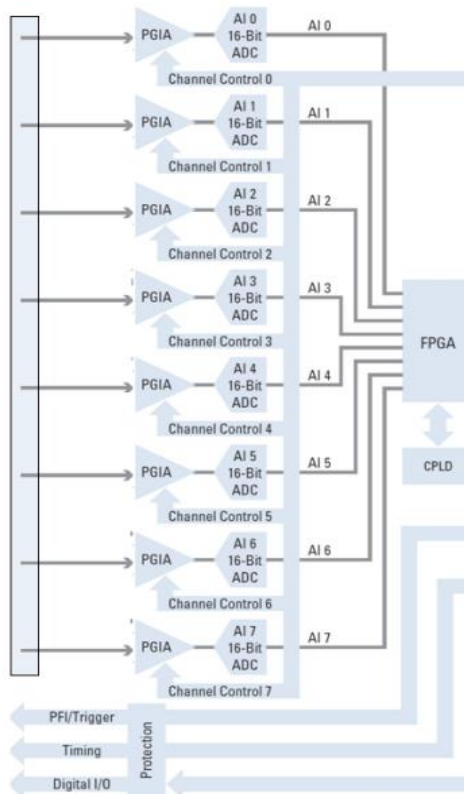
αποθηκεύει τα δείγματα. Το σήμα που προκύπτει από την αποθήκευση διαβιβάζεται ταυτόχρονα σε όλα τα επιμέρους συστήματα δειγματοληψίας της συσκευής. Αυτό οδηγεί στην ομόχρονη απόκτηση του σήματος από ένα μεγάλο αριθμό, 'n', εισόδων. Εν συνεχεία, ένας αναλογικός πολυπλέκτης υψηλών ταχυτήτων, μεταφέρει το σήμα εξόδου από κάθε κύκλωμα σε μία κοινή σειρά δειγματοληψίας. Τέλος, ο μετατροπέας μετατρέπει την αναλογική πληροφορία του σήματος σε ψηφιακή μορφή.



Σχήμα 5: Διάταξη ταυτόχρονης δειγματοληψίας ποικίλων σημάτων.

- **Χρήση πολλαπλών ADC μετατροπέων**

Στο σχήμα 6 απεικονίζεται η διάταξη πολλαπλών μετατροπέων σημάτων. Εν γένει, η χρήση της τεχνικής πολλαπλών μετατροπέων ADC (Multi-ADC) επιτρέπει την ταχύτερη απόκτηση δεδομένων σε σύγκριση με την ταυτόχρονη δειγματοληψία. Ωστόσο, το μειονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι το υψηλότερο κόστος που συνεπάγεται. Κάθε κανάλι εισόδου του συστήματος περιλαμβάνει μια διάταξη δειγματοληψίας, καθώς και ένα μετατροπέα ο οποίος μετατρέπει το αναλογικό σήμα. Τα σήματα συγχρονίζονται μέσω ενός κοινού σήματος ρολογιού.



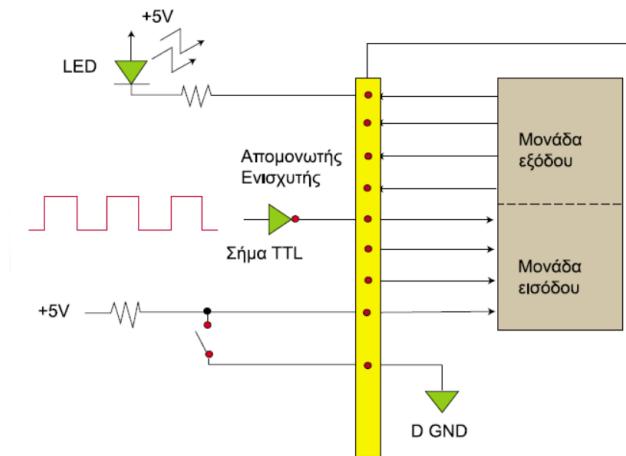
Σχήμα 6: Διάταξη πολλαπλών μετατροπέων σημάτων.

• ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΕΞΟΔΩΝ ΤΩΝ ΚΑΡΤΩΝ ΕΝΟΣ DAS

Τα βασικά χαρακτηριστικά των αναλογικών εξόδων, τα οποία είναι αναγκαίο να καλύπτουν τις απαιτούμενες προδιαγραφές παρατίθενται παρακάτω.

1. ο χρόνος σταθεροποίησης
2. ο ρυθμός μεταβολής
3. η ανάλυση εξόδου
4. το ρεύμα εξόδου
5. η κλίμακα εξόδου
6. διάλογος RTSI
7. ψηφιακές εισοδοί /έξοδοι (DIO)
8. απαριθμητής/ χρονομέτρης (Counter/Timer)
9. Trigger
10. προγραμματιζόμενη διεπαφή (PFI)

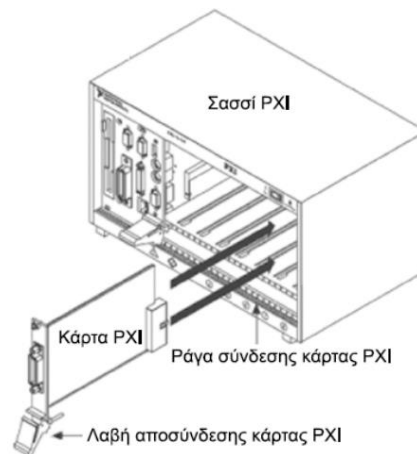
Εν συνεχεία, στο σχήμα 7 απεικονίζεται αναλυτικά η διάταξη των ψηφιακών εισόδων και εξόδων.



