

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

Α.Ε.Ν ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΘΕΜΑ: ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΥΞΙΔΕΣ ΛΕΪΖΕΡ

ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΝΤΕΡΕΛΗ ΜΙΧΑΗΛ

Α.Γ.Μ:2608

Ημερομηνία ανάληψης της εργασίας: 20/05/2011

Ημερομηνία παράδοσης της εργασίας: 20/06/2015

<i>A/A</i>	<i>Όνοματεπώνυμο</i>	<i>Ειδικότης</i>	<i>Αξιολόγηση</i>	<i>Υπογραφή</i>
<i>1</i>				
<i>2</i>				
<i>3</i>				
ΤΕΛΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ				

Ο ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ : ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΤΣΟΥΛΗΣ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την εφεύρεση της γυροσκοπικής πυξίδας και την εξέλιξη αυτής με τη χρήση λέιζερ. Στη σύντομη αυτή αναφορά μας θα προσπαθήσουμε όσο το δυνατόν πιο κατανοητά να παρουσιάσουμε τον τρόπο λειτουργίας της γυροσκοπικής πυξίδας λέιζερ, και τα χαρακτηριστικά που την καθιστούν προτεραιότητα στην επιλογή αυτής σε ότι αφορά στον προσδιορισμό του προσανατολισμού.

Γυροσκοπική πυξίδα, ή γυροπυξίδα, (εκ του αγγλικού όρου Gyrocompass, προφέρεται τζάιρο-κόμπας), ονομάζεται η πυξίδα της οποίας η λειτουργία βασίζεται στην κίνηση του γυροσκοπίου αντί της μαγνητικής βελόνας που φέρουν οι μαγνητικές πυξίδες.

Λέξεις Κλειδιά

Γυροσκοπική Πυξίδα, Λειζερ, Μαγνητική Πυξίδα, Μαγνητική Βελόνα

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου στον επιβλέπων της πτυχιακής Βασιλόπουλο Δημήτριο για τον χρόνο που μου διέθεσε και την πολύτιμη υποστήριξη που μου πρόσφερε κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Περιεχόμενα

Περίληψη	2
Λέξεις Κλειδιά	2
Ευχαριστίες.....	3
Περιεχόμενα	4
Κατάλογος Εικόνων.....	6
Εισαγωγή.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	8
Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΥΞΙΔΑΣ – ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΥΞΙΔΑ	8
1.1 Ιστορική Αναδρομή	8
1.2 Γυροσκοπική Πυξίδα	10
1.2.1 Εισαγωγή.....	10
1.2.2 Τα Μέρη της Γυροσκοπικής Πυξίδας	11
1.2.3 Πλεονεκτήματα Γυροσκοπικής Πυξίδας	11
1.2.4 Μειονεκτήματα Γυροσκοπικής Πυξίδας	12
1.2.5 Απαιτήσεις Κατασκευής Γυροσκοπικής Πυξίδας.....	13
1.2.6 Νέοι Τύποι Γυροσκοπίων	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	17
ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΥΞΙΔΑ ΛΕΙΖΕΡ	17
2.1 Εισαγωγή.....	17
2.2 Αρχή Λειτουργίας Λείζερ	18
2.3 Αρχή Λειτουργίας Γυροσκοπικής Πυξίδας Λείζερ	19
2.4 Πλεονεκτήματα Γυροσκοπικής Πυξίδας Λείζερ.....	20
2.5 Μειονεκτήματα Γυροσκοπικής Πυξίδας Λείζερ.....	21
2.6 Τρόπος Λειτουργίας RLG.....	22
2.7 Το Lockdown και οι Τρόποι Απεμπλοκής.....	24
2.8 Σφάλματα Γυροσκοπικών Πυξίδων Λείζερ	25

2.9	Παραδείγμα Εφαρμογών Γυροσκοπικής Πυξίδας Λείζερ	28
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	29
	ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ SAGNAC & FIZEAU	29
3.1	Έννοια & Γενικά Χαρακτηριστικά της Επίδρασης Sagnac	29
3.2	Έννοια & Γενικά Χαρακτηριστικά της Επίδρασης Fizeau	30
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	32
	ΟΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ	32
4.1	Γενικά	32
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	33
	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ	33
5.1	Γενικά	33
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΠΙΛΟΓΟΣ	34
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	35

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Γυροσκοπική Πυξίδα.....	7
Εικόνα 2 Κλασική Πυξίδα	9
Εικόνα 4 Σχηματική αναπαράσταση μια εγκατάστασης δακτυλίου λειζερ.....	22
Εικόνα 5 Αρχικό σφάλμα κλίσης - εκτροπής	25
Εικόνα 6 Σφάλμα αζιμουθίου	25
Εικόνα 7 Σχηματική απεικόνιση επίδρασης Sagnac.....	30
Εικόνα 8 Σχηματική απεικόνιση επίδρασης Fizeau	31

Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία θα προσπαθήσουμε, όσο το δυνατόν πιο αναλυτικά και κατανοητά, να αναφερθούμε στη γυροσκοπική πυξίδα λέιζερ, την προέλευση, τη χρησιμότητά της στη ναυσιπλοΐα και όχι μόνο καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά της.



Πηγή: (Wikipedia, 2015)

Εικόνα 1. Γυροσκοπική Πυξίδα.

Επιπλέον, θα γίνει λόγος για τα βασικά μέρη της, την επίδραση Sagnac και το συσχετισμό αυτής με το συγκεκριμένο τύπο πυξίδας, καθώς επίσης και για τα είδη της γυροσκοπικής πυξίδας λέιζερ, τα οποία χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς που εξαρτώνται από τον προσδιορισμό του προσανατολισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΥΞΙΔΑΣ – ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΥΞΙΔΑ

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Η λέξη πυξίδα έχει τις ρίζες της στην αρχαία ελληνική γλώσσα και αρχικά σήμαινε ξύλινο κουτί (από την αρχαία ελληνική λέξη πυξίς-ίδος). Επίσης, ονομάζεται και μπούσουλας, λέξη η οποία προέρχεται από την ιταλική διάλεκτο, και σημαίνει το όργανο το οποίο δείχνοντας την κατεύθυνση του Βορρά βοηθά στον προσανατολισμό του εκάστοτε χρήστη. Ιδιαίτερα όμως στη ναυσιπλοΐα αποτελεί το σημαντικότερο "ναυτιλιακό βοήθημα" με το οποίο μετρούνται και πραγματοποιούνται τόσο οι πορείες των πλοίων όσο και οι διοπτύσεις (Aronowitz, 1971).

Η χρήση της πυξίδας χρονολογείται από την εποχή που ο άνθρωπος ασχολήθηκε ενεργά με τη ναυτιλία. Η παρατήρηση του Πολικού και άλλων αστερών δεν μπορούσε από ένα σημείο και μετά να αποτελεί ακριβή μέθοδο παρατήρησης της πορείας, οπότε απαραίτητη κατέστη η εφεύρεση ενός σχετικού οργάνου. Αξίζει να σημειωθεί ότι πριν την χρήση της πυξίδας η γεωγραφική θέση, ο προσορισμός και η κατεύθυνση στην θάλασσα μπορούσαν να βρεθούν κυρίως με την θέαση διακριτών σημείων στεριάς και με την επιπλέον βοήθεια της παρατήρησης ουράνιων σωμάτων.

Σε μέρες συννεφιάς, οι Βίκινγκς πιθανώς να χρησιμοποιούσαν τύπους διπλοθλαστικών κρυστάλλων για να καταλάβουν την θέση του ήλιου καθώς οι γνώσεις τους γύρω από την αστρονομία ήταν επαρκείς για να τους επιτρέψουν να χρησιμοποιήσουν την πληροφορία αυτή για να καθορίσουν την πορεία τους. Για τους κατοίκους νοτιότερων περιοχών της Ευρώπης που δεν ήταν γνώστες αυτών των τεχνικών η εφεύρεση της πυξίδας βοήθησε στην εξάπλωση της ναυσιπλοΐας καθώς επέτρεπε πλέον στους ναυτικούς να ταξιδεύουν με ομίχλη. Αυτό οδήγησε με την σειρά του στην δυνατότητα της ναυσιπλοΐας με ασφάλεια μακριά από την στεριά και την αύξηση του θαλάσσιου εμπορίου και συνεισέφερε στην Εποχή των Ανακαλύψεων η οποία ξεκίνησε στις αρχές του 15^{ου} αιώνα και η οποία εγκαινιάστηκε με την ανακάλυψη της Αμερικής το 1492 από τον Χριστόφορο Κολόμβο.

Από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι τύποι πυξίδας: Αρχικά η μαγνητική πυξίδα, ο πλέον κοινός και γνωστός τύπος πυξίδας που χρησιμοποιείται

όπως προαναφέρθηκε για την εύρεση του μαγνητικού βορρά. Η μαγνητική πυξίδα κατασκευάζεται με την τοποθέτηση μιας βελόνας μαγνητικού σιδήρου σε σημείο με χαμηλές δυνάμεις τριβής ώστε να επιτραπεί η ελεύθερη κίνηση της βελόνας προς τον μαγνητικό βορρά. Συνήθως το βόρειο μέρος της βελόνας σημειώνεται με κόκκινο χρώμα ώστε να βρίσκονται ευκολότερα οι κατευθύνσεις.



Πηγή: (Wikipedia, 2015)

Εικόνα 2. Κλασική Πυξίδα.

Να σημειωθεί ότι υπάρχει διάκριση μεταξύ του γεωγραφικού βορρά και του μαγνητικού βορρά. Ο αληθής βορράς (true north), είναι η κατεύθυνση του βορείου γεωγραφικού πόλου την οποία για κάθε τόπο δεικνύει ο μεσημβρινός του ίδιου του τόπου. Συνηθίζεται ο Αληθής Βορράς να συμβολίζεται ως Βλ. Από την άλλη ο μαγνητικός βορράς (magnetic north), είναι η κατεύθυνση που δεικνύει η μαγνητική βελόνα της πυξίδας, που επηρεάζεται μόνο από το γήινο μαγνητισμό της Γης, δηλαδή δεν επιδέχεται εξωγενείς παράγοντες απόκλισής της, (π.χ. βρίσκεται στη ξηρά ή εντός κιβωτίου) και έχει δηλαδή κατεύθυνση τον βόρειο μαγνητικό Πόλο.

