



AKADEMIA MORSKA W SZCZECINIE

JEDNOSTKA ORGANIZACYJNA:

Wydział Nawigacyjny – Zakład Urzędzeń Nawigacyjnych

INSTRUKCJA

2

Budowa i obsługa techniczna żyrokompasów

Laboratorium

Opracował:	M. Gucma, J. Montewka, A. Zieziula, M. Przywarty, M. Bilewski, R. Boć
Zatwierdził:	S. Jankowski
Obowiązuje od: 22.09.2014	

RAMOWY SPIS TREŚCI

0. EFEKTY KSZTAŁCENIA

1. CEL ĆWICZENIA

2. ZAKRES PRZYGOTOWANIA TEORETYCZNEGO

3. OPIS STANOWISKA BADAWCZEGO

4. WYKONANIE ĆWICZENIA

5. OPRACOWANIE SPRAWOZDANIA

6. PYTANIA KONTROLNE

7. LITERATURA

8. TEORIA

20.	Przedmiot:	N/TM2012/11/20/UNI						
URZĄDZENIA NAWIGACYJNE – moduł 1								
Semestr	Liczba tygodni w semestrze	Liczba godzin w tygodniu			Liczba godzin w semestrze			ECTS
		A	C	L	A	C	L	
I	15	2	1	1	30	15	15	2
II	15	1		2	15		30	2
III	15	1		1	15		15	2
IV	15	1		1	15		15	3
V	15	1		1	15		15	2

Korekta 2014

I. Cele kształcenia

Celem kształcenia jest nauczanie zasady działania, eksploatacji i efektywnego wykorzystania urządzeń i systemów radarowych i nawigacyjnych zamontowanych na statku ze zwróceniem uwagi na ich ograniczenia, dokładności oraz specyfikę zobrazowania informacji nawigacyjnej.

II. Wymagania wstępne

Zakres szkoły średniej, elementy nawigacji, podstaw elektroniki, fizyki, matematyki automatyki i bezpieczeństwa nawigacji.

III/1. Efekty kształcenia i szczegółowe treści kształcenia

Student powinien opanować wiedzę i wykazać się umiejętnościami w następującym zakresie:

W – podstawowych systemów nawigacyjnych: znać budowę i zasadę działania żyrokompasów i repetytorów żyro; źródła błędów żyrokompasu i ich eliminację; budowę i zasadę działania systemów kontroli kursu (autopilotów); metody regulacji systemów kontroli kursu (autopilotów); budowę i zasadę działania systemów kontroli drogi; zasady pomiaru prędkości; budowę i zasadę działania logów mechanicznych, ciśnieniowych, elektromagnetycznych, dopplerowskich, specjalnych; błędy logów, ich źródła i metody kalibracji; teorie dotyczącą rozchodzenia się fal hydroakustycznych; zasady pomiaru głębokości z wykorzystaniem echosondy; budowę i zasady działania echosond nawigacyjnych; błędy pomiaru głębokości, ich źródła oraz metody eliminowania; cyfrowe oraz analogowe metody rejestracji danych z logów, żyrokompasów, echosond i innych urządzeń nawigacyjnych; wykorzystanie rejestratora danych z podróży (VDR-*Voyage Data Recorder*) oraz jego uproszczonej wersji S-VDR; podstawowe metody wymiany informacji pomiędzy urządzeniami nawigacyjnymi – protokół NMEA; budowę, zasadę działania i dokładności: żyroskopów MEMS, żyroskopów optycznych; zastosowania żyroskopów optycznych i MEMS w systemach nawigacyjnych; budowę i zastosowanie kompasów elektronicznych typu: Fluxgate, AMR; zasady działania systemów nawigacji inercyjnej; systemy dynamicznego pozycjonowania; wymogi dokładnościowe instytucji klasyfikacyjnych stawiane urządzeniom nawigacyjnym; system mostka zintegrowanego IBS (*Integrated Bridge System*); zintegrowany system nawigacyjny INS (*Integrated Navigation System*); system zarządzania alarmami na mostku nawigacyjnym BAMS (*Bridge Alarm Management System*); funkcjonowanie systemów dynamicznego pozycjonowania DP (*Dynamic Positioning*);

satelitarnych systemów radionawigacyjnych: znać teorię propagacji fal elektromagnetycznych; parametry fal radiowych; pojęcie czasu w radionawigacji, jego wzorce i skale; pojęcie linii pozycyjnej w radionawigacji i podział systemów radionawigacyjnych ze względu na mierzony parametr; teorię układów odniesienia pozycji; teorię radionamierzenia, budowę oraz zasadę działania radionawigacyjnych, naziemnych systemów stadiometrycznych i hiperbolicznych; zjawiska wpływające na ruch sztucznych satelitów oraz budowę i zasadę działania satelitarnych systemów pozycjonowania; podstawowe różnice pomiędzy poszczególnymi systemami radionawigacyjnymi i stosowanymi w tych systemach metodami określania pozycji; dokładności określania pozycji oraz wektora ruchu w systemach radionawigacyjnych; rodzaje i zasady technik różnicowych korekty pozycji; parametry niezawodnościowe systemów radionawigacyjnych; wydawnictwa radionawigacyjne i ich strukturę tematyczną; techniki planowania trasy oraz zapisu i wyświetlania informacji nawigacyjnej w odbiornikach systemów radionawigacyjnych; budowę i działanie systemu automatycznej identyfikacji AIS (*Automatic Identification System*); budowę i działanie systemu identyfikacji śledzenia dalekiego zasięgu LRIT (*Long Range Identification and Tracking system*);

radiolokacji (wykorzystanie urządzeń radarowych – szkolenie na poziomie operacyjnym): znać właściwości propagacyjne mikrofal w stopniu pozwalającym na zrozumienie zjawisk rozchodzenia się i odbijania fal elektromagnetycznych zakresu radarowego; zasadę pracy radaru wg schematu blokowego w stopniu pozwalającym na zrozumienie działania jego wszystkich elementów regulacyjnych i ich wpływu na obraz radarowy; sposoby wykonywania pomiarów radarowych, ich błędy i dokładności; problemy wykrywania związane z zasięgiem, refrakcją, szeroko rozumianymi cieniami i kształtem charakterystyki antenowej oraz sposoby ich minimalizacji; rodzaje zniekształceń i zakłóceń, ich przyczyny i sposoby reakcji na ich obecność; algorytmy obróbki cyfrowej obrazu radarowego i ich ocenę pod kątem nawigacyjnego wykorzystania radaru; podstawy diagnozowania i lokalizacji uszkodzeń w radarach; rodzaje i zasady działania urządzeń współpracujących z radarem; wpływ mikrofal na organizm ludzki, dokumenty związane z zakupem i eksploatacją radaru; sposoby interpretacji informacji radarowej; zasady sporządzania nakresów radarowych i ich dokładność; sposoby wykorzystania radaru w nawigacji; wymagania IMO dotyczące urządzeń radarowych i ARPA; przepisy COLREG, niebezpieczeństwo wynikające ze zbyt dużego zaufania do danych ARPA; podstawowe typy urządzeń; możliwości, ograniczenia oraz błędy urządzeń ARPA; testy operacyjne ARPA, zasady lokalizacji uszkodzeń.