Σχήμα 7: Διάταξη ψηφιακών εισόδων και εξόδων.

- **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**

Το σύστημα PXI (PCI eXtension for Instrumentation, PXI) συνδυάζει το δίαυλο PCI (Peripheral Component Interconnect, PCI) με την αρχιτεκτονική σχεδίαση βιομηχανικών υπολογιστών (PCI-based industrial computers) για τη δημιουργία συστημάτων μέτρησης και απόκτησης δεδομένων σε βιομηχανικό επίπεδο (εικόνα 16).



Εικόνα 16: Απεικόνιση συστήματος PXI.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των βιομηχανικών μονάδων PXI κατηγοριοποιούνται ως εξής:

1. Συλλογή αναλογικών σημάτων εισόδου και εξόδου (Analog Input And Output)
2. Συλλογή ψηφιακών σημάτων εισόδου και εξόδου (Digital Input And Output)
3. Ψηφιακή επεξεργασία σήματος (Digital Procces Signal)
4. Επεξεργασία εικόνας (Image Acquisition)
5. Έλεγχος κίνησης (Motion Control)

6. Χρονικά σήματα εισόδου και εξόδου (Timing Input and output)
7. Μονάδες προσαρμογής σήματος (Signal Condition)

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι υπάρχουν διαφορετικοί τύποι καρτών ανάλογα με τον τύπο διαύλου που διαθέτουν (π.χ.: χρονικό ή υβριδικό υποδοχέα εισόδου).

4.7 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τα ασύρματα συστήματα συλλογής δεδομένων χρησιμοποιούν τα ακόλουθα πρότυπα επικοινωνίας για τη μετάδοση των σημάτων από αισθητήρες ή μεταδότες:

Bluetooth (Ρυθμός μετάδοσης: 100 Kbit/s – 1 Mbit/s, ακτίνα μετάδοσης: 50 μέτρα)

Wireless USB (Ρυθμός μετάδοσης: άνω των 100 Mbit/s, ακτίνα μετάδοσης: 10-100 μέτρα)

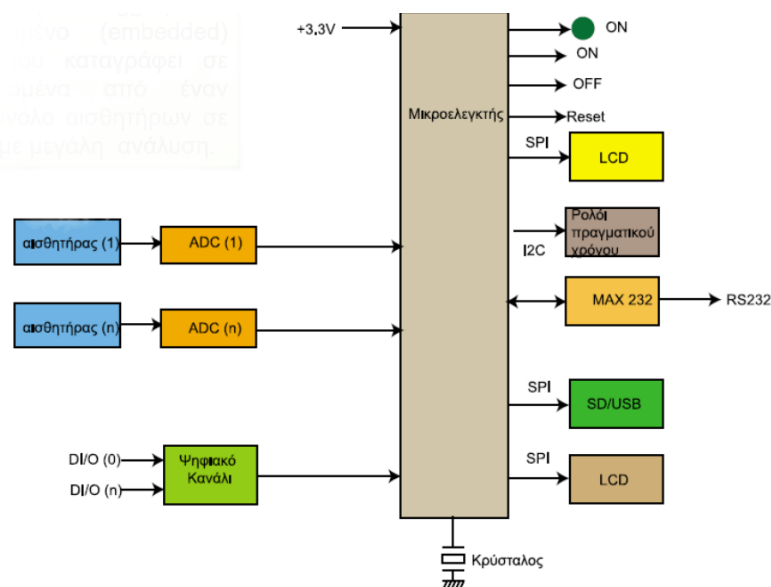
Wi-Fi (Ρυθμός μετάδοσης: 1 Mbit/s – 100 Mbit/s, ακτίνα μετάδοσης: 3-10 μέτρα)

ZigBee (Ρυθμός μετάδοσης: 100 Kbit/s – 900 Kbit/s, ακτίνα μετάδοσης: 50-100 μέτρα)

Να σημειωθεί ότι στο παρόν σύστημα αυτοματισμού που περιγράψαμε παραπάνω, επιλέχθηκε ως πρότυπο επικοινωνίας το Wi-Fi [10].

- **Καταγραφέας δεδομένων**

Εν γένει, ο καταγραφέας δεδομένων απαρτίζεται από ένα πλήρως ενσωματωμένο υπολογιστικό σύστημα με σκοπό την αποθήκευση δεδομένων από ένα σύνολο αισθητήρων σε εσωτερική μνήμη με υψηλή ανάλυση. Στο σχήμα 8 αποτυπώνεται ενδελεχώς η εσωτερικός σχεδιασμός καθώς και η λειτουργία του καταγραφέα δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί στο σύστημα αυτοματισμού.



Σχήμα 8: Εσωτερική διάταξη καταγραφέα δεδομένων.

4.8 ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (Internet of Things - IoT)

Η τεχνολογία IoT (Internet of Things) περιλαμβάνει ένα δίκτυο συνδεδεμένων συσκευών και αισθητήρων που επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω διαδικτύου για τη συλλογή, ανταλλαγή και ανάλυση δεδομένων με σκοπό την εκτέλεση και τη βελτίωση διαφόρων λειτουργιών και διαδικασιών. Οι συσκευές IoT μπορεί να περιλαμβάνουν αισθητήρες, ενσωματωμένους υπολογιστές, ενεργητικές συσκευές (όπως ενεργοποιητές), αλλά και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές.