Συνηθίζεται ο μαγνητικός βορράς να συμβολίζεται ως Βμ. Η αστροπυξίδα: Ένας άλλος τύπος πυξίδας που μπορεί να προβλέψει τον αληθή βορρά σε αντίθεση με την μαγνητική πυξίδα που δείχνει τον μαγνητικό βορρά. Η λειτουργία της βασίζεται στην κίνηση

και την κατεύθυνση των αστρικών κομμάτων και χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου πλησιάζουμε τον βόρειο ή τον νότιο πόλο όπου η μαγνητική πυξίδα γίνεται ασταθής και η γυροπυξίδα σταματάει να λειτουργεί. Η χρήση της αστροπυξίδας στην εύρεση της αληθινού βορρά απαιτεί την ακριβή πληροφόρηση σχετικά με την μέρα, την ώρα, το γεωγραφικό ύψος και γεωγραφικό πλάτος.

Τα τελευταία χρόνια οι πυξίδες GPS αντικαθιστούν με μεγάλη ταχύτητα την χρήση των παραδοσιακών πυξίδων. Εν τούτοις, ο στρατός και τα πλοία χρησιμοποιούν την γυροσκοπική πυξίδα όταν η πυξίδα GPS δεν έχει διαθέσιμο σήμα από δορυφόρο. Οι πυξίδες αυτού του τύπου χρησιμοποιούν το σήμα δορυφόρων σε γεωσύγχρονη τροχιά με την Γη για να διακρίνουν την ακριβή τοποθεσία του χρήστη και την κατεύθυνση του. Η γυροσκοπική πυξίδα, στην οποία θα αναφερθούμε ενδελεχώς στις επόμενες παραγράφους.

1.2 Γυροσκοπική Πυξίδα

1.2.1 Εισαγωγή

Η κατασκευή της γυροσκοπικής πυξίδας βασίστηκε στις ιδιότητες του γυροσκοπίου που επινόησε και κατασκεύασε ο Λέων Φουκώ (1816-1869), ο οποίος το 1851 ασχολούμενος με την απόδειξη περιστροφής της Γης περί τον άξονά της χρησιμοποίησε την ιδιότητα του εκκρεμούς που διατηρούσε το επίπεδο αιώρησής του, (στο χώρο), σταθερό, με το γνωστό πείραμα που επιχείρησε στο Πάνθεον των Παρισίων. Επειδή όμως το πείραμα εκείνο δεν θεωρήθηκε απόλυτα ικανοποιητικό, λόγω της συνύπαρξης της βαρύτητας, τον επόμενο χρόνο, το 1852 χρησιμοποιώντας το παιγνίδι "σβούρα", (spinning top), κατασκεύασε το γυροσκόπιο όπου με τη βασική ιδιότητα που παρατηρείται σε αυτό, της λεγόμενης γυροσκοπικής αδράνειας, κατάφερε να αποδείξει εκ νέου την περιστροφή της Γης, χωρίς αυτή τη φορά τη συμμετοχή της βαρύτητας στο πείραμά του (Wikipedia, 2015).

Από τότε παρήλθε σχεδόν μισός αιώνας όταν η ηλεκτρική ενέργεια κατέστησε δυνατή την περιστροφή του γυροσκοπίου και την παρακολούθησή του από τους επιστήμονες για την τεχνική εφαρμογή του σε διάφορους τομείς, σημαντικότερη των οποίων και ήταν η κατασκευή της γυροσκοπικής πυξίδας. Σημειώνεται ότι για να κατασκευαστεί μια τέτοια πυξίδα θα πρέπει το χρησιμοποιούμενο μέσον να διατηρεί σταθερή κατεύθυνση ως προς το επίπεδο του ορίζοντα και η κατεύθυνση αυτή να είναι γνωστή. Επίσης ο άξονας περιστροφής του γυροσφονδύλου των γυροσκοπικών πυξίδων μετά από κάποιο χρόνο

λειτουργίας διατηρεί σταθερή κατεύθυνση στο χώρο διατηρώντας σταθερή θέση προς τον Γήινο Μαγνητικό Πόλο όπου και στην πραγματικότητα καθίσταται παράλληλος με τον μεσημβρινό του τόπου που βρίσκεται.

Με βάση τα παραπάνω πρώτος ο Γερμανός φυσικός Χέρμαν Άνσουτς (Herman Anschütz - Karfe) κατασκεύασε το 1908 την πρώτη γυροσκοπική πυξίδα. Αυτόν ακολούθησε ο Αμερικανός επιστήμονας Έλμερ Σπέρρυ (Elmer Sperry) το 1911. Και οι δύο επιστήμονες εργαζόμενοι ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο κατασκεύασαν γυροσκοπικές πυξίδες βασιζόμενοι σε διαφορετικό τρόπο στήριξης του γυροσκοπίου και σταθεροποίησης του άξονα περιστροφής στον μεσημβρινό.

1.2.2 Τα Μέρη της Γυροσκοπικής Πυξίδας

Μία πλήρης βασική εγκατάσταση περιλαμβάνει τα ακόλουθα κύρια μέρη (Shiner, 2002):

- Την κύρια πυξίδα, (master-gyrocompass), που αποτελεί και το βασικό μηχανισμό.
- Τον κινητήρα - γεννήτρια, (motor-generator), στην πραγματικότητα πρόκειται για μετατροπέα της ηλεκτρικής τάσης.
- Τον σταθεροποιητή τάσεως.
- Το κιβώτιο ελέγχου εκκίνησης, (control panel), και κιβώτιο ελέγχου επαναληπτών, (repeaters panel), που ουσιαστικά αποτελούν ηλεκτρικούς πίνακες.
- Το κιβώτιο ενισχυτού όπου φέρει διακόπτες, (amplifier panel)
- Το κιβώτιο της μονάδας ασφαλείας, που πρόκειται για "μονάδα συναγερμού", (alarm unit).
- Τους επαναλήπτες, (repeaters).
- Τα εξαρτήματα λείζερ.

1.2.3 Πλεονεκτήματα Γυροσκοπικής Πυξίδας

Κύριο και βασικό πλεονέκτημα των γυροσκοπικών πυξίδων έναντι των μαγνητικών είναι ακριβώς ότι ο άξονας περιστροφής του γυροσκοπίου τους στρέφεται προς την κατεύθυνση του αληθιού Βορρά - Νότου και παραμένει σταθερά εκεί, (μετά πάροδο λίγων ωρών από την εκκίνησή τους), χωρίς να επηρεάζεται από μαγνητική απόκλιση ή και παρεκτροπή που αντίθετα απαντώνται στις μαγνητικές πυξίδες και που προέρχονται τόσο από το γήινο μαγνητικό πεδίο, από τόπου εις τόπο, όσο και από επίδραση του περίξ μαγνητικού πεδίου (εξ

αιτίας φορτίου και διερχομένων ηλεκτροφόρων καλωδίων), με συνέπεια να θεωρούνται αμφιβόλου ακριβείας αφού δεν υφίσταται δυνατότητα έγκαιρου ελέγχου των ενδείξεών τους με παρατήρηση. Γεγονός που σημαίνει ότι όλες οι ενδείξεις των γυροσκοπικών πυξίδων είναι πάντα αληθείς και συνεπώς δεν χρήζουν διορθώσεων (Wikipedia, 2015).

Σ' αυτό το βασικό πλεονέκτημα αν προστεθούν και οι δυνατότητες που παρέχουν οι γυροσκοπικές πυξίδες όπως η σύνδεσή τους με άλλα βασικά ναυτιλιακά όργανα, που δεν παρέχουν οι μαγνητικές, όπως π.χ. με ραντάρ, με ραδιογωνιόμετρα, με τα αυτόματα συστήματα πηδαλιουχίας (αυτόματους πιλότους πλοίων), ή ακόμα και με ηλεκτρική μετάδοση των ενδείξεών τους σε διάφορους επαναλήπτες (repeaters) που μπορεί να βρίσκονται και εκτός της Γέφυρας του Πλοίου, ακόμα και στην καμπίνα του Πλοιάρχου, καθίσταται καταφανές η μεγάλη σημασία τους στην εξέλιξη της ναυσιπλοΐας και την απαραίτητη χρήση τους απ' όλους τους τύπους των πλοίων, τόσο των πάσης φύσεως εμπορικών, όσο και των μεγάλων πολεμικών πλοίων.

1.2.4 Μειονεκτήματα Γυροσκοπικής Πυξίδας

Στο βασικό ερώτημα, και τι γίνεται αν σημειωθεί διακοπή ηλεκτρικής παροχής, κοινώς Μπλακ-άουτ; Η ρεαλιστική απάντηση είναι "απολύτως τίποτα", αφού το πλοίο θα διακόψει την πορεία του μέχρι την επανεκκίνηση των μηχανών του. Παρά ταύτα εικάζεται ότι οι μαγνητικές πυξίδες θα εξακολουθούν να παραμένουν κύρια όργανα ναυτιλίας - κατεύθυνσης και προσανατολισμού των πλοίων ως υποκείμενα ελάχιστα, και μόνο, σε μηχανικές βλάβες, υπό οποιεσδήποτε συνθήκες πλόων (Wikipedia, 2015).

Αντίθετα οι γυροσκοπικές πυξίδες αποτελούν περίπλοκους ηλεκτρικούς μηχανισμούς που υπόκεινται, όπως είναι φυσικό, σε ειδική διαδικασία, κατά τύπο, συντήρησης και ποικιλία βλαβών. Για το λόγο αυτό και απαιτούν κατάλληλα και ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό τουλάχιστον για την παρακολούθηση της καλής λειτουργίας τους και για την επιβαλλόμενη συντήρησή τους, βάσει των τεχνικών εγχειριδίων που συνοδεύουν αυτές, για την ανίχνευση και αποκατάσταση των πιθανότερων παρουσιαζομένων βλαβών. Ένα μέρος των παραπάνω εργασιών επιδιώκεται να γίνεται από το ανώτερο προσωπικό πλοίου, εφόσον έχει υποστεί βέβαια ανάλογη εκπαίδευση. Ενώ για βλάβες που απαιτούν ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις θα πρέπει να καλούνται οι κατά τόπους τεχνικοί, (service engineers), του πρώτου λιμένα προσέγγισης που υφίστανται.

- Σε όλες τις ελληνικές "Ναυτικές Ακαδημίες" καθώς και στη Σχολή Ναυτικών Δοκίμων υφίσταται ιδιαίτερο μάθημα διδασκαλίας επί των γυροσκοπικών πυξίδων. Επίσης σ' όλους τους μεγάλους λιμένες της Ελλάδας, εκτός των κυρίων αντιπροσώπων των κατασκευαστικών εταιριών υφίστανται ειδικευμένα συνεργεία αποκατάστασης βλαβών γυροσκοπικών πυξίδων.