U – podstawowych systemów nawigacyjnych: obsługiwanie podstawowych typów żyrokompasów nawigacyjnych, autopilotów, logów i echosond nawigacyjnych; kalibrowania żyrokompasu, repetytora żyro, logu; interpretowania błędów żyrokompasu; wykorzystania nastaw regulacyjnych autopilotów w zależności od warunków nawigacyjnych; interpretowania nastaw autopilota; wprowadzania parametrów pracy do echosond; odczytania głębokości z echosondy nawigacyjnej; zarejestrowania obrazu i wartości głębokości w echosondzie; przeprowadzania podstawowej kalibracji i oceniania dokładności echosondy nawigacyjnej;

satelitarnych systemów radionawigacyjnych: posługiwanie się terminologią angielską stosowaną w odbiornikach systemów pozycyjnych; odczytania i zastosowania informacji zawartych w wydawnictwach radionawigacyjnych, w szczególności w ALRS; określania pozycji obserwowanej w wybranym układzie odniesienia za pomocą odbiorników radionawigacyjnych systemów naziemnych i satelitarnych; zweryfikowania dokładności wskazywanej pozycji i jakości odbieranego sygnału; wprowadzania parametrów wymaganych w odbiornikach poszczególnych systemów; wprowadzania danych punktów drogowych i zaprogramowania trasy oraz alarmów nawigacyjnych; zinterpretowania informacji nawigacyjnej prezentowanej na wskaźniku odbiornika systemu pozycyjnego; prowadzenia nawigacji po zaprogramowanej trasie w odbiorniku zintegrowanym o różnej złożoności: kompas + log + odbiornik systemu radionawigacyjnego + ENC + AIS;

radiolokacji (wykorzystanie urządzeń radarowych – szkolenie na poziomie operacyjnym): włączania i wstępnego regulowania wskaźnika radarowego; dobierania właściwego położenia elementów regulacyjnych stosownie do wykonywanego zadania, w tym wpływania na wykrywalność, rozmiary ech oraz rozróżnialności; sprawnego identyfikowania ech obiektów na ekranie na podstawie mapy nawigacyjnej bądź obserwacji wzrokowej; biegłego wykonywania pomiarów radarowych dostępnymi metodami minimalizując błędy i określania pozycji obserwowanych; poprawnego interpretowania obrazu radarowego, w tym w warunkach zniekształceń i zakłóceń z szacowaniem położenia, kursu, prędkości, odległości najmniejszego zbliżenia i czasu do osiągnięcia tej odległości; obsługiwanie funkcji nakresowych dostępnych w radarze, stosując się do algorytmów postępowania podanych w instrukcji radaru; rozpoznawania i wykorzystywania sygnałów urządzeń współpracujących z radarem; diagnozowania stanu sprawności radaru i wstępnego lokalizowania miejsca wystąpienia uszkodzeń; posługiwanie się dokumentami związanymi z morskim radarem nawigacyjnym; uzyskiwania informacji o obiektach widocznych na ekranie radaru; oceniania sytuacji kolizyjnej; zaplanowania i wykonania manewru antykolizyjnego oraz sprawdzania skuteczności podjętych działań; wykorzystania urządzenia radarowego do prowadzenia bezpiecznej nawigacji i unikania kolizji na różnych akwenach nawigacyjnych; zainicjowania śledzenia obiektu; uzyskania i właściwego zinterpretowania informacji wypracowanych przez system ARPA; uwzględniania błędów i ograniczeń urządzeń ARPA; zasymulowania manewru antykolizyjnego; wykorzystania dodatkowych funkcji nawigacyjnych dostępnych w ARPA; używania ARPA i innych urządzeń nawigacyjnych w celu prowadzenia bezpiecznej nawigacji i unikania kolizji na różnych akwenach nawigacyjnych ze szczególnym uwzględnieniem wymiany informacji ARPA-AIS-ECDIS; korzystania z radaru i ARPA z uwzględnieniem prawideł COLREG; testowania urządzenia ARPA.

Efekty kształcenia, jakie student osiągnie po ukończeniu przedmiotu opisane są w zakresie wiedzy, umiejętności i postaw, i ukazane są z podziałem na semestry nauki.

Efekty kształcenia – semestr I		Kierunkowe
EK1	Ma wiedzę w zakresie budowy, zasady działania oraz możliwości wykorzystania, obsługi i konfiguracji urządzeń nawigacyjnych.	K_W05; K_W06; K_W13; K_W24
EK2	Posiada umiejętności w zakresie wykorzystania, obsługi i konfiguracji urządzeń nawigacyjnych.	K_U01; K_U12; K_U18; K_U26
EK3	Ma podstawową wiedzę w zakresie standardów i norm technicznych związanych z wykorzystaniem odbiorników systemów nawigacyjnych.	K_W28

Metody i kryteria oceny				
EK1	Ma wiedzę w zakresie budowy, zasady działania, wykorzystania, obsługi i konfiguracji urządzeń nawigacyjnych.			
Metody oceny	Egzamin pisemny.			
Kryteria/ Ocena	2	3	3,5 - 4	4,5 - 5
Kryterium 1 Budowa żyroskopów i żyrokompasów.	Nie zna budowy nie rozumie zjawisk fizyki ciała sztywnego.	Zna budowę schematycznie, rozumie podstawowe zjawiska fizyki ciała sztywnego.	Zna budowę techniczną, rozumie podstawowe zjawiska fizyki ciała sztywnego.	Zna budowę techniczną, rozumie rysunki techniczne, rozumie zaawansowane zjawiska fizyki ciała sztywnego.
Kryterium 2 Posiada wiedzę w zakresie budowy logów.	Nie posiada wiedzy i nie potrafi uruchomić log.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić log ale nie kalibruje go.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić log i skalibrować go.	Posiada wiedzę w zakresie rozszerzonym, umie uruchomić log i skalibrować go.
Kryterium 3 Posiada wiedzę w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń systemów nawigacyjnych.	Nie posiada wiedzy w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń systemów nawigacyjnych.	Posiada wiedzę w zakresie standardów, i dokładności systemów nawigacyjnych.	Posiada wiedzę w zakresie ograniczeń systemów nawigacyjnych.	Posiada wiedzę w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń systemów nawigacyjnych.