Στα ειδικά πλοία πόντισης καλωδίων, η εφαρμογή του IoT είναι ιδιαίτερα σημαντική. Με τη χρήση συσκευών IoT, όπως αισθητήρες, μέσω των οποίων καθίσταται εφικτή η παρακολούθηση της θέσης του πλοίου, η κατάσταση των μηχανημάτων, η κατανάλωση καυσίμων, η παρακολούθηση της θερμοκρασίας και άλλων παραμέτρων. Αυτό μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της ασφάλειας, της απόδοσης και της οικονομίας των καυσίμων, καθώς και στη μείωση του χρόνου αναμονής για συντήρηση και επισκευή. Επιπλέον, η σύνδεση του εκάστοτε πλοίου με συστήματα πληροφορικής και δικτύων επιτρέπει την παρακολούθηση τους από απόσταση και την εφαρμογή προληπτικών μέτρων για την αποφυγή προβλημάτων [13].

Ένα σύστημα IoT αποτελείται από πέντε βασικά στοιχεία, τα οποία συνεργάζονται για να δημιουργήσουν ένα ολοκληρωμένο σύστημα που μπορεί να παρακολουθεί, να ελέγχει και να αναλύει δεδομένα από το εξωγενές περιβάλλον του πλοίου.

- **Αισθητήρες και Συσκευές Εισόδου:** Αυτά τα στοιχεία είναι υπεύθυνα για την ανίχνευση και τη συλλογή δεδομένων από το φυσικό περιβάλλον. Αισθητήρες όπως αισθητήρες πίεσης, ανέμου και κίνησης, χρησιμοποιούνται σε ένα CLV για την καταγραφή πολλαπλών και ποικίλων πληροφοριών.
- **Δίκτυο Συνδεσιμότητας:** Αναφέρεται το δίκτυο που επιτρέπει τη μετάδοση των δεδομένων από τους αισθητήρες στα υπόλοιπα επιμέρους στοιχεία του συστήματος. Δύναται να περιλαμβάνει ενσύρματες ή ασύρματες συνδέσεις, όπως Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, ή LoRa.
- **Διακομιστές και Υπολογιστικοί Πόροι:** Αυτά τα στοιχεία είναι υπεύθυνα για τη λήψη, αποθήκευση, επεξεργασία, και ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες. Συνήθως πρόκειται για cloud servers ή edge computing συστήματα που εκτελούν αλγορίθμους επεξεργασίας δεδομένων για να προσφέρουν αξιόπιστες και χρήσιμες πληροφορίες.

- **Επεξεργασία Δεδομένων:** Όταν ολοκληρωθεί η μεταβίβαση των δεδομένα από το δίκτυο των κόμβων στο σύστημα, υπόκεινται σε προκαθορισμένες διαδικασίες επεξεργασίας και ανάλυσης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης προγραμμάτων και αλγορίθμων, όπως για παράδειγμα ο έλεγχος θερμοκρασίας και η σύγκρισή τους με τα προκαθορισμένα επιτρεπτά όρια.
- **Απεικόνιση Αποτελεσμάτων:** Στο τελικό στάδιο, η πληροφορία που εμφανίζεται στον χρήστη καθοδηγεί την ενέργειά του, είτε μέσω αυτοματοποιημένων εργασιών που έχουν οριστεί είτε με την άμεση δράση του, όπως για παράδειγμα, αν το πλοίο κατά τη διαδικασία πόντισης του καλωδίου μετακινηθεί και απαιτείται η επανατοποθέτησή του στη σωστή θέση.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), που επηρεάζει αρνητικά το σύστημα του αυτοματισμού, είναι η αδυναμία επίτευξης απόλυτης ασφάλειας. Οποιαδήποτε περίπτωση δυσλειτουργίας ή ακόμη και υποκλοπής του δικτύου εμποδίζει την πλήρη εμπιστοσύνη στην αναμενόμενη λειτουργία τους.

Πιθανές βελτιώσεις στη χρήση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), που θα μπορούσαν να προκύψουν στο μέλλον, περιλαμβάνουν την ενσωμάτωση ενεργειακής αυτονομίας του δικτύου μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτό θα οδηγούσε σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του δικτύου καθώς και σε μείωση του κόστους λόγω της εξοικονόμησης ισχύος των υπολογιστικών πόρων που επιτρέπει ένα τέτοιο αυτόνομο σύστημα. Μια έταιρη πιθανή μελλοντική βελτιστοποίηση είναι η δυνατότητα αυτόματης προσαρμογής του δικτύου. Οι πληροφορίες που καταγράφονται και αποθηκεύονται στο σύστημα μπορούν εν συνεχεία να χρησιμοποιηθούν ως εισαγόμενα δεδομένα σε ένα εξειδικευμένο πρόγραμμα, το οποίο θα παρέχει την δυνατότητα αυτόματης προσαρμογής του δικτύου στο εκάστοτε υπό έλεγχο σύστημα.