Επίσης το μειονέκτημα που παρουσιάζουν οι γυροσκοπικές πυξίδες ως προς το χρόνο που απαιτείται από την εκκίνηση τους μέχρι να καταστούν ναυτιλιακά χρησιμοποιήσιμες, που είναι περίπου 4 - 5 ώρες, αντιπαρέρχεται, είτε με την έγκαιρη εκκίνηση τους πριν τον προβλεπόμενο χρόνο απόπλου, είτε με ειδικό τρόπο, κατά τύπο, βάση των τεχνικών εγχειριδίων που τις συνοδεύουν.

1.2.5 Απαιτήσεις Κατασκευής Γυροσκοπικής Πυξίδας

Η κατασκευή οποιουδήποτε τύπου γυροσκοπικής πυξίδας θα πρέπει να καλύπτει τις ακόλουθες βασικές απαιτήσεις (Wikipedia, 2015):

1. Κατάλληλη στήριξη και ηλεκτρική τροφοδότηση για την κίνηση του γυροσφονδύλου, ή του ζεύγους γυροσφονδύλων (ανάλογα του τύπου κατασκευής).
2. Κατάλληλη ηλεκτρική τροφοδότηση των ηλεκτρικών εξαρτημάτων που συνδέονται με την κύρια μονάδα.
3. Κατάλληλο σύστημα αναζήτησης και σταθεροποίησης του ενός άκρου του άξονα περιστροφής ή της συνισταμένης των δύο αξόνων γυροσκοπίων (αναλογα του τύπου) στο γεωγραφικό Βορρά.
4. Κατάλληλο σύστημα με το οποίο το τμήμα 000-180 του ανεμολογίου της πυξίδας να παρακολουθεί την κατεύθυνση του άξονα του γυροσκοπίου, ή της συνισταμένης των διευθύνσεων των αξόνων περιστροφής των δύο γυροσφονδύλων (ανάλογα του τύπου), στην περίπτωση που το ανεμολόγιο δεν φέρεται προσαρμοσμένο επί της θήκης του γυροσφονδύλου. Το σύστημα αυτό γνωστό και ως "σύστημα παρακολούθησης", είναι το αποκαλούμενο και "Φόλου απ σύστημα" (follow up system).
5. Κατάλληλο σύστημα μετάδοσης των ενδείξεων του ανεμολογίου της κυρίας μονάδας στους διάφορους "επαναλήπτες" (repeaters).

6. Και τέλος κατάλληλο σύστημα στήριξης καθεμιάς των παραπάνω μονάδων, των επαναληπτών, εντός θήκης που να εξασφαλίζεται η συνεχής οριζοντίωσή τους κατά τους διάφορους κλυδωνισμούς του πλοίου, καθώς και για την απόσβεση τυχόντων κραδασμών.

Οι βασικές διαφορές που παρατηρούνται στους διάφορους κατασκευαστικούς τύπους των γυροσκοπικών πυξίδων με τις οποίες εφοδιάζονται τα πλοία είναι κυρίως:

1. Στο τρόπο στήριξης του ή των γυροσφονδύλων. (Οι τύποι Anschutz, Plath κ.ά. φέρουν ζεύγος γυροσφονδύλων).
2. Στο σύστημα αναζήτησης και σταθεροποίησης του άξονα περιστροφής του γυροσφονδύλου ή της συνισταμένης του ζεύγους των γυροσφονδύλων στον μεσημβρινό του τόπου, και
3. Στα συστήματα παρακολούθησης και μετάδοσης των ενδείξεων.

1.2.6 Νέοι Τύποι Γυροσκοπίων

Τα φωτογυροσκόπια (γυροσκόπια δακτυλίου laser και γυροσκόπια οπτικών ινών) καθώς και το γυροσκόπιο μαγνητικού συντονισμού πυρήνα, αποτελούν σύγχρονες εκφράσεις της ίδιας λογικής που εφαρμόζεται στο μηχανικό γυροσκόπιο. Σύμφωνα με τη λογική αυτή, ένα στέλεχος – τμήμα εντός της συσκευής περιστρέφεται, με μια ιδιότητα να εμφανίζει απόλυτα σταθερά χαρακτηριστικά. Όταν όμως περιστραφεί και το πλαίσιο, εντός του οποίου βρίσκεται η συσκευή, η ιδιότητα αυτή μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τη περιστροφή του πλαισίου. Η ανίχνευση της μεταβολής της ιδιότητας, οδηγεί στην αποκάλυψη της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής του πλαισίου (Παλληκάρης & Κατσούλης, 2008).

Η λειτουργία των φωτογυροσκοπίων σχετίζεται με το φαινόμενο Sagnac. Το φαινόμενο αυτό, γνωστό από το 1913, αναφέρεται σε δύο πανομοιότυπα κύματα φωτός, τα οποία αφού εξαναγκασθούν να διατρέξουν την περιφέρεια ενός κυκλικού δίσκου, επιστρέφουν στο σημείο (επάνω στο δίσκο) από το οποίο εκπέμφθηκαν. Όταν ο δίσκος δεν περιστρέφεται, τότε τα δύο κύματα διανύουν ακριβώς την ίδια απόσταση στον ίδιο ακριβώς χρόνο. Όταν όμως ο δίσκος περιστρέφεται, τότε τα δύο κύματα φωτός επιστρέφουν στο σημείο από το οποίο εκπέμφθηκαν έχοντας διανύσει διαφορετική απόσταση το πρώτο από το δεύτερο και σε διαφορετικό χρόνο. Στη συνέχεια και αφού αναλογισθούμε ότι το φως αποτελεί ηλεκτρομαγνητικό κύμα, διαπιστώνουμε ότι υφίσταται αντιστοιχία ανάμεσα στη διαφορά

διαδρομής, τη διαφορά χρόνου και τη συνεπακόλουθη διαφορά φάσεως μεταξύ των δύο κυμάτων φωτός. Στο φωτογυροσκόπιο είναι εφικτό να μετρηθεί η προαναφερόμενη διαφορά φάσεως.

Αυτή η διαφορά φάσεως αποτελεί συνάρτηση της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής Ω του κυκλικού δίσκου. Μέσω λοιπόν της μέτρησης της διαφοράς φάσεως, εξάγεται η μέτρηση της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής του κυκλικού δίσκου (και κατ' επέκταση του πλοίου που στρέφει) Ω . Με δεδομένο τώρα ότι με την προαναφερόμενη διάταξη επιτυγχάνεται η μέτρηση της γωνιακής ταχύτητας περιστροφής επί ενός άξονος, απαιτούνται τρεις διατάξεις για τη μέτρηση των γωνιακών ταχυτήτων περιστροφής σε όλες τις διαστάσεις του χώρου. Οι δύο βασικές κατηγορίες των φωτογυροσκοπίων είναι το γυροσκόπιο δακτυλίου laser (RLG) και το γυροσκόπιο οπτικών ινών (FOG).

Η δημιουργία των γυροσκοπίων δακτυλίου laser ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1960 και κατά το 1966 βελτιώθηκε σημαντικά με την κατασκευή φωτογυροσκοπίων laser που είχαν δίσκο-κάτοπτρο στην εσωτερική επιφάνεια ενός δακτυλίου σχήματος τοροειδούς (σχήμα doughnut). Η δημιουργία των γυροσκοπίων οπτικών ινών ξεκίνησε την δεκαετία του 1970 και τελειοποιήθηκε κατά την δεκαετία του 1990. Τα γυροσκόπια δακτυλίου laser χρησιμοποιήθηκαν αρχικά σε συστήματα αδρανειακής ναυτιλίας αεροσκαφών και τα γυροσκόπια οπτικών ινών σε πυξίδες αυτοκινήτων χαμηλού κόστους.

Στην περίπτωση του γυροσκοπίου μαγνητικού συντονισμού πυρήνα (Nuclear Magnetic Resonance), ο πυρήνας ενός περιστρεφόμενου ατόμου λειτουργεί ακριβώς όπως το μηχανικό γυροσκόπιο. Εμφανίζοντας (λόγω της περιστροφής ηλεκτρικού φορτίου γύρω από άξονα) ιδιότητες μαγνήτη, διατηρείται με τη βοήθεια ενός εξωτερικού μαγνητικού πεδίου, προσανατολισμένος επί άξονος. Με κάθε περιστροφή του πλαισίου που περιβάλλει τη συσκευή, προκαλείται ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ του περιστρεφόμενου πυρήνα και ενός πομπού ραδιοκυμάτων.

Ο πυρήνας απορροφά καταρχήν την ενέργεια των ραδιοκυμάτων, τηνοποία στη συνέχεια αποδίδει, λειτουργώντας ο ίδιος σαν πομπός ραδιοκυμάτων. Από την ανίχνευση της αποδιδόμενης ενέργειας, προκύπτει μετά και από κατάλληλη επεξεργασία σήματος η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής του πλαισίου της συσκευής (άρα και του πλοίου). Οι εξαιρετικές δυνατότητες παρακολούθησης αλλαγής κατεύθυνσης που διαθέτουν οι δύο παραπάνω νέοι τύποι γυροσκοπίων, τα καθιστούν ικανά όχι μόνο για απλή ναυτιλιακή χρήση σε πλοία, αλλά

και σε αεροσκάφη ή σταθμιστήρες (stabilizers) οπλικών συστημάτων πολεμικών πλοίων. Πέραν της πολύ μεγάλης ακρίβειας των δύο νέων τύπων γυροσκοπίου, σημαντικό πλεονέκτημα προκύπτει από τις μικρές διαστάσεις των συσκευών και το μικρό τους βάρος. Κατ' επέκταση, είναι δυνατή η τοποθέτησή τους ακόμα και σε μικρά σκάφη, όπου η εγκατάσταση της κλασσικής μηχανικής γυροπυξίδας θα ήταν απαγορευτική.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΥΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΠΥΞΙΔΑ ΛΕΙΖΕΡ

2.1 Εισαγωγή

Ο Charles Draper, γνωστός ως «πατέρας της αδρανειακής πλοήγησης» καθώς και για την δημιουργία των συστημάτων πλοήγησης για τα αεροσκάφη Apollo, αναφέρθηκε στην αδρανειακή πλοήγηση ως «αστρονομία σε ντουλάπα» καθώς ενώ βασίζεται σε ένα σύστημα αναφοράς ουράνιων σωμάτων, την ίδια στιγμή είναι μια ανεξάρτητη διαδικασία. Τα συστήματα αδρανειακής πλοήγησης βοηθούν στον εντοπισμό της τοποθεσίας και της κατεύθυνσης χωρίς να βασίζονται στην θέαση των αστεριών η διακριτών σημείων στην στεριά ούτε στα σήματα που δέχονται από τον έδαφος αλλά αποκλειστικά στα όργανα που μεταφέρονται πάνω σε ένα κινούμενο σκάφος (Aronowitz, 1971).