gów.				
Kryterium 4 Posiada wiedzę w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń echosond.	Nie posiada wiedzy w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń echosond.	Posiada wiedzę w zakresie standardów, i dokładności echosond.	Posiada wiedzę w zakresie ograniczeń echosond.	Posiada wiedzę w zakresie standardów, dokładności i ograniczeń echosond.
Kryterium 5 Posiada wiedzę w zakresie budowy logów, umie konfigurować echosondę.	Nie posiada wiedzy i nie potrafi uruchomić echosondy.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić echosondę ale nie kalibruje jej.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić echosondę i skalibrować jej.	Posiada wiedzę w zakresie rozszerzonym, umie uruchomić echosondę i skalibrować jej.
EK2	Posiada umiejętności w zakresie wykorzystania, obsługi i konfiguracji urządzeń nawigacyjnych.			
Metody oceny	Zaliczenie ćwiczeń, laboratoriów/ symulatorów, sprawdziany i prace kontrolne w semestrze.			
Kryteria/ Ocena	2	3	3,5 - 4	4,5 - 5
Kryterium 1 Wykorzystanie żyrokompasów.	Nie potrafi korzystać z żyrokompasów.	Potrafi korzystać z żyrokompasów w stopniu podstawowym.	Potrafi korzystać z żyrokompasów w stopniu zaawansowanym.	Potrafi w pełni wykorzystać możliwości żyrokompasów nawigacyjnych.
Kryterium 2 Obsługa i konfiguracja autopilotów.	Nie potrafi obsługiwać i konfigurować odbiorników systemów nawigacyjnych.	Potrafi obsługiwać i konfigurować odbiorniki systemów nawigacyjnych w stopniu podstawowym.	Potrafi obsługiwać i konfigurować odbiorniki systemów nawigacyjnych w stopniu zaawansowanym.	Potrafi w pełnym zakresie obsługiwać i konfigurować odbiorniki systemów nawigacyjnych.
Kryterium 3 Posiada umiejętności w zakresie obsługi i kalibracji logów.	Nie potrafi obsługiwać i kalibrować logów.	Umie uruchomić log ale nie kalibruje go.	Umie uruchomić log i skalibrować go.	Posiada wiedzę w zakresie rozszerzonym, umie uruchomić log i skalibrować go.
Kryterium 4 Posiada wiedzę w zakresie budowy logów, umie konfigurować echosondę.	Nie posiada wiedzy w zakresie budowy logów nie potrafi konfigurować echosondy.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić echosondę ale nie kalibruje jej.	Posiada wiedzę w zakresie podstawowym, umie uruchomić echosondę i skalibrować jej.	Posiada wiedzę w zakresie rozszerzonym, umie uruchomić echosondę i skalibrować jej.
EK3	Ma podstawową wiedzę w zakresie standardów i norm technicznych związanych z wykorzystaniem odbiorników systemów nawigacyjnych.			
Metody oceny	Sprawdziany i prace kontrolne w semestrze.			
Kryteria/ Ocena	2	3	3,5 - 4	4,5 - 5
Kryterium 1 Posiada wiedzę w zakresie norm technicznych.	Nie posiada wiedzy w zakresie EK3.	Posiada wiedzę w zakresie norm IEC i PN.	Posiada wiedzę w zakresie norm IEC i PN oraz interpretuje je.	Posiada wiedzę w zakresie norm IEC i PN, interpretuje oraz łączy z normami EN.
Kryterium 2 Posiada wiedzę w zakresie standardów.	Nie posiada wiedzy w zakresie EK3.	Posiada wiedzę w zakresie standardów morskich IMO.	Posiada wiedzę w zakresie standardów morskich IMO i łączy je z dokumentacją.	Posiada wiedzę w zakresie standardów morskich IMO i łączy je z dokumentacją w języku angielskim.

Szczegółowe treści kształcenia

SEMESTR I	PODSTAWOWE SYSTEMY NAWIGACYJNE	AUDYTORYJNE	30 GODZ.
-----------	--------------------------------	-------------	----------

PODSTAWOWE SYSTEMY NAWIGACYJNE

1. Zjawiska fizyczne wykorzystywane do wyznaczania kierunku w kompasach.
2. Budowa i zasada działania żyrokompasów.
3. Budowa, zasada działania i obsługa autopilotów.
4. Pomiar prędkości statku - budowa i zasada działania logów.
5. Pomiar głębokości - budowa i zasada działania echosond.

numer przedmiotu
i zagadnienia w rozporządzeniu MłiR

- 9.3/1.1.
- 9.3/1.2.
- 9.3/1.3.
- 9.3/1.4.
- 9.3/1.5.

- | | |
|---|-----------|
| 6. Wykrywanie obiektów podwodnych w płaszczyźnie poziomej - budowa i zasada działania sonaru oraz echosondy wielowiązkowej. | 9.3/1.6. |
| 7. Cyfrowe oraz analogowe metody rejestracji danych z urządzeń nawigacyjnych – budowa i zasada działania VDR (<i>Voyage Data Recorder</i>). | 9.3/1.7. |
| 8. Urządzenia nawigacji inercyjnej, zasady działania, główne zastosowania. | 9.3/1.8. |
| 9. Systemy i urządzenia dynamicznego pozycjonowania. | 9.3/1.9. |
| 10. Wymagania stawiane przez instytucje klasyfikacyjne odnośnie urządzeń nawigacyjnych. | 9.3/1.10. |
| 11. Parametry fali elektromagnetycznej w zastosowaniu nawigacyjnym. | 9.3/2.1. |
| 12. Wzorce i skale czasu w systemach radionawigacyjnych. | 9.3/2.2. |
| 13. Linia pozycyjna w radionawigacji i podział systemów radionawigacyjnych. | 9.3/2.3. |
| 14. Układy odniesienia pozycji. | 9.3/2.4. |

SEMESTR I	PODSTAWOWE SYSTEMY NAWIGACYJNE	ĆWICZENIOWE	15 GODZ.
-----------	--------------------------------	-------------	----------

- | | |
|---|--|
| | numer przedmiotu
i zagadnienia w roz-
porządzeniu MliR |
| 1. Podstawy statystyki w analizie danych (średnie statystyczne: arytmetyczna, geometryczna, ważona) mediana, dominanta. | |
| 2. Zasady pomiaru głębokości i odległości; błędy i ograniczenia | 9.3/1.5., 1.6. |
| 3. Budowę, zasadę działania i dokładności: żyroskopów MEMS, żyroskopów optycznych; zastosowania żyroskopów optycznych i MEMS w systemach nawigacyjnych. | 9.3/1.2. |
| 4. Metody regulacji systemów kontroli kursu (autopilotów). | 9.3/1.3. |
| 5. Podstawowe metody wymiany informacji pomiędzy urządzeniami nawigacyjnymi – protokół NMEA. | 9.3/1.10. |
| 6. Analityczna i geometryczna postać linii pozycyjnych, analityczne i graficzne wyznaczanie pozycji. | 9.3/2.3. |
| 7. Modele błędu, średni błąd kwadratowy, równoległobok błędu, koło błędu, elipsa błędu. | 9.3/2.3. |