4.9 ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ (Wireless Sensor Network – WSN)

Με την προοδευτική ανάπτυξη της τεχνολογίας, ο τύπος ασύρματων δικτύων που χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο σε καινοτόμα περιβάλλοντα με αισθητήρες είναι τα Wireless Sensor Networks (WSN). Ως WSN χαρακτηρίζεται ένα σύστημα απομακρυσμένων κόμβων που συλλέγουν δεδομένα και τα μεταδίδουν σε διάφορες συσκευές που επιλέγει ο χρήστης. Αυτοί οι κόμβοι μπορούν επίσης να ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους καθώς και να επικοινωνούν στην επιλεγμένη τοποθεσία. Τα WSN έχουν χαμηλό κόστος και απαιτούν λιγότερη εγκατάσταση καθώς δεν χρειάζονται καλώδια. Επιπλέον, οι κόμβοι

λειτουργούν αυτόνομα χωρίς την παρέμβαση ανθρώπου και μπορούν να συγκεντρώνουν πολλά διαφορετικά δεδομένα, προσφέροντας έτσι μεγάλο όγκο πληροφοριών στον χρήστη. Επιπλέον, οι κόμβοι λειτουργούν με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, συνήθως με μπαταρίες, και μπορούν να συλλέξουν διαφορετικά είδη δεδομένων από πολλαπλούς αισθητήρες [3, 18].

4.9.1 Δομή κόμβου σε ασύρματο δίκτυο αισθητήρων

Η δημιουργία ενός κόμβου σε ασύρματο δίκτυο αισθητήρων στοχεύει στη μείωση του κόστους, την αύξηση της ευελιξίας, την αύξηση της ανοχής στα σφάλματα, τη βελτίωση της διαδικασίας ανάπτυξης και την εξοικονόμηση ενέργειας. Ένας κόμβος αποτελείται από τη μονάδα αισθητήρων, η οποία περιλαμβάνει τον αισθητήρα και τον μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα, τη μονάδα επεξεργασίας που περιλαμβάνει τον επεξεργαστή και τη μονάδα αποθήκευσης, τη μονάδα επικοινωνίας που περιλαμβάνει τον πομποδέκτη και τη μονάδα παροχής ενέργειας που τροφοδοτεί το σύστημα [4, 12].

Τα επιμέρους στοιχεία που απαρτίζουν τον κόμβο σε ένα WSN αναλύονται παρακάτω.

Μονάδα ανίχνευσης: Απαρτίζεται από μια συλλογή διαφορετικών τύπων αισθητήρων που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή διαφόρων παραμέτρων του φυσικού περιβάλλοντος. Αυτοί οι αισθητήρες παράγουν ένα αναλογικό ηλεκτρικό σήμα, το οποίο στη συνέχεια μετατρέπεται σε ψηφιακό μέσω του Analog-to-Digital-Converter (ADC), προκειμένου να μπορέσει να το επεξεργαστεί ο επεξεργαστής και να ξεκινήσει η επεξεργασία των δεδομένων.

Μονάδα επεξεργασίας: Αποτελείται από έναν κεντρικό επεξεργαστή και μια μνήμη RAM. Ο ρόλος της μονάδας επεξεργασίας είναι να συλλέγει δεδομένα από διάφορες πηγές, να τα επεξεργάζεται και να τα αποθηκεύει.

Μονάδα επικοινωνίας: Χρησιμοποιεί έναν αναμεταδότη σήματος (transceiver), ο οποίος απαρτίζεται από ένα δέκτη και ένα πομπό. Ανάλογα με την εφαρμογή, η επικοινωνία μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω ραδιοκυμάτων, υπέρυθρων ή οπτικών σημάτων.

Μονάδα ενέργειας: Στόχος της είναι να παρέχει ενέργεια στον κόμβο με όσο το δυνατόν χαμηλό κόστος και για περιορισμένο χρονικό διάστημα, με σκοπό να εξοικονομεί ενέργεια από τη μπαταρία και, κατά συνέπεια, να παρατείνει τη μακροζωία της μπαταρίας. Αυτός ο περιορισμένος χρόνος λειτουργίας είναι σημαντικός για τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, καθώς η διάρκεια αυτής της μπαταρίας εξαρτάται από τη χρήση που της δίνεται.

4.9.2 Εφαρμογές ασύρματων δικτύων σε ειδικό πλοίο πόντισης καλωδίων

- **Τεχνολογία RFID**

Αυτή η τεχνολογία εντάσσεται στον όρο Auto-Identification (Auto-ID), ο οποίος αναφέρεται σε τεχνολογίες που επιτρέπουν την αναγνώριση αντικειμένων και τη συλλογή πληροφοριών από αυτά. Ειδικότερα, με τον όρο Radio-Frequency Identification (RFID) εννοούμε τα ασύρματα συστήματα που χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων για να μεταφέρουν πληροφορίες ανάμεσα σε αντικείμενα. Τέτοια συστήματα αποτελούνται από έναν αναγνώστη (reader), μια ετικέτα (tag) και κεραίες που επιτρέπουν τη μετάδοση σημάτων μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας. Η συγκεκριμένη τεχνολογία χρησιμοποιείται εκτενώς σε εφαρμογές ασύρματης δικτύωσης αισθητήρων σε ποικίλους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των ειδικών πλοίων πόντισης καλωδίων. Ένα από τα παραδείγματα, είναι η χρήση αυτής της τεχνολογίας για την ανίχνευση οποιασδήποτε περιβαλλοντικής αλλαγής ή οποιασδήποτε αλλαγής στη μετατόπιση του πλοίου από την προκαθαρισμένη τοποθεσία πόντισης του καλωδίου. Για το σκοπό αυτό, τοποθετούνται κόμβοι αισθητήρων περιμετρικά του πλοίου, οι οποίοι διαβάζουν τα απαραίτητα δεδομένα και τα μεταδίδουν στα cluster heads. Στη συνέχεια, τα δεδομένα επεξεργάζονται στα cluster heads και στέλνονται στον βασικό σταθμό.