Οι αστροναύτες του Apollo μπορούσαν να πιλοτάρουν το όχημα τους μέχρι την Σελήνη επειδή είχαν τέσσερα σειτ πληροφοριών. Αρχικά ήξεραν που βρίσκονται όταν ξεκίνησαν το ταξίδι τους. Τα συστήματα αδρανειακής πλοήγησης μετρούν την αλλαγή από ένα αρχικό σημείο εκκίνησης και μέσα σε ένα πλαίσιο αναφοράς. Οι μετρήσεις των οργάνων παρέχουν τα τρία εναπομείναντα σειτ πληροφοριών: αλλαγές στην επιτάχυνση, στον χρόνο και στην περιστροφή. Τα επιταχυνσιόμετρα βοηθούν τους πιλότους (ή τους υπολογιστές τους) να υπολογίσουν την ταχύτητα και διαιρώντας την ταχύτητα με τον χρόνο, την απόσταση.

Αλλαγές στην περιστροφή, συμπεριλαμβανομένης της κατεύθυνσης είναι στην «ευθύνη» των γυροσκοπικών μηχανισμών. Μία από τις πιο απλές συσκευές τέτοιου τύπου, η ένδειξη για αλλαγή πορείας σε ελαφρύ αεροσκάφος λειτουργεί με την ίδια αρχή λειτουργίας με την οποία λειτουργούν τα ογκώδη και πολύπλοκα γυροσκόπια στο Διεθνή Διαστημικό Σταθμό (ISS) που βοηθούν στην διατήρηση του προσανατολισμού του. Η αρχή αυτή είναι η γυροσκοπική αδράνεια, η τάση των περιστρεφόμενων αντικειμένων να διατηρούν έναν σταθερό προσανατολισμό, αντιστεκόμενα σε δυνάμεις που προσπαθούν να δημιουργήσουν κλίση. Οι οπλοουργοί εκμεταλλεύονται την γυροσκοπική αδράνεια χαράσσοντας εγκοπές στο εσωτερικό της θαλάμης του όπλου για να δημιουργήσουν «σπιν» στην εξερχόμενη σφαίρα ώστε η βολή να παραμείνει σε ευθύ μονοπάτι.

Ο γυροσκοπικός τροχός στα συστήματα ενός αεροπλάνου που οδηγείται από μια ριπή αέρα να περιστραφεί περίπου με 10.000 στροφές ανά λεπτό, δημιουργεί μια σταθεροποιημένη γραμμή αναφοράς η άξονα σε σχέση με τον οποίον μπορεί η περιστροφή να μετρηθεί. Όταν μια περιστροφική δύναμη ή ροπή εφαρμοστεί στο γυροσκόπιο αυτό αντιδρά με τον εξής τρόπο, αντιστέκεται στην ροπή και περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του. Η προβλεψιμότητα αυτής της κίνησης οδήγησε τους μηχανικούς στον σχεδιασμό συσκευών που μετρούν την ταχύτητα περιστροφής ενός αεροσκάφους.

Όταν το αεροπλάνο στρέφεται δεξιά, το γυροσκόπιο στρέφεται αριστερά και το πάνω μέρος των τροχών κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση. Το 1980, οι γυροσκοπικές πυξίδες λέιζερ αρχίζουν να αντικαθιστούν τους μηχανικούς κι έπειτα τους ηλεκτρονικούς «προγόνους» τους χωρίς την παραμικρή ομοιότητα στον τρόπο λειτουργίας τους με αυτούς. Η ιδέα πίσω από την γυροσκοπική πυξίδα λέιζερ φτάνει στο 1912 όπου ο Γάλλος φυσικός Georges Sagnac έκανε πειράματα με ακτίνες φωτός που κινούνται σε αντίθετη κατεύθυνση γύρω από μια κυκλική κοιλότητα σε μία περιστρεφόμενη βάση.

Ο Sagnac έδειξε ότι όταν η περιστροφική πλάκα περιστρεφόταν, το φως που ταξίδευε μαζί με την περιστροφή έφτανε σε ένα στόχο ελαφρώς πιο μετά από το φως που ταξίδευε αντίθετα με την περιστροφή. Ο ίδιος πίστευε ότι είχε αποδείξει την ύπαρξη αιθέρα στον χώρο, ενώ στην πραγματικότητα επιδείκνυε μια ιδιότητα του φωτός που θα γινόταν κατανοητή αργότερα και με καλύτερο τρόπο με την εφεύρεση του λέιζερ στην δεκαετία του 50'. Το λέιζερ (ενίσχυση του φωτός με διέγερση εκπομπής ακτινοβολίας) λειτουργεί με την διέγερση ατόμων πλάσματος για την εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ή φωτονίων σε μια κοιλότητα. Κάθε μέρος της κοιλότητας αντανακλά την ενέργεια μπρος και πίσω και σχηματίζει ένα πρότυπο κυμάτων. Η συχνότητα των κυμάτων –το μοτίβο κορυφών και κοιλάδων- αποφασίζεται εν μέρει από το μήκος της κοιλότητας.

2.2 Αρχή Λειτουργίας Λέιζερ

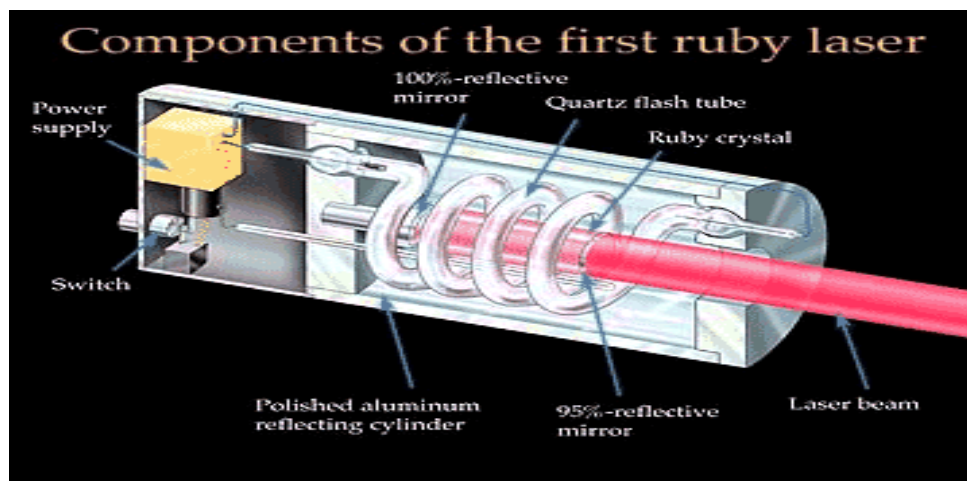
Ένα λέιζερ δακτύλιος είναι ένας ειδικός τύπος του αντηχείου, όπου τα φωτόνια που εξέρχονται από το μέσον οδηγούνται γύρω και πίσω από την άλλη πλευρά. Αυτό μπορεί να γίνει με κάτοπτρα ή με οπτικές ίνες. Αυτή η ρύθμιση έχει σαν συνέπεια να μην υπάρχει μια δέσμη που σχηματίζεται δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα αλλά σε άλλη κατεύθυνση. Το μήκος του αντηχείου και οι ακτίνες καμπυλότητας των κατόπτρων πρέπει να ρυθμίζονται σύμφωνα με τις λειτουργίες, αλλιώς το αντηχείο λέιζερ δεν θα λειτουργήσει αντίστοιχα.

Η δοκός στο αντηχείο έχει μια μη-μηδενική απόκλιση, πράγμα που σημαίνει ότι η διάμετρος της δοκού θα αυξηθεί σε κάθε ταξίδι μέσω του συντονιστή (υποθέτουμε ότι χρησιμοποιούνται επίπεδα κάτοπτρα). Αυτό σημαίνει ότι τελικά η διάμετρος της ακτίνας θα είναι πάρα πολύ μεγάλη για να χωρέσει τους καθρέφτες ή το ενεργό μέσο (ή το άνοιγμα αυτών). Σαν αποτέλεσμα, θα υπάρξουν μεγάλες απώλειες και καθόλου λέιζερ.

Για να μη συμβαίνει αυτό, είναι απαραίτητο να κρατήσει την εστίαση της δέσμης αλλάζοντας σε καμπύλα κάτοπτρα τον καθρέφτη. Αν οι καμπυλότητες είχαν επιλεγθεί κατάλληλα, θα είχε ακυρωθεί η απόκλιση. Το κριτήριο της σταθερότητας εξηγεί τη σχέση μεταξύ του μήκους συντονιστή και καθρέφτη. Αν η διάρκεια του συντονιστή και του καθρέφτη δεν υπακούσουν στο κριτήριο αυτό, το λέιζερ δεν θα μπορεί να λειτουργήσει.

2.3 Αρχή Λειτουργίας Γυροσκοπικής Πυξίδας Λέιζερ

«Ένα γυροσκόπιο δακτυλίου λέιζερ αποτελείται από ένα λέιζερ δακτυλίου που έχει δύο λειτουργίες πάνω από την ίδια διαδρομή με σκοπό την ανίχνευση της περιστροφής. Αυτό λειτουργεί με την αρχή της επίδρασης Sagnac που μετατοπίζει τα μηδενικά σήματα του εσωτερικού προτύπου στάσιμου κύματος σε απόκριση προς γωνιακή περιστροφή. Παρεμβολές μεταξύ των αντι-πολλαπλασιαστικών δοκαριών παρατηρούνται εξωτερικά, αντανακλά αλλαγές σε αυτό το πρότυπο στάσιμου κύματος, και έτσι οδηγεί σε περιστροφή.



Πηγή: (REO - precision optical solution, 2015)

Εικόνα 3. Τρόπος Λειτουργίας Laser.

«Μια γεννήτρια λέιζερ παράγει μια ακτίνα φωτός. Με την βοήθεια κατάλληλου μηχανισμού διασπάται σε δύο επιμέρους κύματα, τα οποία διατρέχουν ένα δακτύλιο οπτικών

ινών με κοινή αφετηρία αλλά αντίθετες φορές. Δεδομένου ότι ο δακτύλιος είναι ακίνητος, αυτά τα δύο κύματα θα συναντηθούν με ταύτιση φάσης αφού έχουν διατρέξει ίσες αποστάσεις λόγω της κοινής ταχύτητας μετάδοσης. Κατόπιν τα κύματα επανασυνδυάζονται και οδηγούνται σε μία έξοδο όπου υπάρχει ένας φωρατής που ανιχνεύει το κοινό της φάσεως.