SEMESTR I	PODSTAWOWE SYSTEMY NAWIGACYJNE	LABORATORYJNE	15 GODZ.
-----------	--------------------------------	---------------	----------

- | | |
|--|--|
| | numer przedmiotu
i zagadnienia w roz-
porządzeniu MliR |
| 1. Budowa żyrokompasu i kuli żyrokompasowej. | 9.3/1.2. |
| 2. Kalibracja wskazań żyrokompasu. | 9.3/1.2. |
| 3. Charakterystyki i zasady regulacji autopilotów. | 9.3/1.3. |
| 4. Ocena dokładności sterowania za pomocą autopilota. | 9.3/1.3. |
| 5. Budowa i zasady eksploatacji logów – korekta wskazań. | 9.3/1.4. |
| 6. Budowa i zasady obsługi echosond nawigacyjnych. | 9.3/1.5. |
| 7. Interpretacja wskazań echosondy nawigacyjnej. | 9.3/1.5., 1.6. |

Bilans nakładu pracy studenta w semestrze I	Godziny	ECTS
Godziny zajęć z bezpośrednim udziałem nauczyciela: wykłady	30	
Godziny zajęć z bezpośrednim udziałem nauczyciela, o charakterze praktycznym: ćwiczenia, laboratoria, symulatory, zajęcia projektowe	30	
Godziny zajęć z bezpośrednim udziałem nauczyciela: udział w konsultacjach, zaliczeniach / egzaminach poza godz. zajęć dydaktycznych	2	
Własna praca studenta, w tym: przygotowanie do ćwiczeń, laboratoriów, symulatorów, w tym wykonanie sprawozdań, zadań	15	
Własna praca studenta: realizacja zadań projektowych	5	
Własna praca studenta: przygotowanie do zaliczenia, egzaminu	5	
Łączny nakład pracy	87	2
Nakład pracy związany z zajęciami wymagającymi bezpośredniego udziału nauczycieli:	62	1
Nakład pracy związany z zajęciami o charakterze praktycznym:	45	1

ĆWICZENIE nr 2

TEMAT: BUDOWA I OBSŁUGA ŻYROKOMPASÓW

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z budową żyrokompasu głównego i jego działaniem. Szczególną uwagę należy zwrócić na współpracę poszczególnych części i zespołów żyrokompasu, które mają decydujący wpływ na dokładność wyznaczania kursu.

2. Zakres przygotowania teoretycznego

Przed rozpoczęciem zajęć studenci powinni znać podstawy teoretyczne ćwiczenia.

- Podstawy konstrukcyjne żyrokompasów,
- Budowa żyrokompasu głównego,
- Budowa kuli żyroskopowej,
- Doprowadzenie prądu do kuli żyroskopowej,
- Układ naśladujący żyrokompasu,
- System alarmowy żyrokompasu
- Wybrane przepisy Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO) i PRS dotyczące żyrokompasów.

3. Opis stanowiska badawczego

Ćwiczenie realizowane jest na dwóch stanowiskach komputerowych przy pomocy programu „symulacja podstawowych układów żyrokompasów”. Program wyjaśnia budowę żyrokompasów oraz prezentuje współpracę poszczególnych jego zespołów. Program symulacyjny umożliwia również symulowanie stanów awaryjnych żyrokompasów.

4. Wykonanie ćwiczenia

4.1. Stanowisko I

- Zapoznać się z budową kompasu głównego oraz z oryginalnymi zespołami i częściami żyrokompasu zgromadzonych w sali,
- Zebrać informacje potrzebne do sprawozdania na temat:
 - schematu konstrukcyjnego żyrokompasu wraz z jego opisem,
 - opisu budowy kuli żyroskopowej,
 - sposobu doprowadzenia prądu do kuli żyroskopowej,
 - sposobu utrzymania kuli żyrokompasowej w położeniu centralnym względem kuli naśladującej.

4.2. Stanowisko II

- Uruchomić program komputerowy „Symulacja układów żyrokompasu”,
- Zebrać informacje potrzebne do sprawozdania na temat:
 - działania układu naśladującego żyrokompasu,
 - schematu układu naśladującego,
 - przypadków, w których powinien być uruchomiony alarm żyrokompasu.

5. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie powinno być relacją z przebiegu zajęć z uwzględnieniem celu ćwiczenia. W sprawozdaniu należy również narysować schemat konstrukcji żyrokompasu oraz schemat elektryczny układu naśladującego.

6. Pytania kontrolne

- Omów współpracę poszczególnych części i zespołów żyrokompasu głównego (narysuj jego schemat konstrukcyjny).
- Omów budowę kuli żyroskopowej.
- Omów budowę kuli naśladującej.
- W jaki sposób doprowadzony jest prąd do kuli żyroskopowej.
- Jakim prądem jest zasilana kula żyroskopowa.
- Jaki jest wpływ temperatury elektrolitu na pracę żyrokompasu.
- Omów, w jaki sposób zapewnione jest współśrodkowe położenie kuli żyroskopowej względem naśladującej.
- Podaj skład chemiczny elektrolitu, jaką rolę odgrywają poszczególne składniki.

7. Literatura

1. E. Krajczyński, Urządzenia nawigacji technicznej, Fundacja Rozwoju Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni, Gdynia 1995.
2. E. Krajczyński, Okrętowe kompasy żyroskopowe, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1987.
3. M. Mięsikowski, Współczesne kompasy żyroskopowe, Przegląd Morski 1999 nr 7-8.
4. Polski Rejestr Statków, Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich, Gdańsk 1999.
5. Zeszyt Naukowy WSM Szczecin, Kryteria dokładności żyrokompasów, 1998 nr 55
6. Podręcznik techniczny żyrokompasu CMZ 300X, wydanie angielskie
7. Instrukcja obsługi żyrokompasu CMZ 300X, wydanie polskie skrócone
8. Podręcznik techniczny Plath żyrokompas Navigat, Hamburg
9. Strona internetowa: <http://www.sperry.com>
10. Strona internetowa: <http://www.plath.com>