- **Αυτόνομη πλοήγηση**

Το συγκεκριμένο σύστημα έχει ως στόχο την αυτόνομη πλοήγηση ενός πλοίου χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Εισάγοντας μόνο τις συντεταγμένες του προορισμού, εν συνεχεία, αυτόνομοι μαθηματικοί αλγόριθμοι αναλαμβάνουν να κατευθύνουν το πλοίο στον προορισμό του, αποφεύγοντας πιθανές αποκλίσεις που μπορεί να προκύψουν λόγω ανθρώπινης παρέμβασης ή λόγω περαιτέρω αστάθμιτων παραγόντων. Το σύστημα βασίζεται εν γένει στο Track-Keeping system (TK). Με τη χρήση κατάλληλων αισθητήρων, το σύστημα αποκτά πληροφορίες σχετικά με τον καιρό, την κατάσταση του νερού, τη λειτουργία των εξαρτημάτων του πλοίου, και άλλες σχετικές παραμέτρους. Αυτές οι πληροφορίες στη συνέχεια μεταφέρονται σε έναν κεντρικό σταθμό εντός του πλοίου, όπου βρίσκεται μια μονάδα επεξεργασίας δεδομένων. Εκεί, αυτές οι πληροφορίες υπόκεινται σε επεξεργασία και προσαρμογή από τους σχετικούς αλγόριθμους που εκτελούνται συνεχώς, και οι οποίοι καθορίζουν την πορεία και τη λειτουργία του πλοίου [19].

- **Σύστημα παρακολούθησης της υδροελαστικής συμπεριφοράς του πλοίου**

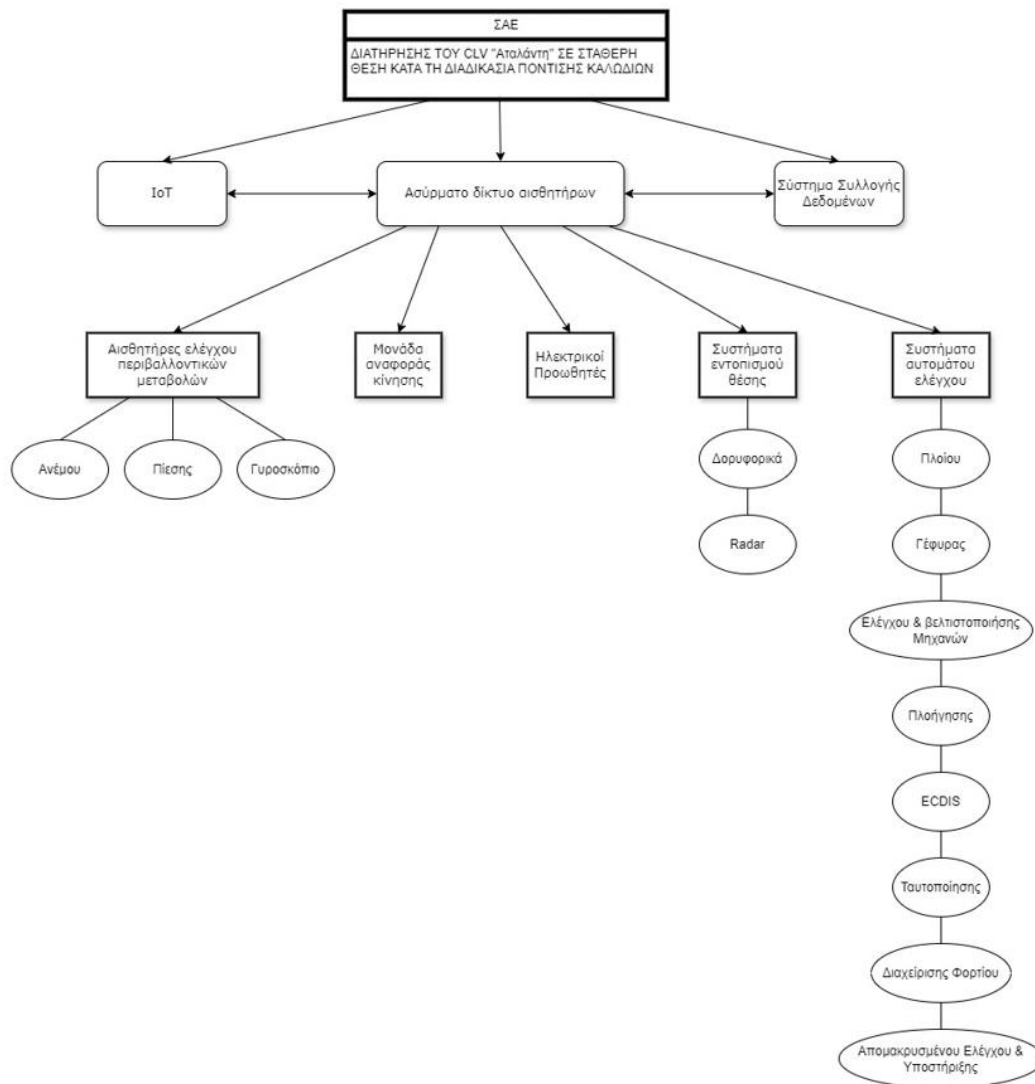
Για την ασφαλή πλοήγηση του πλοίου στη θάλασσα, είναι ζωτικής σημασίας η ικανότητά του να αντέχει τις κράσεις που πιθανώς προκύπτουν. Εκτός από την επιμέλεια στην κατασκευή του, η συντήρησή του είναι εξίσου σημαντική. Καθώς το πλοίο ταξιδεύει, υφίσταται φορτία και καταπονήσεις σε όλο του το σώμα. Επομένως, η παρακολούθηση της μηχανικής του κατάστασης κατά τη διάρκεια της πλοήγησης είναι απαραίτητη για τη συνολική επίβλεψη της αντοχής του. Αυτή η ανάγκη αντιμετωπίζεται με τη χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων (WSN).