Επειδή όμως ο δακτύλιος αποτελεί ακίνητο μέρος της συσκευής, η οποία είναι σταθερά προσαρμοσμένη στο σκάφος, όταν το σκάφος στρέφει την πλώρη του περιστρέφεται και ο δακτύλιος στον χώρο. Συνεπώς, οι διαδρομές που διανύουν τα δυο επί μέρους κύματα θα είναι άνισες - ανάλογα με τον βαθμό περιστροφής- και φτάνοντας στην έξοδο θα παρουσιάζουν διαφορά φάσης. Αυτό σημαίνει ότι κατά την επανένωσή τους θα υπάρχει και μια διαφορά εύρους ανάλογα με την διαφορά φάσης.

Άρα η εκάστοτε διαφορά εύρους μπορεί να αντιστοιχηθεί σε έναν βαθμό περιστροφής. Αν λοιπόν μέσω των κατάλληλων διατάξεων επεξεργαστούμε το κύμα και το μετατρέψουμε σε ψηφιακή ένδειξη, μπορούμε να έχουμε την κατεύθυνση της πλώρης μας σε άμεση οπτική ένδειξη. Ακόμα, επειδή είναι ψηφιοποιημένο, μπορεί να μεταδοθεί στα υπόλοιπα ηλεκτρονικά ναυτιλιακά βοηθήματα, όπως radar, agra, ecdis, αυτόματο πλοηγό, στον επαναλήπτη του πηδαλιούχου και της αίθουσας πηδαλιουχίσεως εκτάκτου ανάγκης, στους επαναλήπτες διοπτύσεων γεφύρας καθώς και στους τυχόν λοιπούς επαναλήπτες.» (Smith S G, 1986, Developments in inertial navigation, Rion, J. Navigation 39, 401-415).

Διαφορά μεταξύ του χρόνου που απαιτείται για να περάσει το φως μέσα από το δακτύλιο στις δύο κατευθύνσεις είναι δυνατόν να προκληθεί από συγκεκριμένη ταχύτητα περιστροφής, σύμφωνα με το φαινόμενο Sagnac. Η καθαρή μετατόπιση του σχεδίου παρέμβασης ακολουθεί την περιστροφή της μονάδας στο επίπεδο του δακτυλίου.

2.4 Πλεονεκτήματα Γυροσκοπικής Πυξίδας Λείζερ

Τα βασικά πλεονεκτήματα της γυροσκοπικής πυξίδας λείζερ συνοψίζονται ως εξής :

- Δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη, εκτός από το συγκρότημα μοτέρ δόνησης. Είναι στιβαρές κατασκευές, απαλλαγμένες από τις αστάθειες των μηχανικών μερών των ηλεκτρομηχανικών γυροσκοπικών πυξίδων.
- Μικρές διαστάσεις των συσκευών.
- Μικρό βάρος.
- Δυνατή η τοποθέτηση και σε μικρά σκάφη.

- Είναι επιπλέον χωρίς υγρά, ανθεκτική, φθηνή, ακριβείας και υψηλής πιστότητας.
- Είναι μονάδες συμπαγείς και άφθαρτες, έτσι ώστε να επιτρέπουν τη χρήση τους και σε αεροσκάφη.
- Παρέχουν στοιχεία πορείας, ταχύτητας κι επιτάχυνσης μεγάλης ακρίβειας.
- Ο μικρός χρόνος ενεργοποίησής τους επιτρέπει την άμεση επιχειρησιακή διαθεσιμότητά τους.
- Συνδυάζονται εύκολα με αδρανειακά συστήματα ναυτιλίας για την παροχή και την πληροφορία στίγματος.

Το σημαντικότερο όμως συγκριτικό πλεονέκτημα έναντι των άλλων τύπων πυξίδων που αφορά άμεσα από επιχειρησιακής απόψεως τον ναυτίλο αξιωματικό συνίσταται στο ότι είναι τα μάλλα δυσπρόσβλητη σε μαγνητικές παρεμβολές και ανωμαλίες.

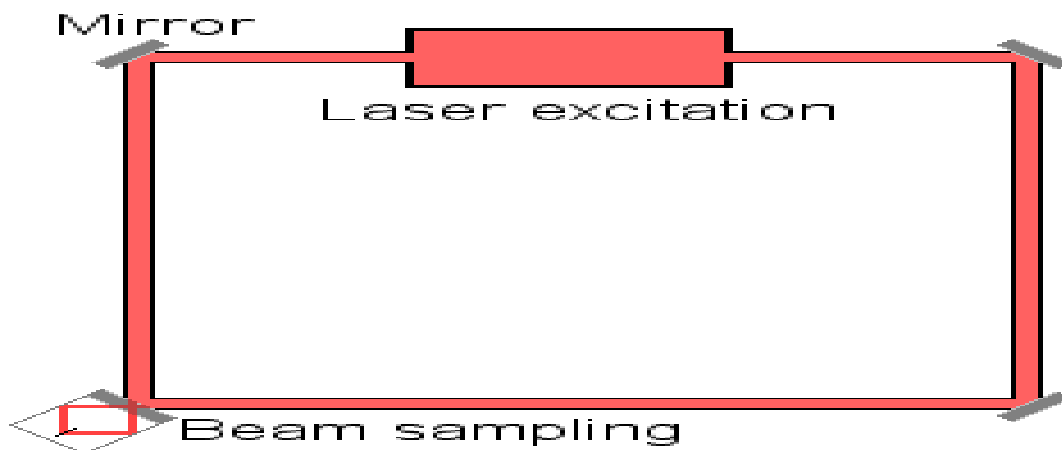
2.5 Μειονεκτήματα Γυροσκοπικής Πυξίδας Λείζερ

Από την άλλη μεριά, σημειώνονται και κάποια αρνητικά στοιχεία στη χρήση της γυροσκοπικής πυξίδας λείζερ:

- «Οι πολύ αργοί ρυθμοί περιστροφής είναι δυνατόν να προκαλέσουν το φαινόμενο «lock-in», δηλαδή το φαινόμενο της σύζευξης των δύο κυμάτων στους πολύ χαμηλούς ρυθμούς περιστροφής. Οφείλεται στην ατελή ανακλαστική ικανότητα των κατόπτρων λόγω εύλογης ανεπάρκειας είτε των επιχρίσεων είτε της επεξεργασίας της επιφάνειας του υποστρώματος. Αυτό επιφέρει μικροανωμαλίες στην ανάκλαση και μικροδιασπορές προς διάφορες κατευθύνσεις. Στους χαμηλούς ρυθμούς στρέψης τα προϊόντα της διασποράς λειτουργούν ως «γέφυρα» σύζευξης των δύο κυμάτων και ακολούθως σε ένα «κλείδωμα» των δυο συχνοτήτων με αποτέλεσμα να μην ανιχνεύεται η περιστροφή. Έτσι, στον άξονα του δακτυλίου τοποθετείται ένας μηχανισμός περιστροφικής αμφιταλάντευσης ολόκληρου του φέροντος πλαισίου (συνήθως κατά δυο τάξεις μεγέθους ανώτερη από το μέγιστο περιθώριο σύζευξης), με σκοπό την ελαχιστοποίηση του φαινομένου.
- Το πλεονέκτημα της αξιοπιστίας ίσως και να αποτελεί απλά μια πλάνη, όπως αποδεικνύεται από τον μέσο χρόνο βλαβών (mean time between failures - MTBFs) των RLG αδρανειακών συστημάτων ναυσιπλοΐας, το οποίο αποτιμάται στις 5.000-10.000 ώρες έναντι 600 ωρών των παραδοσιακών αδρανειακών συστημάτων

ναυσιπλοΐας σχεδιάσεως της περασμένης δεκαετίας, τα οποία όμως διαθέτουν δεκαπλάσιο αριθμό ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.

Ας σημειωθεί τέλος εδώ, πως ένας μόνο δακτύλιος προσφέρει έναν βαθμό ελευθερίας. Αν τοποθετήσουμε τρεις δακτυλίους σε ορθοκανονική σύμπλεξη τότε επιτυγχάνουμε τρεις βαθμούς ελευθερίας, οπότε μαζί με κατάλληλο υπολογιστικό και λοιπό υποστηρικτικό σύστημα έχουμε να κάνουμε με ολοκληρωμένο σύστημα πλοήγησης.



Πηγή: (Luhs, 2000)

Εικόνα 4. Σχηματική αναπαράσταση μια εγκατάστασης δακτυλίου λειζερ.

Τέτοιου είδους συστήματα χρησιμοποιούνταν εδώ και αρκετά χρόνια σε διάφορες δραστηριότητες όπως π.χ. για τα συστήματα ακριβούς σταθεροποίησης οπλικών μονάδων, τους αισθητήρες κατεύθυνσης δορυφορικών κεραιών, την αεροδιαστημική, τα αεροπλάνα, αλλά ακόμα και σε συσκευές radar και πυρανίχνευσης. Πλέον χρησιμοποιούνται και στην εμπορική ναυτιλία ολοένα και περισσότερο και ίσως κάποτε να εκτοπίσουν τα παραδοσιακά αδρανειακά συστήματα.

2.6 Τρόπος Λειτουργίας RLG

Μια πυξίδα τύπου RLG, λειτουργεί ως εξής:

Αρχικά μια γεννήτρια laser παράγει μια ακτίνα φωτός. Με την βοήθεια κατάλληλου μηχανισμού αυτή διασπάται σε δύο επί μέρους κύματα που διατρέχουν ένα δακτύλιο οπτικών ινών-με κοινή αφετηρία αλλά αντίθετες φορές. Δεδομένου ότι ο δακτύλιος ακινητεί αυτά τα δύο κύματα θα συναντηθούν με ταύτιση φάσης αφού έχουν διατρέξει ίσες αποστάσεις λόγω

της κοινής ταχύτητας μετάδοσης. Κατόπιν τα κύματα επανασυνδυάζονται και οδηγούνται σε μία έξοδο όπου υπάρχει ένας φωρατής που ανιχνεύει το κοινό της φάσεως. Επειδή όμως ο δακτύλιος αποτελεί ακίνητο μέρος της συσκευής RLG που είναι σταθερά προσαρμοσμένη στο σκάφος, όταν το σκάφος στρέφει την πλώρη του περιστρέφεται και ο δακτύλιος στον χώρο.