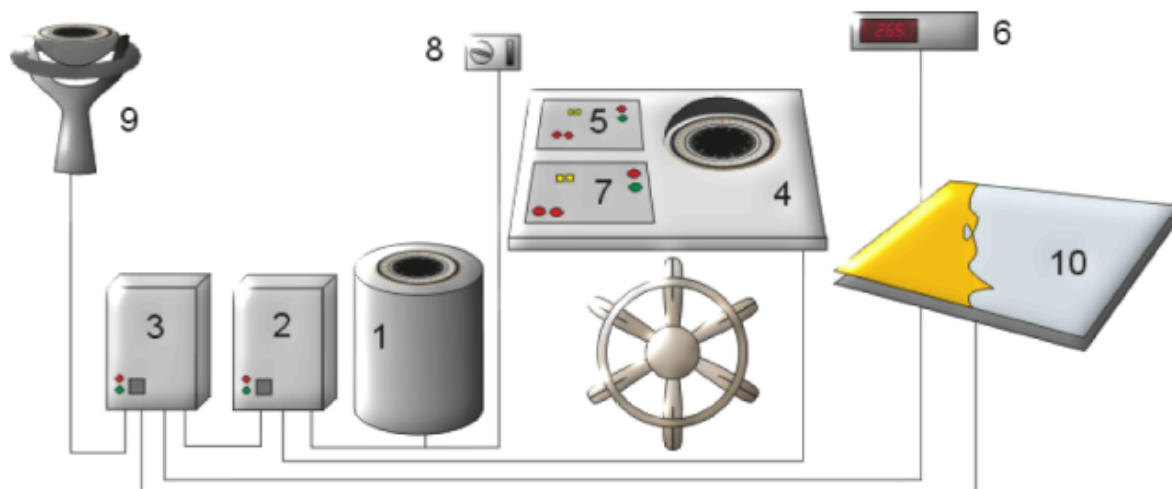
8. Teoria

8.1. Podstawy konstrukcyjne żyrokompasów

Obecnie na rynku dostępnych jest kilkanaście modeli żyrokompasów, a liczba będących w eksploatacji z pewnością dochodzi do kilkudziesięciu. Produkcją żyrokompasów zajmuje się zaledwie kilka firm, których liczba ciągle maleje, a wynika to najczęściej z faktu łączenia się mniejszych firm w koncerny.

Pod względem technologicznym produkcja żyrokompasów nie stanowi bariery nawet dla wielu firm polskich. Przeszkodą w podjęciu takiej produkcji, jest konieczność zakupu wielu opracowań patentowych, a co za tym idzie- opłacalność. Jest to bariera nie do pokonania dla firm rozpoczynających produkcję. Aby firma mogła utrzymać się na rynku, musi utrzymywać, co najmniej kilkadziesiąt punktów serwisowych rozsianych po całym świecie, dlatego też firmy, które próbowały podjąć produkcję żyrokompasów ponoszą porażkę m.in. firmy Robertson z Norwegii i Brown z Wielkiej Brytanii.

Żyrokompasem nazywamy zespół urządzeń, które pozwalają na wyznaczenie kursu, jakim płynie statek. Kurs ten transmitowany jest do analogowych lub cyfrowych powtarzaczy (repetytorów), autopilota, odbiorników satelitarnych, radarów i rejestratora kursu - kursografu.



Rys.1. Żyrokompas Standard 14 firmy ANSCHUTZ

Podstawowe przyrządy, w które wyposażony jest żyrokompas:

- 1 - Kompas żyroskopowy (zwany też żyrokompasem głównym) z synchronicznym transmitters do podłączenia autopilota,
- 2 - Zasilacz żyrokompasu- wytwarza napięcia do zasilania żyrokompasu i dodatkowych urządzeń,
- 3 - Przetwornik kursu - urządzenie umożliwiające podłączenie do żyrokompasu różnych odbiorników: analogowych, cyfrowych, z silnikami krokowymi.

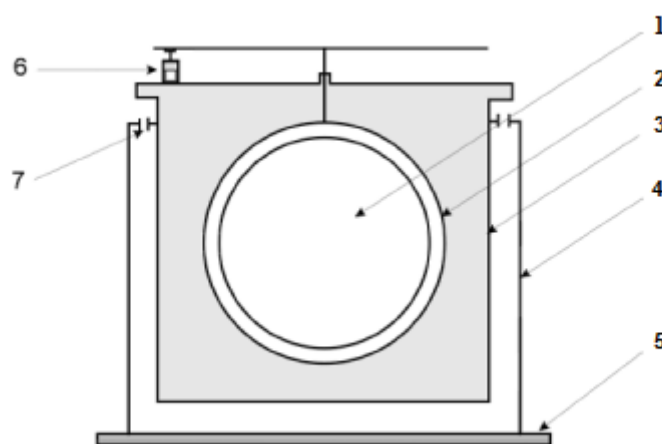
W skład dodatkowego wyposażenia wchodzi:

- 4 - Repetytor sterowy,
- 5 - Autopilot,

- 6 - Repetytor cyfrowy,
- 7 - Sygnalizator alarmu,
- 8 - Generator podstawy czasu,
- 9 - Repetytor namiarowy,
- 10 - Ploter do kreślenia linii kursowej na mapach nawigacyjnych,
- Kursograf,
- Namiernik,
- Dodatkowe przyrządy umożliwiające podłączanie większej liczby odbiorników.

8.2. Budowa żyrokompasu głównego

Najważniejszym przyrządem żyrokompasu jest żyrokompas główny. Składa się m.in. z żyrokompasowego zespołu, który ustawia się swoją osią wzdłuż południka. Żyrokompasy są dość złożonymi urządzeniami, dlatego też celowe jest przedstawienie schematu konstrukcji żyrokompasu.



Rys.2. Schemat konstrukcji żyrokompasu głównego, gdzie:
1-kula żyroskopowa, 2-kula naśladową, 3-zbiornik, 4-obudowa, 5-podstawa żyrokompasu,
6-silnik azymutalny, 7-zawieszenie kardanowe.

Na schemacie przedstawiono przekrój płaszczyzną pionową żyrokompasu głównego. W samym środku znajduje się kula żyroskopowa, która jest elementem czułym umieszczonym w cieczy nazywanym płynem nośnym lub zamiennie cieczą podtrzymującą. Popularnie płyn nośny nazywany jest też elektrolitem, ze względu na jego skład chemiczny. Wszystkie elementy stykające się z elektrolitem pokryte są tworzywem sztucznym, które nie przewodzi prądu elektrycznego i odporne jest na działanie kwasu.

Aby ograniczyć przesunięcia liniowe kuli żyroskopowej umieszczono ją wewnątrz wydrążonej kuli, nazwanej kulą naśladową. Stanowi ona swojego rodzaju klatkę dla kuli żyroskopowej. Przestrzeń między powierzchniami obu kuli jest niewielki i wynosi zaledwie kilka milimetrów. Aby zabezpieczyć płyn nośny przed wylaniem zbiornik płynu od góry przykryto pokrywą nazwaną stolikiem. Zakończenie kuli naśladowej, zwane trzonem, ułożyskowane jest w stoliku, dzięki temu silnik azymutalny poprzez przekładnię może obracać kulę naśladową w płaszczyźnie horyzontalnej. Zbiornik płynu nośnego do obudowy przymocowany jest za pośrednictwem dwóch pierścieni

kardanowych, dzięki którym, podczas przechyłów statku pozostaje on w pionie, zapewniając kuli żyroskopowej jak najlepsze warunki pracy.