Η τεχνολογία των WSN χρησιμοποιείται για την επίβλεψη των καταπονήσεων που υφίσταται το πλοίο σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα WSN απαρτίζεται από τρεις διαφορετικούς τύπους αισθητήρων, οι οποίοι ανιχνεύουν τις δυνάμεις που ασκούνται σε διάφορα σημεία του πλοίου ανά πάσα στιγμή. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες συγκροτούν τους κόμβους του συστήματος, οι οποίοι μεταδίδουν τις μετρήσεις τους σε έναν κεντρικό κόμβο. Εν συνεχεία, ο κεντρικός κόμβος, αποστέλλει με τη σειρά του τα ληφθέντα δεδομένα στον κεντρικό server προς επεξεργασία. Αναλυτικότερα, οι κόμβοι απαρτίζονται από τρεις διαφορετικούς αισθητήρες, οι οποίοι με την σειρά τους επικοινωνούν με τον αντίστοιχο κεντρικό κόμβο. Σε κάθε τριάδα κόμβων συμπεριλαμβάνονται τρεις διαφορετικοί τύποι αισθητήρων: ένα τριαξονικό γυροσκόπιο, ένα τριαξονικό μαγνητόμετρο και ένα τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο. Παράλληλα, οι αισθητήρες λαμβάνουν και καταγράφουν γεωχωρικά δεδομένα σχετικά με την μετατόπιση των αξόνων τους εν συγκρίσει με τις κινήσεις του πλοίου την εκάστοτε χρονική στιγμή. Τέλος, ο server που βρίσκεται εγκατεστημένος στο πλοίο, δέχεται και αποθηκεύει τα δεδομένα που μεταβιβάζει ο κεντρικός κόμβος και εφαρμόζει αλγορίθμους για τη συσχέτιση των μετρήσεων με γενικές σταθερές, οι οποίες έχουν προκαθοριστεί στο σύστημα, όπως για παράδειγμα η κατεύθυνση της βαρύτητας και το μαγνητικό πεδίο της γης. Βασικός σκοπός της εφαρμογής αλγορίθμων, είναι ο υπολογισμός της γραμμικής μετατόπισης του πλοίου καθώς και η αποτύπωση της κατάστασης των στατικών του, λαμβάνοντας υπόψη την περαιτέρω καταπόνηση που δημιουργείται εξαιτίας των επιμέρους φορτίων [11].

4.10 Περιγραφή της δομής του προτεινόμενου ΣΑΕ

Αναλυτικότερα, το προτεινόμενο σύστημα αυτοματισμού απαρτίζεται από ένα σύνολο μηχανισμών, οι οποίοι διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω τριών βασικών μερών: μίας μονάδας συλλογής δεδομένων, ενός ασύρματου δικτύου περιβαλλοντικών αισθητήρων και της

τεχνολογίας «Διαδίκτυο των Πραγμάτων» (IoT). Οι υπάρχοντες μηχανισμοί του πλοίου, οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν ως βασικός πυλώνας στο σχεδιασμό του συστήματος είναι το γυροσκόπιο, η μονάδα αναφοράς κίνησης (MRU), οι ηλεκτρικοί προωθητές, τα συστήματα εντοπισμού θέσης (δορυφορικά και radar), καθώς και όλα τα επιμέρους συστήματα αυτομάτου ελέγχου που διαθέτει το clv «Αταλάνη» (πλοίου, γέφυρας, ελέγχου και βελτιστοποίησης μηχανών, πλοήγησης, ECDIS, ταυτοποίησης και διαχείρισης φορτίου). Ο πρόσθετος εξοπλισμός που απαιτείται για την δημιουργία του προτεινόμενου συστήματος αυτοματισμού είναι αισθητήρες πίεσης, αισθητήρες ανέμου καθώς και ένα σύστημα αυτόματου απομακρυσμένου ελέγχου και διαχείρισης του πλοίου. Στο σχήμα 9 απεικονίζεται το διάγραμμα ροής του προτεινόμενου συστήματος, ξεκινώντας από τα τρία βασικά μέρη που απαρτίζουν το σύστημα και καταλήγοντας στα επιμέρους τμήματα που χρησιμοποιήθηκαν για τον σχεδιασμό αυτού.



Σχήμα 9: Διάγραμμα ροής προτεινόμενου ΣΑΕ.