Συνεπώς οι διαδρομές που διανύουν τα δυο επί μέρους κύματα θα είναι άνισες - μάλιστα ανάλογα με τον βαθμό περιστροφής-και φτάνοντας στην έξοδο θα παρουσιάζουν διαφορά φάσης που σημαίνει ότι κατά την επανένωσή τους θα υπάρχει και μια διαφορά εύρους ανάλογα με την διαφορά φάσης. Άρα η εκάστοτε διαφορά εύρους μπορεί να αντιστοιχηθεί σε έναν βαθμό περιστροφής. Αν λοιπόν μέσω των κατάλληλων διατάξεων επεξεργαστούμε το κύμα και το μετατρέψουμε σε ψηφιακή ένδειξη, μπορούμε να έχουμε την κατεύθυνση της πλώρης μας σε άμεση οπτική ένδειξη. Επιπλέον όντας ψηφιοποιημένο μπορεί να μεταδοθεί στα λοιπά ηλεκτρονικά ναυτιλιακά βοηθήματα όπως radar, arpa, ecdis, αυτόματο πλοηγό, στον επαναλήπτη του πηδαλιούχου και της αίθουσας πηδαλιουχίσεως εκτάκτου ανάγκης, στους επαναλήπτες διοπτρεύσεων γεφύρας καθώς και στους τυχόν λοιπούς επαναλήπτες.

Ήδη από το 1925, οι Michelson, Gale και Pearson υποστήριζαν ότι είναι εφικτό η περίμετρος της γης να μετρηθεί με τη βοήθεια του συμβολόμετρου του Sagnac. Έπειτα από αρκετά χρόνια, το 1960 η εφεύρεση του λέιζερ άλλαξε το χαρακτήρα της συμβολομετρίας για πάντα. Η δυναμική του λέιζερ δακτυλίου ως αισθητήρες του αδρανειακού συστήματος περιστροφής – γυροσκόπια - παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τους Macek και Davis ,τρία χρόνια μετά την πρώτη χρήση του λέιζερ. Μικρά γυροσκόπια λέιζερ έχουν γίνει ευρέως διαδεδομένα στα αδρανειακά συστήματα πλοήγησης που χρησιμοποιούνται στα πλοία, στα αεροπλάνα, στα στρατιωτικά οχήματα και στο στρατιωτικό εξοπλισμό, στη ρομποτική, ακόμα και αυτοκίνητα.

Μία γυροσκοπική πυξίδα λέιζερ αποτελείται από ένα λέιζερ δακτυλίου, το οποίο με τη λειτουργία δύο τρόπων αντι - πολλαπλασιαστικού πάνω στην ίδια διαδρομή, είναι δυνατόν να ανιχνεύσει την περιστροφή. Η λειτουργία αυτή στηρίζεται στην αρχή της επίδρασης Sagnac, με βάση την οποία τα μηδενικά σήματα του εσωτερικού προτύπου στάσιμου κύματος μετατοπίζονται προς τη γωνιακή περιστροφή.

Παρεμβολές διαπιστώνονται τόσο εξωτερικά όσο και στη διαδικασία περιστροφής. Το πρώτο πείραμα σχετικά με τις γυροσκοπικές πυξίδες λέιζερ έλαβε χώρα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής το 1963. Στη πορεία του χρόνου, η τεχνολογία τους εξελίχθηκε και σήμερα αποτελούν το βασικό εξοπλισμό των συστημάτων αδρανειακής πλοήγησης στον τομέα της ναυσιπλοΐας.

2.7 Το Lockdown και οι Τρόποι Απεμπλοκής

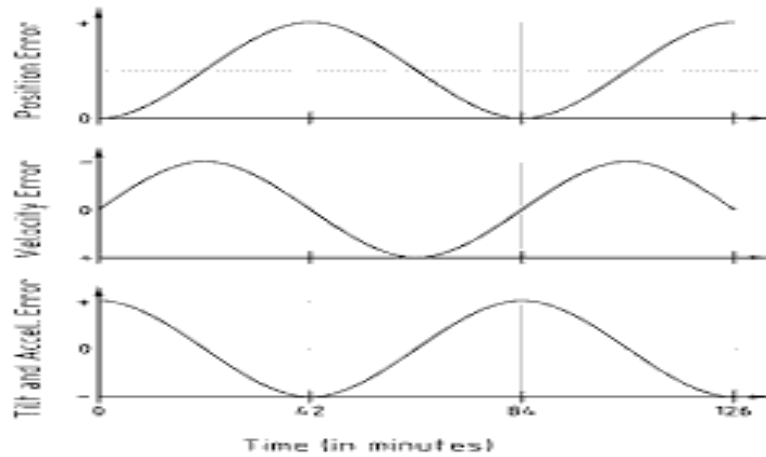
Κατά τη διάρκεια πολύ χαμηλών ρυθμών περιστροφής, ή αλλιώς χαμηλών γωνιακών ταχυτήτων, παρατηρείται σύζευξη των δύο δεσμών λέιζερ, εξαιτίας της μικρής διαφοράς στις συχνότητές τους. Σε αυτή την περίπτωση, οι δύο συχνότητες «κλειδώνουν» σε μια συχνότητα λανθασμένης τιμής. Το φαινόμενο «lock-in» είναι εφικτό να ξεπεραστεί. Η κοιλότητα του δακτυλίου λέιζερ περιστρέφεται δεξιόστροφα και αριστερόστροφα γύρω από τον άξονά του με τη χρήση ενός οδηγούμενου στη συχνότητα συντονισμού του μηχανικό ελατήριο. Αυτό εξασφαλίζει ότι η γωνιακή ταχύτητα του συστήματος είναι συνήθως μακριά από το κατώτατο όριο «lock-in».

Τυπικές τιμές είναι 400 Hz, με μέγιστη ταχύτητα δόνησης του 1 τόξου δευτερόλεπτο ανά δευτερόλεπτο. ένα σύντομο χρονικό διάστημα υφίσταται, κατά την οποία ο ρυθμός περιστροφής είναι κοντά στο μηδέν και μπορεί να συμβεί σύντομα «lock-in». Αν μια καθαρή συχνότητα ταλάντωσης διατηρείται, αυτά τα μικρά διαστήματα «lock-in» μπορούν να συσσωρευτούν. Αυτό διορθώνεται με την εισαγωγή του θορύβου στην δόνηση των 400 Hz. Για να εξουδετερωθεί το φαινόμενο, τοποθετείται ένας κινητήρας στο κέντρο του δακτυλίου λέιζερ.

Σκοπός είναι να δονηθεί περιστροφικά το γυροσκόπιο, έτσι ώστε να βρεθεί έξω από την περιοχή της σύζευξης των δεσμών λέιζερ. Η συνολική έξοδος του συστήματος από την περιστροφική δόνηση είναι μηδέν, και έτσι δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα του αισθητήρα από την κανονική λειτουργία. Η λειτουργία του κινητήρα κατά τη διάρκεια αυτού του φαινομένου γίνεται αισθητή σαν ένας βόμβος.

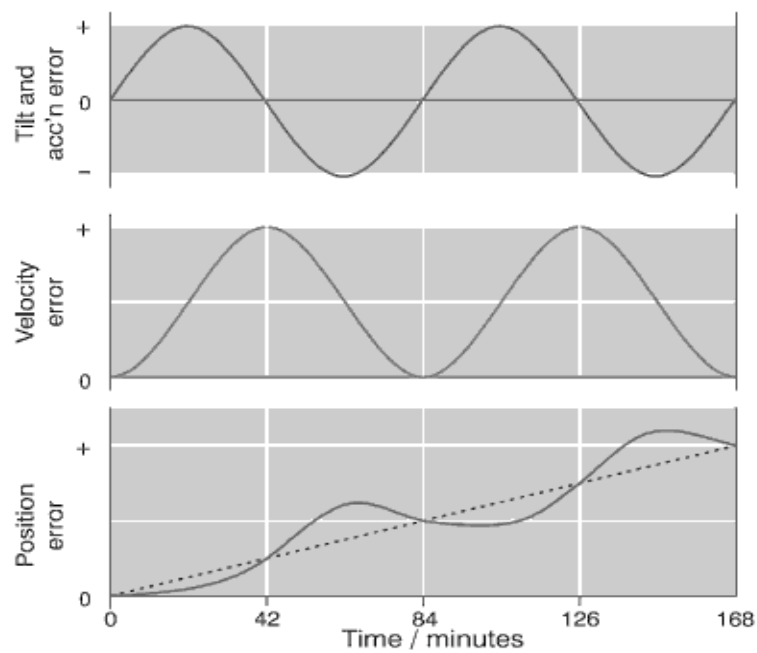
2.8 Σφάλματα Γυροσκοπικών Πυξίδων Λείζερ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα σφάλματα που μπορεί να προκύψουν από Γυροσκοπικές Πυξίδες Λείζερ (Bennet, 1993).



Πηγή: (Luhs, 2000)

Εικόνα 5. Αρχικό σφάλμα κλίσης – εκτροπής.



Πηγή: (Luhs, 2000)

Εικόνα 6. Σφάλμα αζιμουθίου.

Εκτός από τις ανωτέρω κατηγορίες σφαλμάτων, υπάρχουν και πολλές άλλες, οι οποίες σχετίζονται είτε με αποκλίσεις οργάνων είτε με παράγοντες κλίμακας είτε με γραμμικότητες.

- Η επιτάχυνση, που προκαλείται από την γήινη περιστροφή.
- Οι επιπτώσεις της κάθετης κίνησης.
- Η ελλειπτικότητα της γης.

Για να χαρακτηρίσουμε την απόδοση μιας συσκευής, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τις αποκλίσεις του ολικού σφάλματος με βάση το σύνολο πολλών δειγμάτων.

Συγκεκριμένα τα σφάλματα των γυροσκοπικών πυξίδων είναι:

LATITUDE ERROR (σφάλμα πλάτους)

Ο άξονας του γυροσφονδύλου στα ενδιάμεσα πλάτη βόρεια ή νότια κάνει φαινομενικά δύο κινήσεις. Μία κατ' αζιμουθ και μία καθ' ύψος, οπότε σταθεροποιείται ανατολικότερα του μεσημβρινού στα βόρεια πλάτη ή λίγο δυτικότερα του μεσημβρινού στα νότια πλάτη. Δηλαδή σχηματίζεται μία μικρή γωνία μεταξύ μεσημβρινού και άξονα που ονομάζεται σφάλμα πλάτους ή αποσβέσεως και ισούται με τύπο,

$$a = \rho * \epsilon\phi\phi$$

όπου a το σφάλμα, ρ η γωνία έκκεντρου συνδέσεως και ϕ το εκάστοτε πλάτος, οπότε βλέπουμε ότι όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος τόσο μεγαλύτερο είναι και το σφάλμα.