Obudowa żyrokompasu zakończona jest podstawą, którą silnie przymocowuje się do pokładu statku.

We współcześnie produkowanych żyrokompasach wyeliminowany został zbiornik płynu, dzięki temu są one lżejsze. Takie rozwiązanie umożliwia też lepsze odprowadzanie ciepła z elektrolitu, które wydziela się podczas pracy żyrokompasu.

Przedstawiony schemat konstrukcji umożliwia także prezentację budowy współczesnych kompasów jednożyroskopowych. W żyrokompasach tych występuje dodatkowy element - zawieszenie kardanowe łączące kulę żyroskopową z kulą naśladową. Płynem nośnym może być olej o określonej lepkości

8.3. Położenie kuli żyroskopowej względem naśladowącej

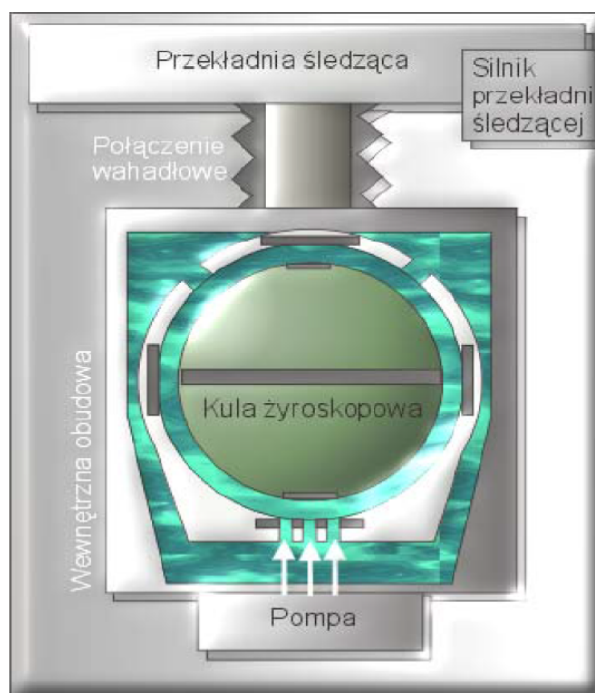
Kula żyroskopowa powinna zajmować centralne-współśrodkowe położenie względem kuli naśladowącej, dopuszczalne są pewne niewielkie przesunięcia, a także chwilowe krótkotrwałe zetknięcia się obu kul, które zachodzą podczas gwałtownych manewrów statku, lub podczas jego ruchu falowania morza.

Utrzymanie kuli żyroskopowej w centralnym położeniu możliwe jest dzięki zastosowaniu dwóch rozwiązań:

- **Równowadze siły wyporu i siły ciężkości kuli.**
- **Zastosowaniu dodatkowych zabezpieczeń.**

Równowaga siły wyporu i ciężkości kuli zależy od gęstości elektrolitu, która z kolei zależy od temperatury elektrolitu. Podczas pracy żyrokompasu temperatura elektrolitu wzrasta ze względu na ciepło, które powstaje przy przepływie prądu, jak i ciepło, które powstaje na wskutek tarcia w łożyskach żyroskopów. Aby osiągnąć położenie obu kul, chociaż zbliżone do stanu równowagi, należy utrzymywać temperaturę płynu nośnego w określonym zakresie, realizowane jest to poprzez chłodzenie elektrolitu, za pomocą nadmuchu powietrza przez wentylator.

Przedstawione rozwiązanie jest niedostateczne, gdyż temperatura elektrolitu ulega pewnym wahaniom, dlatego też w żyrokompasach stosowane są dodatkowe zabezpieczenia. Jednym z nich jest umieszczenie wewnątrz kuli żyroskopowej cewki wydmuchu magnetycznego, która wytwarza poduszkę magnetyczną, przez co nie dopuszcza do zetknięcia się obu kul. Innym rozwiązaniem jest wprowadzenie trzpienia centrującego unieruchamiającego środek kuli żyroskopowej przed przemieszczeniami liniowymi. Na rysunku poniżej przedstawiono budowę kompasu głównego żyrokompasu STANDARD 14 firmy Anschütz.



Rys.3. Przekrój kompasu głównego żyrokompasu STANDARD 14 firmy Anschütz

Żyrokompas ten posiada podstawę sztywno połączoną do kadłuba statku. Obudowa i osłona żyrokompasu są wykonane z tworzywa sztucznego. Zbiornik płynu (wewnętrzna obudowa), w którym znajduje się kula naśladująca zawierająca kulę żyroskopową jest połączona z przekładnią układu naśladującego za pomocą elastycznego zawieszenia wahadłowego. Przy podstawie kompasu znajduje się wentylator. Wyskalowana tarcza kursowa przymocowana do kuli naśladującej. Ogrzewanie i system wentylacji pozwala utrzymywać stałą temperaturę. Górna część kuli naśladującej jest przykryta osłoną z przezroczystą wstawką umożliwiającą odczyt kursu.

W górnej części obudowy wewnętrznej wykonano otwór jest uszczelniony za pomocą wkładki. Wkładka mieści przezroczystą wyskalowaną rurkę umożliwiającą kontrolę poziomu elektrolitu. Do zbiornika w jego dolnej części przymocowana jest pompa ciśnieniowa sprężająca elektrolit, który doprowadzony jest do wielu dysz rozmieszczonych symetrycznie w wielu punktach kuli naśladującej. Strumienie elektrolitu wytryskujące z dysz podtrzymują kulę żyroskopową w położeniu centralnym przy zmianach temperatury elektrolitu, bądź przy gwałtownych ruchach kuli żyroskopowej.

8.4. Budowa kuli żyroskopowej

Kula żyroskopowa jest wytłoczona z blachy mosiężnej i jest hermetycznie zamknięta, często wypełniona jest gazem obojętnym (Rys. 4).



Rys.4. Przekrój poprzeczny kuli żyroskopowej

Wewnątrz kuli żyroskopowej znajduje się zespół dwóch żyroskopów wyznaczających północ. Na powierzchni kuli znajdują się trzy elektrody umożliwiające doprowadzenie prądu do wnętrza kuli, dwie elektrody biegunowe i jedna równikowa.

Kula żyroskopowa umieszczona jest w płynie kompasowym w środku wewnętrznej obudowy stanowi cały system żyroskopowy, czyli system wyznaczający rzeczywistą północ. Płyn żyrokompasowy jest mieszaniną przewodzącą prąd złożona z destylowanej wody, gliceryny i innych dodatków. Właściwą temperaturą elektrolitu jest temperatura 52 stopni Celujesz. Zapewniona jest ona przez system ogrzewania i chłodzenia płynu.