Ο σχεδιασμός του αυτοματισμού διατήρησης του cIn «Αταλάντη» σε σταθερή θέση κατά τη διαδικασία πόντισης καλωδίων αποτελεί ένα ολοκληρωμένο καινοτόμο σύστημα που σηματοδοτεί την εξέλιξη στον κλάδο της ναυτιλίας. Αυτός ο σχεδιασμός αποτελεί συνδυασμό πολλαπλών συστημάτων για τη συλλογή απαραίτητων δεδομένων, εκμεταλλεύεται ένα ευρύ φάσμα νέων τεχνολογιών και ενσωματώνει πλήρως όλα τα υπάρχοντα συστήματα του πλοίου, με στόχο τη μείωση του κόστους υλοποίησής του και την εξασφάλιση της απρόσκοπτης και ασφαλούς λειτουργίας του. Ο βασικός πυρήνας αυτού του συστήματος είναι η συνδυασμένη χρήση αισθητήρων και εξελιγμένων αλγορίθμων επεξεργασίας δεδομένων για την παρακολούθηση της θέσης, της κατάστασης και της κίνησης του πλοίου κατά τη διαδικασία πόντισης καλωδίων. Αυτό επιτρέπει την ακριβή προσαρμογή των εργασιών ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν και εξασφαλίζει την αποτελεσματική εκτέλεση των εργασιών με υψηλή ακρίβεια και ασφάλεια. Επιπλέον, αξιοποιεί πλήρως τα υπάρχοντα συστήματα του πλοίου, ενσωματώνοντας την πληροφορία και τις δυνατότητες των ήδη εγκατεστημένων συστημάτων πλοήγησης, επικοινωνίας και ελέγχου. Αυτό μειώνει το κόστος υλοποίησης, καθώς δεν απαιτείται η εγκατάσταση νέων ακριβών εξοπλισμών, ενώ επιτρέπει την αποτελεσματική ενσωμάτωση του αυτοματισμού στη λειτουργική δομή του πλοίου. Ο προτεινόμενος σχεδιασμός ενός συστήματος αυτοματισμού με εφαρμογή στα ειδικά πλοία πόντισης καλωδίων αντιπροσωπεύει ένα εντυπωσιακό βήμα προόδου στον τομέα της ναυτιλίας. Μέχρι σήμερα, η αυτοματοποίηση σε αυτόν τον τομέα ήταν περιορισμένη, ειδικά όταν πρόκειται για ειδικές και πολυσύνθετες λειτουργίες όπως η πόντιση καλωδίων. Ο σχεδιασμός αυτού του συστήματος προβλέπει την εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών όπως αισθητήρες, ρομποτικά συστήματα και αλγόριθμους ελέγχου για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας πόντισης καλωδίων. Κύρια πλεονεκτήματα του προαναφερόμενου συστήματος είναι η αύξηση της ακρίβειας και της ταχύτητας κατά τη διαδικασία πόντισης καλωδίων. Η χρήση περιβαλλοντικών αισθητήρων και εξελιγμένων αλγορίθμων θα επιτρέψει την τοποθέτηση των καλωδίων με μεγάλη ακρίβεια και ελαχιστοποίηση του κινδύνου πιθανών βλαβών ή ατυχημάτων. Επιπλέον, ο συγκεκριμένος αυτοματισμός θα επιταχύνει τη διαδικασία πόντισης των καλωδίων, εξοικονομώντας χρόνο και κόπο για το πλήρωμα του πλοίου. Επιπλέον, η εφαρμογή αυτού του καινοτόμου συστήματος θα μπορούσε να οδηγήσει σε μείωση του κόστους λειτουργίας των πλοίων πόντισης καλωδίων, καθώς η αυτοματοποίηση συνήθως οδηγεί σε μείωση των ανθρώπινων απαιτήσεων και συνεπώς σε αύξηση της αποδοτικότητας. Αυτό μπορεί να επιτρέψει στις εταιρείες να επιτύχουν μεγαλύτερη ανταγωνιστικότητα στον κλάδο της ναυτιλίας.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα Διπλωματική εργασία εμβάθυνε στην μελέτη και την ανάλυση των διαδικασιών φόρτωσης και πόντισης καλωδίων του CLV «Αταλάντη», με σκοπό την δημιουργία ενός καινοτόμου αυτοματισμού που θα βασίζεται στην εφαρμογή νέων τεχνολογιών και θα συμπεριλαμβάνει διάφορα μέρη που υπάρχουν ήδη τοποθετημένα στο πλοίο. Έπειτα από καταγραφή των διαδικασιών που έχριζαν άμεσης αυτοματοποίησης προς αποφυγή περαιτέρω λαθών, εξοικονόμηση χρόνου, αλλά και μείωση του κόστους καταλήξαμε στον σχεδιασμό ενός συστήματος αυτοματισμού διατήρησης του πλοίου «Αταλάντη» σε σταθερή θέση κατά τη διαδικασία πόντισης του καλωδίου, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση μέσω της γέφυρας.