Στην πράξη όμως τα σφάλματα γενικώς υπολογίζονται στην παραλλαγή, (GYRO ERROR)

- Από την πυξίδα στον χάρτη (προσθετική)
- Από τον χάρτη στην πυξίδα (αφαιρετική)

Τα παραπάνω ισχύουν για ανατολικές παραλλαγές, για δυτικές παραλλαγές ισχύουν τα αντίθετα:

LATITUDE SPEED AND COURSE ERROR (σφάλμα πλάτους πορείας και ταχύτητας)

Είναι μία μικρή γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της μεσημβρινής γραμμής και του άξονα του σφονδύλου και οφείλεται στην ταχύτητα, το πλάτος και την πορεία του πλοίου. Η γωνία αυτή αυξάνει για βόρειες ή νότιες πορείες και μηδενίζεται για ανατολικές ή δυτικές. Στις υπόλοιπες πορείες το σφάλμα μειώνεται. Όταν η πορεία του πλοίου είναι προς βορρά, το

σφάλμα είναι δυτικό ενώ όταν είναι προς το νότο το σφάλμα είναι ανατολικό ασχέτως ημισφαιρίου. Το σφάλμα υπολογίζεται από τον τύπο,

$$E = \frac{S' * \sigma \nu \lambda}{902,5 * \sigma \nu \phi}$$

όπου E το σφάλμα σε μοίρες, S' η ταχύτητα του πλοίου, λ η πορεία του πλοίου, 902,5 η ταχύτητα περιστροφής της γης και φ το πλάτος.

BALLISTIC DEFLECTION ERROR (σφάλμα βαλλιστικής εκτροπής)

Αυτό το σφάλμα παρουσιάζεται σε όλους τους τύπους των γυροπυξίδων, λόγω των απότομων μεταβολών της ταχύτητας ή της πορείας του πλοίου που επενεργούν στο σύστημα αποσβέσεως των ταλαντώσεων. Λόγω της βαρύτητας, κάθε μεταβολή της θέσεως του γυροσφονδύλου εξαιτίας της αλλαγής της πορείας ή της ταχύτητας του πλοίου έχει σαν αποτέλεσμα ενός μικρής διάρκειας σφάλματος. Οι κατασκευαστές πυξίδων λαμβάνουν μέριμνα ώστε το σφάλμα να περιορίζεται στο ελάχιστο και να επανέρχεται η πυξίδα στην ορθή θέση σε σύντομο χρονικό διάστημα.

INTERCARPINAL ROLLING ERROR (σφάλμα διατοιχισμών)

Πρόκειται κατά την διάρκεια των διατοιχισμών επειδή κατά πρώτων το αιωρούμενο ευαίσθητο στοιχείο μετατρέπεται σε εκκρεμές και τείνει να ταυτίσει το κατακόρυφο επίπεδο της μάζας του με το επίπεδο αιώρησης και κατά δεύτερων προκαλούνται μεταγίσεις υδραργύρου από το ένα δοχείο στο άλλο. Στις πορείες κατά Βορρά και Νότο η μετάγγιση είναι αμελητέα επειδή το επίπεδο αιώρησης είναι κάθετο στους σωλήνες των συγκοινωνούντων δοχείων.

Για πορείες κατά Απηνιώτη-Ζέφυρο το σφάλμα εξουδετερώνεται επειδή είναι ίσων τιμών και αντίθετης φοράς. Σε πορείες όμως 45 μοιρών το σφάλμα παίρνει τις μέγιστες τιμές του ειδικά όταν οι αιωρήσεις δεν είναι συμμετρικές και η μετάγγιση υδραργύρου είναι ανισομερής στα δοχεία. Τα παραπάνω αναφέρονται στις πυξίδες SPERRY. Στις πυξίδες με 2 γυροσκόπια το σφάλμα αυτό δεν υφίσταται επειδή οι μεταπτώσεις που δημιουργούνται στους άξονες κατά αζιμούθ από τις μεταγίσεις ελαίων στα διαμερίσματα είναι ίσων τιμών και αντίθετης φοράς.

GIMBALLING ERROR (σφάλμα διπλής εξάρτησης)

Το σφάλμα αυτό οφείλεται στην κλίση που παίρνει το ανεμολόγιο της πυξίδας ως προς το επίπεδο του ορίζοντα κατά τους κλυδωνισμούς του πλοίου. Οι διοπτρεύσεις λαμβάνονται πάντα επί οριζοντίου επιπέδου οπότε αν το ανεμολόγιο παίρνει κλίση, η προβολή της περιφέρειας του στον ορίζοντα είναι ελλειψοειδείς και οι υποδιαιρέσεις του δεν ανταποκρίνονται στις υποδιαιρέσεις του κύκλου του ορίζοντα. Όσο μεγαλώνει η κλίση του πλοίου τόσο μεγαλώνει το σφάλμα. Το σφάλμα διπλής εξαρτήσεως αποφεύγεται με την λήψη διοπτρεύσεων μόνο όταν ανεμολόγιο είναι παράλληλο του ορίζοντα. Αυτό το ελέγχουμε με ειδική στάθμη (αλφάδι) που φέρουν οι περισσότεροι τύποι επαναληπτών διοπτρεύσεων.

2.9 Παραδείγμα Εφαρμογών Γυροσκοπικής Πυξίδας Λείζερ

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα γυροσκοπικής πυξίδας λείζερ

- Airbus A320
- Agni III
- ASM-135 US Αντι-δορυφορικού πυραύλου
- Boeing 757-200
- Boeing 777
- B-52H με την αναβάθμιση AMI
- EF-111 Raven
- F-15E Strike Eagle
- F-16 Fighting Falcon
- HAL Tejas
- MC-130E Combat Talon I and MC-130H Combat Talon II
- MQ-1C Warrior
- MK39 : Σύστημα Εσωτερικής πλοήγησης πλοίων που χρησιμοποιείται στα πλοία επιφανείας και στα υποβρύχια του NATO
- P3 Orion (με την αναβάθμιση)
- Βλήμα Shaurya
- MH-60R, MH-60S, SH60F and SH60B : Ελικόπτερα Seahawk

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ SAGNAC & FIZEAU

3.1 Έννοια & Γενικά Χαρακτηριστικά της Επίδρασης Sagnac

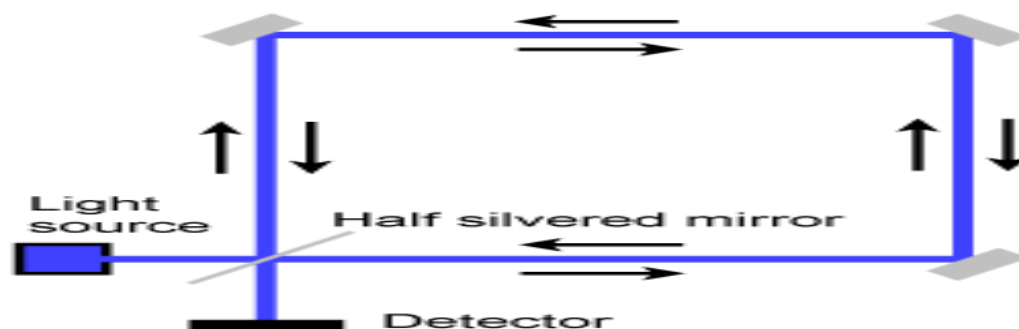
Είναι ένα φυσικό φαινόμενο της οπτικής παρεμβολής που ανακαλύφθηκε από τον Γάλλο φυσικό Ζορζ Sagnac το 1913. Είναι μια ασυμμετρία της σχετικής ταχύτητας των φωτεινών σημάτων που ταξιδεύουν προς την αντίθετη κατεύθυνση ή περιφέρεια ενός περιστρεφόμενου δίσκου. Η επίδραση Sagnac χρησιμοποιείται στην τρέχουσα τεχνολογία. Μία από τις χρήσεις της είναι αυτή σε αδρανειακά συστήματα πλοήγησης. Τα γυροσκόπια δακτυλίων λέιζερ είναι εξαιρετικά ευαίσθητα σε περιστροφές. Σημαντικό θέμα αποτελεί αν ένα αδρανειακό σύστημα πλοήγησης μπορεί να παράσχει τα σωστά δεδομένα. Το αποτέλεσμα Sagnac παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1913 ως ένα κινούμενο σχέδιο κροσσών από ένα συμβολόμετρο τοποθετημένο σε ένα πικάπ. Το φως παράγεται και διατηρείται με την ενσωμάτωση ενός διέγερσης λέιζερ σε κάποιο σημείο στη δακτυλιοειδή διαδρομή του φωτός (REO - precision optical solution, 2015).

Η κοιλότητα του δακτυλίου λέιζερ περιλαμβάνεται και το μέσο λέιζερ δεν πρέπει να έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα. Η προσαρμογή αυτή ονομάζεται δακτύλιος λέιζερ. Για να καταλάβουμε τι συμβαίνει σε μια κοιλότητα του λέιζερ, είναι ωφέλιμο να παρακολουθήσουμε τη φυσική του λέιζερ, δηλαδή τη διαδικασία με την οποία ενισχύεται το φως μέσω της διέγερσης της εκπομπής ακτινοβολίας σε ένα συγκρότημα λέιζερ σε συνεχή παραγωγή του φωτός. Μόλις αρχίσει η διέγερση λέιζερ, τα άτομα ή μόρια εκπέμπουν φωτόνια στο εσωτερικό της κοιλότητας.

Η διαδικασία της εξαναγκασμένης εκπομπής προκαλεί μια συχνότητα, κατά την οποία αυτά υπερισχύουν γρήγορα σε σχέση με άλλες συχνότητες, και μετά από αυτό, το φως είναι εξαιρετικά μονοχρωματικό.

Ενώ ένα λέιζερ δακτύλιος περιστρέφεται, η διαδικασία λέιζερ παράγει δύο συχνότητες του φωτός λέιζερ. Σε κάθε τμήμα της κοιλότητας του δακτυλίου λέιζερ, το φως διαδίδεται με την ίδια ταχύτητα σε δύο ή σε μία κατεύθυνση.