Żyroskopy zainstalowane w hermetycznej kuli wirują wykorzystując dostarczony im prąd. Dzięki ruchowi obrotowemu Ziemi i jej grawitacji powstaje kierunkowa siła, która sprawia, że kula żyroskopowa ustawia się w kierunku linii łączącej bieguny ziemskie. Połączenie dwóch żyroskopów zmniejsza błędy powstające przez wzdłużne i poprzeczne ruchy statku podczas kołysania statku. Obudowa wewnętrzna jest zawieszona na złączu wahadłowym i swobodnie obraca się wokół pionowej osi. Jeśli statek zmienia kurs, elektryczny system śledzący sprawia, że wewnętrzna obudowa odtwarza położenie kuli żyroskopowej w azymucie.

8.5. Doprowadzenie prądu do kuli żyroskopowej

Kula żyroskopowa, w której znajdują się jeden lub dwa żyroskopy zasilane są prądem elektrycznym jednofazowym lub trójfazowym. W związku z koniecznością zapewnienia wysokich obrotów żyrokompasom, np.: 20000 obr/min kula żyroskopowa zasilana jest prądem o podwyższonej częstotliwości (np. 333 Hz).

Prąd do zasilania kuli żyroskopowej wytwarza specjalna przetwornica maszynowa, a we współczesnych żyrokompasach elektroniczna. Doprowadzenie prądu do kuli żyroskopowej

powinno być takie, aby ono nie powodowało żadnych obciążeń mechanicznych kuli. Najczęściej prąd do kuli żyroskopowej doprowadzany jest za pomocą trzech par elektrod rozmieszczonych na kuli żyroskopowej i naśladującej. Do doprowadzenia prądu niezbędny jest przepływ ładunku elektrycznego przez płyn nośny, dlatego przy tych rozwiązaniach płynem tym jest elektrolit.

W większości przypadków elektrolit zawiera następujące składniki:

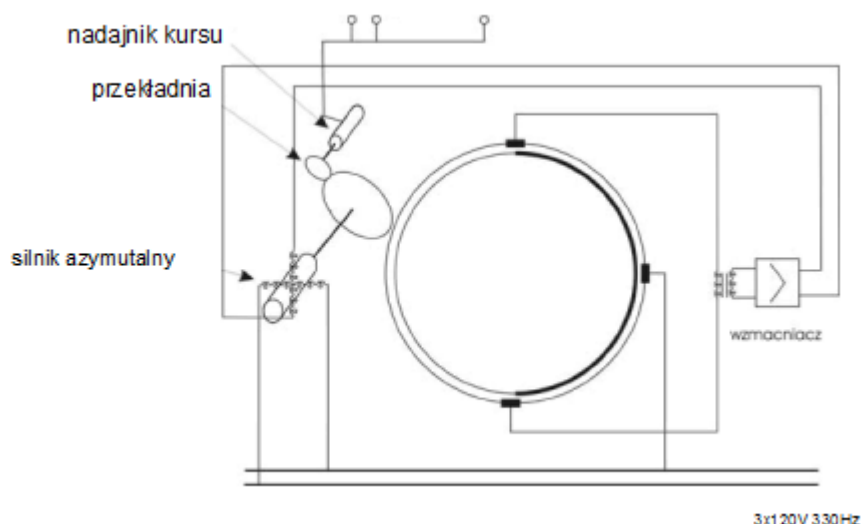
- woda destylowana,
- gliceryna - jest cieczą, która dobrze rozpuszcza się w wodzie, posiada dość duży ciężar właściwy $1,26\text{g/cm}^3$, większy jej udział w elektrolicie podnosi ciężar właściwy elektrolitu i służy do „wyważania” kul o większym ciężarze właściwym. Tak, więc gdy kula opada, należy dodać gliceryny do elektrolitu, gdy kula wypływa do góry, należy dodać wody, w celu obniżenia ciężaru właściwego,
- kwas lub zasada,
- płyn obniżający temperaturę zamarzania elektrolitu,
- dodatkowe specjalne składniki.

W związku z tym, że żyrokompassy mogą pracować przy ujemnych temperaturach zewnętrznych, może dojść do jego uszkodzenia w przypadku wyłączenia z eksploatacji. Aby zabezpieczyć się przed takimi przypadkami, w niektórych żyrokompassach dodaje się składniki obniżające temperaturę zamarzania m.in. alkohol. Dodatkowymi składnikami specjalnie dodawanymi do elektrolitu mogą być związki chemiczne, które niszczą pojawiające się drobnoustroje w organicznych składnikach elektrolitu oraz związki nadające określoną barwę elektrolitowi i poprawiające jego klarowność.

Każda z faz prądu doprowadzana jest za pomocą dwóch elektrod (pary) rozmieszczonych na kuli żyroskopowej i naśladującej. Do doprowadzenia prądu trójfazowego wykorzystano dwie pary elektrod rozmieszczonych na biegunach kul oraz parę elektrod równikowych. Przepływ prądu pomiędzy elektrodami odbywa się poprzez elektrolit, za pośrednictwem cząstek posiadających ładunek elektryczny: anionów i kationów. W związku z zasilaniem kuli żyroskopowej zmiennym prądem elektrycznym cząstki te nie „płyną” a tylko wykonują drgania. Taki sposób doprowadzenia prądu nie powoduje zmiany składu elektrolitu, co ma miejsce w akumulatorach prądu stałego. Elektrolit zachowuje też dużą trwałość.

8.6. Układ naśladujący żyrokompassu

Kurs żyrokompassu możemy bezpośrednio odczytać z kuli żyrokompassu głównego, jednak taki sposób odczytu jest niewygodny i niewystarczający, gdy zachodzi potrzeba przesyłania informacji o kursie do wielu odbiorników m.in. radaru czy autopilota. Problem transmisji danych o kursie żyrokompassu rozwiązuje układ naśladujący żyrokompassu. Schemat układu naśladującego przedstawiono poniżej.



Rys.5. Schemat układu naśladowującego żyrokompasu.

Najważniejszymi elementami tego układu jest kula żyroskopowa i kula naśladowująca. Kula naśladowująca odtwarza położenie kuli żyroskopowej w azymucie. Przy takim rozwiązaniu kula ta może także obracać nadajnik kursu oraz wszystkie do niego dołączone repetytory. Przez cały czas kula żyroskopowa pozostaje nieobciążona. Nazwa kuli naśladowującej pochodzi z jej funkcji, naśladowania-odtworzenia położenia azymutalnego kuli żyroskopowej.

Duże znaczenie w tym układzie ma silnik, który posiada dwa prostopadłe do siebie nawinięte uzwojenia:

- uzwojenie wzbudzenia - stale podłączone jest do zasilania,
- uzwojenie sterujące.

Silnik ten obraca się tylko wtedy, gdy do uzwojenia sterującego podane zostanie napięcie o wartości przekraczającej wartość progową. Silnik ten może obracać się w lewo i w prawo, w zależności od fazy napięcia sterującego. Prędkość obrotowa zależy od wartości napięcia sterującego. W elektrotechnice taki silnik nazywany jest często silnikiem dwufazowym, w automatyce natomiast serwowmotorem, w konstrukcji żyrokompasów nazywany jest silnikiem azymutalnym lub nawrotnym.