Μέσω μιας λεπτομερούς ανάλυσης της υπάρχουσας βιβλιογραφίας και των σχετικών δημοσιευμένων άρθρων, αποτυπώθηκαν τα βασικά στοιχεία της δυναμικής θεσιοθέτησης, των περιβαλλοντικών αισθητήρων, η ασύρματη δικτύωση των αισθητήρων, η συλλογή δεδομένων καθώς και η χρήση της τεχνολογίας IoT. Εν συνεχεία, εξετάστηκαν επιμέρους τα συστήματα και ο εξοπλισμός που απαρτίζουν την δημιουργία ενός τέτοιου συστήματος, με στόχο την βέλτιστη αποτύπωση του. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η απόκτηση σημαντικών και ποικίλων δεδομένων από ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN), όπως για παράδειγμα η καταγραφή μετρήσεων φυσικών φαινομένων που εκτελούνται στο εξωγενές περιβάλλον του πλοίου, είναι αδύνατη χωρίς τη χρήση των συγκεκριμένων συστημάτων. Η εγκατάσταση των συγκεκριμένων δικτύων τους είναι σχετικά απλή και γι' αυτό επιλέχθηκε ως βασικό σύστημα στο σχεδιασμό του συγκεκριμένου αυτοματισμού. Επιπλέον, το χαμηλό κόστος τους συμβάλλει θετικά στην μετέπειτα ανάπτυξη τους. Με την ενεργή συμβολή του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), ο όγκος των δεδομένων που συλλέγουμε μέσω του ασύρματου δικτύου αισθητήρων μετατρέπονται και χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του πλοίου.

Λαμβάνοντας υπόψη τις περαιτέρω ερευνητικές μελέτες και λαμβάνοντας υπόψη την ταχεία εξέλιξη της τεχνολογίας, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι στο μέλλον αναμένεται να αναδειχθεί μια εξαιρετικά χρήσιμη εφαρμογή με δυνατότητα ενσωμάτωσης σε διάφορους τύπους πλοίων. Το παρόν κείμενο ανέπτυξε πλήρως την μελέτη και τον σχεδιασμό ενός καινοτόμου αυτοματοποιημένου συστήματος και ανέλυσε αρχής τις βασικές αρχές των τεχνολογιών και των συστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν. Ως εξέλιξη αυτού θα ήταν δυνατό να αναλυθεί περαιτέρω ο εξοπλισμός και ο συνδυασμός των επιμέρους συστημάτων που

χρησιμοποιήθηκαν στο σχεδιασμό του αυτοματισμού καθώς επίσης και το κόστος κατασκευής του.

Τέλος, με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας δίνεται έναυσμα στους έταίρους συναδέλφους μηχανικούς, να ασχοληθούν περαιτέρω με τον σχεδιασμό αυτοματισμών με εφαρμογή στα ειδικά πλοία πόντισης καλωδίων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Άρθρα

[1] Submarine cable laying and installation services for the offshore alternative energy industry by Timothy Axelsson, Sr Project Manager.

[2] An overview of the vessels for electrical submarine cable laying by Zhoulong Yuan, Shanjun Bao, Junfeng Lin, Zhigang Zhang, Qiaohao Yu and Zhen Liu.

2. Βιβλία

[3] Simon Haykin, Michael Maher, Συστήματα επικοινωνίας, 5^η έκδοση, εκδόσεις Παπασωτηρίου.

[4] Κωνσταντίνου Φίλιππος, Κανάτας Αθανάσιος, Πάντος Γεώργιος, Συστήματα κινητών επικοινωνιών, εκδόσεις Παπασωτηρίου.

[5] Mano Ciletti, Ψηφιακή σχεδίαση, 5^η έκδοση, εκδόσεις Κλειδάριθμος.

[6] Dorf Bishop, Σύγχρονα συστήματα αυτομάτου ελέγχου, 12^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα.

[7] Proakis Salehi, Συστήματα τηλεπικοινωνιών, εκδόσεις Φούντας.

[8] Σαράκας Δ, 2014, Δυναμική τοποθέτηση πλοίου, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό ίδρυμα Πειραιά, Αθήνα.

[9] Κοσμάς Σταυρός, 2013, Τεχνολογίες δορυφορικής πλοήγησης και εφαρμογές στην ναυτιλία, Ακαδημία Εμπορικού Ναυτικού Μακεδονίας.

[10] Ahmed, M. R., Huang, X., Sharma, D., & Cui, H. (2012). Wireless Sensor Network: Characteristics and Architectures.

[11] Bennett, S. S., Brooks, C. J., Winden, B., Taunton, D. J., Forrester, A. I. J., Turnock, S. R., & Hudson, D. A. (2014). Measurement of ship hydroelastic response using multiple wireless sensor nodes.

[12] Simon R. Saunders, Alejandro Aragon-Zavala. Κεραίες και διάδοση για ασύρματα συστήματα επικοινωνιών.

[13] Δ. Χ. Κόκοτος, Ν. Β. Νικητάκος, Δ. Σ. Λιναρδάτος και Ε. Σ. Τζανάτος, Τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών στη ναυτιλία.

[14] Surender Kumar (2020), Dynamic Positioning for Engineers - 1st Edition.

[15] Δρ Γ. Παπαγεωργίου, Θ. Χασιώτης, Δρ Γ.Φερεντίνος, Ι. Βογιατζάκης. Θαλάσσιες Γεωλογικές και Ανθρωπογενείς Επικινδυνότητες και η Επίδρασή τους στην Πόντιση Αγωγών και Καλωδίων.

3. Πηγές από το διαδίκτυο

[16] <https://www.tns.com.sg/marine-dynamic-positioning-system.html>

[17] <https://dynamic-positioning.com/proceedings/dp1998/BHolvik.PDF>

[18] <https://journals.tubitak.gov.tr/elektrik/vol24/iss3/5/>

[19] <https://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2016/02/MUNIN-final-brochure.pdf>

[20] <https://www.unmanned-ship.org/munin/wp-content/uploads/2015/09/MUNIN-D8-6-Final-Report-Autonomous-Bridge-CML-final.pdf>