Για χάρη της απλότητας, υποθέτουμε ότι όλα τα εκπεμπόμενα φωτόνια που εκπέμπονται βρίσκονται σε μια κατεύθυνση παράλληλη προς την κατεύθυνση του δακτυλίου. Τα άτομα στην κοιλότητα λέιζερ κατέχουν ένα θερμικό ταχύτητα και έχουν μια μέση ταχύτητα σε μία αριστερόστροφη κατεύθυνση γύρω από το δαχτυλίδι. Τα μόρια στην κοιλότητα λέιζερ μπορούν να θεωρηθούν ως συντονιστές.



Πηγή: (Luhs, 2000)

Εικόνα 7. Σχηματική απεικόνιση επίδρασης Sagnac.

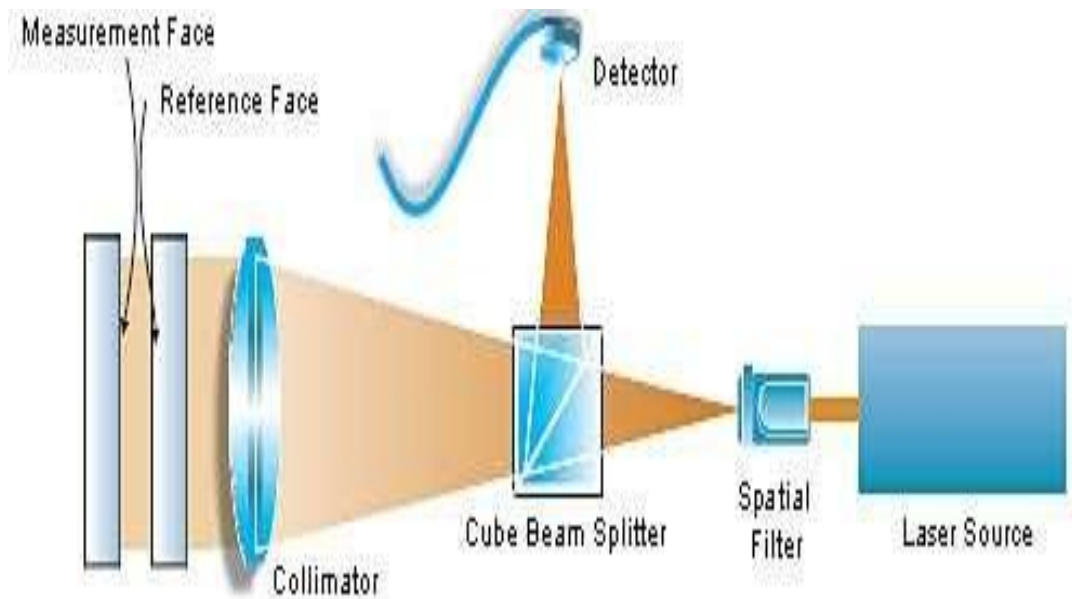
Η διέλευση των φωτονίων θα διεγείρει μία εκπομπή του διεγερμένου μορίου μόνον εάν η συχνότητα της διέλευσης φωτονίων συμφωνεί ακριβώς με την συχνότητα των μορίων που εκπέμπονται. Ένα φωτόνιο που εκπέμπεται προς τα αριστερά κινείται κατά μέσο όρο σε μια υψηλότερη συχνότητα, ένα φωτόνιο που εκπέμπεται σε μια δεξιόστροφη κατεύθυνση κινείται κατά μέσο όρο για το ίδιο αποτέλεσμα με μικρότερη συχνότητα.

Το ότι το λέιζερ παράγει δύο συχνότητες φωτός λέιζερ είναι μια άμεση συνέπεια του γεγονότος ότι οπουδήποτε κατά μήκος του δακτυλίου, η ταχύτητα του φωτός είναι η ίδια και στις δύο κατευθύνσεις. Το αναλλοίωτο της ταχύτητας του φωτός ενεργεί ως αμετάβλητο δεδομένο, και τα μόρια μέσα στην κοιλότητα λέιζερ έχουν μια ορισμένη ταχύτητα σε σχέση με το δεδομένο. Το δεδομένο αποτελεί έναν υποτιθέμενο αδρανειακό χώρο.

3.2 Έννοια & Γενικά Χαρακτηριστικά της Επίδρασης Fizeau

Περιγράφει τη μεταβολή της ταχύτητας του φωτός σε ένα μέσο όπως ένα αποτέλεσμα από την κίνηση του μέσου σε σχέση με τον παρατηρητή σε ένα αντηχείο δαχτυλίδι. Αυτή η επίδραση μπορεί να παρατηρηθεί μέσα από την ενέργεια σε μια αντλία, έτσι ώστε τα πεδία και τα ηλεκτρόνια να ρέουν συνεχώς σε μία και ίδια κατεύθυνση. Αυτό οδηγεί σε ελαφρώς

χαμηλότερη ταχύτητα του φωτός για το πολλαπλασιαστικό της δέσμης σε σχέση με την κατεύθυνση της ροής ηλεκτρονίων.



Πηγή: (Luhs, 2000)

Εικόνα 8. Σχηματική απεικόνιση επίδρασης Fizeau.

Η ταχύτητα του φωτός είναι ελαφρώς υψηλότερη για το πολλαπλασιαστικό δέσμης σε αντίθεση με τα ηλεκτρόνια, αν ήταν σε στάση. Τα ηλεκτρόνια ρέουν από την κάθοδο στην άνοδο. Σε ένα λέιζερ δακτυλίου φυσικού αερίου, η επίδραση Fizeau οδηγεί σε διαφορετικές μετρήσεις κατεύθυνσης (για την ίδια περιστροφική ταχύτητα), ανάλογα με το πώς ο σωλήνας προσανατολίζεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

4.1 Γενικά

Το σύστημα καταγραφής ανίχνευσης λέιζερ δακτυλίου και δεδομένων αποτελείται από μία δοκό συνδυασμού συστήματος (η οποία αποδίδει ένα ταλαντευόμενο σήμα), και ένα μετρητή. Το ταλαντευόμενο σήμα είναι η συχνότητα παλμού μεταξύ δύο ελαφρώς διαφορετικών οπτικών συχνοτήτων. Μια γεννήτρια συνάρτηση χρησιμοποιείται για να μετρήσει τους κύκλους του σήματος ρυθμού.

Σε εξαιρετικά ευαίσθητα δακτυλίους το ρολόι GPS σε χρησιμοποιείται για να αυξήσει την σταθερότητα του μετρητή. Ωστόσο, υπάρχουν εγγενείς αστάθειες. Ο θόρυβος μέτρησης που σχετίζεται με ανιχνευτές φωτοδίοδοι, φωτοπολλαπλασιαστές και ηλεκτρονικά κυκλώματα), συμβάλλει στη διαδικασία.

Η συχνότητα προσδιορίζεται με σύγκριση φάσεως κατά μία πολύ σταθερή λειτουργία γεννήτριας. Σε ένα γυροσκόπιο αυτό είναι ανέφικτο για διάφορους λόγους, όπως η τυχαία και συστηματική παραλλαγή του παλμού συχνότητας, περιβαλλοντικές διαταραχές, όπως αλλαγές στη θερμοκρασία, την υγρασία, οι δονήσεις και η πίεση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ

5.1 Γενικά

Παρέχεται ένας ποσοτικός τρόπος για να μετρηθεί η σταθερότητα του λέιζερ στην πάροδο του χρόνου. Τα δεδομένα από τον δακτύλιο λέιζερ συλλέγεται στο χρόνο μέτρησης σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Η απόκλιση του προτύπου δεν χρησιμοποιείται, δεδομένου ότι είναι μια συνάρτηση του αριθμού των σημείων στα δεδομένα τα οποία επηρεάζονται από το νεκρό χρόνο και το εύρος ζώνης του συστήματος μέτρησης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Οι γυροσκοπικές πυξίδες λέιζερ είναι προφανές ότι στο άμεσο μέλλον θα αποτελέσουν τη βασική επιλογή και λύση στο θέμα του προσδιορισμού της κατεύθυνσης. Το συγκεκριμένο τεχνολογικό επίτευγμα αναμένεται να χρησιμοποιηθεί όλο και περισσότερο από τους κλάδους ενδιαφέροντος, όπως η ναυσιπλοΐα.

Η αύξηση της παραγωγής, ως αποτέλεσμα της αυξημένης ζήτησης, θα οδηγήσει σε μείωση της τιμής και στην επικράτησή της ως πρώτης επιλογής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aronowitz, F. (1971). *The Laser Gyro in Laser Applications*.
- Bennet, S. (1993). *A History of Control Engineering Series/47*.
- Luhs, W. (2000). *The Laser Gyro, MEOS GmbH*.
- New Zealand Gambling News*. (2015, Μάιος 20). Ανάκτηση από Ιστοσελίδα των New Zealand Gambling News: <http://www.ringlaser.org.nz>
- REO - precision optical solution*. (2015, Μάιος 21). Ανάκτηση από Ιστοσελίδα της REO: <http://www.reoinc.com/files/Laser%20Components.pdf><http://www.reoinc.com/pdf/Laser%20Components.pdf>
- Shiner, L. (2002, September 15). *Air & Space Magazine*. Ανάκτηση από Ιστοσελίδα του Air & Space Magazine: <http://www.airspacemag.com/flight-today/how-things-work-ring-laser-gyros-32371541/>
- Wikipedia*. (2015, Μάιος 20). Ανάκτηση από Ιστοσελίδα της Παγκόσμιας Ελεύθερης Εγκυκλοπαίδειας: http://en.wikipedia.org/wiki/Ring_laser_gyroscope
- Wikipedia*. (2015, Απρίλιος 20). Ανάκτηση από Ιστοσελίδα της Παγκόσμιας Ελεύθερης Εγκυκλοπαίδειας: http://el.wikipedia.org/wiki/Γυροσκοπική_πυξίδα
- Wikipedia*. (2015, Απρίλιος 16). Ανάκτηση από Ιστοσελίδα της Παγκόσμιας Ελεύθερης Εγκυκλοπαίδειας: <http://el.wikipedia.org/wiki/Πυξίδα>
- Παλληκάρης, Α. Η., & Κατσούλης, Γ. Θ. (2008). *Ιστορική Εξέλιξη και Προοπτικές της Ηλεκτρονικής Ναυτιλίας*. Αθήνα: Ναυσίβιος Χώρα. Ανάκτηση από http://portal.survey.ntua.gr/main/labs/carto/academic/persons/bnakos_site_nafp/lecture_notes/lecture_notes_part_c_supplement.pdf