Silnik azymutalny poprzez przekładnię obraca kulę naśladowującą oraz nadajnik kursu. Do nadajnika podłączone są repetytory, których liczba może dochodzić nawet do kilkunastu sztuk.

Innym ważnym elementem jest transformator, który posiada dwa uzwojenia: uzwojenie pierwotne i wtórne. Uzwojenie pierwotne składa się z odczepu środkowego, który podłączony jest do jednej z faz, natomiast jego końce dołączone są do elektrod wodzących. Napięcie uzwojenia wtórnego, które jest napięciem sterującym, podane jest na wejście wzmacniacza. Wzmocnione napięcie sterujące jest dołączone na odpowiednie uzwojenie silnika azymutalnego.

8.7. System alarmowy żyrokompasu

Żyrokompasy w czasie pracy kontrolowane są pod względem niezawodności. Niektóre usterki układów żyrokompasów są słabo widoczne dla obsługi, a mogą prowadzić do poważnych błędów nawigacyjnych. Przykładem częstej usterki żyrokompasów może być przekroczenie dopuszczalnej

temperatury elektrolitu, prowadzi ona w konsekwencji do zetknięcia się obu kul, czego następstwem jest znaczny błąd wskazań żyrokompasu. Nawigatorowi jest dość trudno wykryć taki błąd, dlatego konstruktorzy przewidzieli kontrolę temperatury elektrolitu. W przypadku jej przekroczenia uruchamiany jest alarm.

W żyrokompasach kontroli poddawane są najczęściej następujące układy:

- układ chłodzenia żyrokompasu,
- układ naśladujący żyrokompasu,
- doprowadzenie prądu do kuli żyroskopowej.

W następstwie uszkodzenia układu naśladującego wystąpi błąd w przekazywaniu informacji o kursie z kompasu głównego do repetytorów, nawigator najczęściej widzi tylko repetytory, nie jest w stanie stwierdzić tego błędu.

Brak prądu w jednej z faz zasilających kulę żyroskopową prowadzi do zatrzymania żyroskopów, prowadzi to do odejścia osi kuli żyroskopowej od południka i powstawania dużego błędu kursu.

Należy też podkreślić, że brak prądu w którejkolwiek z faz jest często oznaką uszkodzenia kuli, a tym samym konieczności jej wymiany.

W przypadku uruchomienia alarmu awarii należy żyrokompas traktować, jako uszkodzony do momentu jej usunięcia. W tym czasie należy korzystać z innych urządzeń wyznaczających kurs.

Nawigator w czasie podróży powinien zawsze porównywać wskazania żyrokompasu z innymi źródłami, na przykład z kompasem magnetycznym czy systemem GPS. W celu podwyższenia pewności wyznaczania kursu statku, zaleca się instalowania na statkach dwóch żyrokompasów pracujących jednocześnie.

8.8. Wybrane przepisy Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO) i PRS dotyczące żyrokompasów

Przepisy dotyczące żyrokompasów zostały zatwierdzone przez Międzynarodową Organizację Morską (rezolucja A.424(XI)) oraz Polski Rejestr Statków (Przepisy Nadzoru Konwencyjnego Statków Morskich, Część V Urządzenia Nawigacyjne). Według tych przepisów:

- Statki o pojemności brutto 500 i większej zbudowane 1 września 1984 r. lub po tej dacie powinny być wyposażone w żyrokompas spełniający następujące wymagania:
 - 1 główny żyrokompas lub powtarzacz żyrokompasu powinien zapewniać wyraźny odczyt dla sternika przy głównym stanowisku sterowym;
 - 2 na statkach o pojemności brutto 1600 i większej należy zainstalować powtarzacz lub powtarzacze, które powinny być umieszczone w takich dogodnych miejscach, aby zapewnić widoczność przy namierzaniu, na tyle, na ile to praktycznie możliwe, dookoła całego widnokregu w zakresie 360°.
- Statki o pojemności brutto 1600 i większej zbudowane przed 1 września 1984 r., jeżeli odbywają podróże międzynarodowe, powinny być wyposażone w żyrokompas spełniający powyższe wymagania.

Natężenie oświetlenia powinno być regulowane oraz umożliwiać odczyt w każdych warunkach. Według konwencji A.424 (XI) prezentacja kursu róża kompasu powinna być wyskalowana w równych odstępach jednego stopnia lub jego części. Opisy cyfrowe powinny występować, co najmniej, co każde dziesięć stopni, poczynając od 000°, zgodnie z ruchem wskazówek zegara, do 360°.

Przepisy określają również dokładność żyrokompasu. Po włączeniu, w warunkach statycznych, w szerokościach do 60°, kompas powinien ustawić się w czasie nieprzekraczającym 6 godz. Kompas

ustawił się, gdy każde trzy odczyty brane w odstępach dwudziestominutowych zawierają się w przedziale $0,7^\circ$. Dotyczy to przypadku, gdy żyrokompas stoi na poziomej nieruchomej podstawie.

Błąd punktu ustawienia w warunkach statycznych na każdym kursie i dowolnej szerokości geograficznej do 60° nie powinien przekroczyć $\pm 0,75^\circ \times$ sekans szerokości, gdzie wskazania kursu kompasu bierze się, jako średnią z 10 odczytów w odstępach dwudziestominutowych. Wartość średniokwadratowa różnic pomiędzy poszczególnymi odczytami kursu a jego średnią wartością powinna być mniejsza niż $\pm 0,25^\circ \times$ sekans szerokości.

Po włączeniu, w warunkach dynamicznych, w szerokościach do 60° , przy kołysaniu poprzecznym i wzdłużnym prostym ruchem harmonicznym w okresie od 6 do 15 sekund, przy kącie kołysania maksimum 5° i maksymalnym poziomie przyspieszenia $0,22 \text{ m/s}^2$ - kompas powinien ustawić się w czasie nieprzekraczającym 6 godz.

Maksymalna różnica odczytu pomiędzy kompasem głównym i powtarzaczami, przy wszystkich warunkach operacyjnych, nie powinna przekraczać $\pm 0,5^\circ$

Przepisy opisują również konieczność zapewnienia przez producenta środków do korekcy błędów wywołanych ruchem statku - dewiacji szybkościowej oraz zapewnienia automatycznego alarmu do wskazywania większych awarii żyrokompasu. Żyrokompas powinien umożliwiać przekazywanie informacji o kursie do innych urządzeń nawigacyjnych, takich jak radar, radionamiernik i autopilot.

Wszyscy producenci żyrokompasów deklarują zgodność swoich wyrobów z przyjętymi normami międzynarodowymi