



PKBWM

PAŃSTWOWA KOMISJA BADANIA
WYPADKÓW MORSKICH

RAPORT KOŃCOWY

41/19

bardzo poważny wypadek morski

**kutra rybackiego JAS - 57
Magdalena**

**Śmierć członka załogi kutra rybackiego wskutek
porażenia prądem**

Kwiecień 2020



Badanie bardzo poważnego wypadku śmierci członka załogi kutra rybackiego JAS - 57 Magdalena prowadzone było na podstawie ustawy z dnia 31 sierpnia 2012 r. o Państwowej Komisji Badania Wypadków Morskich (t.j. Dz. U. z 2019 r. poz. 1374) oraz uzgodnionych w ramach Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO) norm, standardów i zalecanych metod postępowania, wiążących Rzeczpospolitą Polską.

Zgodnie z przepisami wyżej wymienionej ustawy celem badania wypadku lub incydentu morskiego jest ustalenie okoliczności i przyczyn jego wystąpienia dla zapobiegania wypadkom i incydentom morskim w przyszłości oraz poprawy stanu bezpieczeństwa morskiego.

Państwowa Komisja Badania Wypadków Morskich nie rozstrzyga w prowadzonym przez siebie badaniu o winie lub odpowiedzialności osób uczestniczących w wypadku lub incydencie morskim.

Niniejszy raport nie może stanowić dowodu w postępowaniu karnym albo innym postępowaniu mającym na celu ustalenie winy lub odpowiedzialności za spowodowanie wypadku, którego raport dotyczy (art. 40 ust. 2 ustawy o PKBWM).

Państwowa Komisja Badania Wypadków Morskich

Pl. Stefana Batorego 4, 70-207 Szczecin

tel. +48 91 44 03 290, tel. kom. +48 664 987 987

e-mail: pkbwm@mgm.gov.pl

www.pkbwm.gov.pl

**Spis treści**

1. Fakty	3
2. Informacje ogólne	4
2.1. Dane statku	4
2.2. Informacje o podróży statku	5
2.3. Informacje o wypadku lub incydencie morskim	5
2.4. Informacje o zaangażowanych podmiotach z lądu i działaniach ratowniczych	5
3. Opis okoliczności wypadku	6
4. Analiza i uwagi dotyczące czynników, które przyczyniły się do wypadku lub incydentu morskiego z uwzględnieniem wyników badań i ekspertyz	7
4.1. Czynniki mechaniczne	10
4.2. Czynniki ludzkie	13
4.3. Czynniki organizacyjne	14
4.4. Wpływ czynników zewnętrznych, w tym związanych ze środowiskiem morskim, na zaistnienie wypadku morskiego	15
5. Opis wyników przeprowadzonego badania, w tym kwestii dotyczących bezpieczeństwa i wniosków wynikających z badania	15
5.1. Opis przebiegu wypadku	15
5.2. Przyczyny wypadku	17
5.3. Pozostałe wnioski	18
6. Zalecenia dotyczące bezpieczeństwa	19
6.1. Klasyfikator – Polski Rejestr Statków S.A. z siedzibą w Gdańsku	19
7. Spis zdjęć	20
8. Spis rysunków	20
9. Źródła informacji	21
10. Powiadomienie o wypadku,	21
11. Skład zespołu badającego wypadek	21
12. Załączniki	22
12.1. Załącznik nr 1 Opis instalacji elektrycznej kutra	22
12.2. Załącznik nr 2 Porażenie prądem szypra JAS 57 w dniu 11 lipca 2019 r.	26
12.3. Załącznik nr 3 Zasilacz Awaryjny dużej mocy Power Sinus 3000 24V	28



1. Fakty

W dniu 28.05.2019 r. o godz. 22:30 kuter JAS 57 Magdalena z czterema członkami załogi zacumował przy nabrzeżu Duńskim w porcie Władysławowo. W ładowni kutra znajdowało się 30 skrzynek dorsza. Z uwagi na planowany wyładunek ryby następnego dnia w południe, została podjęta decyzja o uruchomieniu systemu schładzania ładowni. Po podłączeniu zasilania z lądu o napięciu 400 V z szafki energetycznej na nabrzeżu nie udało się uzyskać zasilania na kutrze z uwagi na zadziałanie wyłącznika różnicowo-prądowego. Próba podłączenia bezpośredniego zasilania przetwornicy prądem o napięciu 230 V ze skrzynki energetycznej na nabrzeżu, przy użyciu przedłużacza, skończyła się porażeniem motorzysty dokonującego tej próby. Mimo podjęcia natychmiastowej akcji reanimacyjnej i kontynuowania jej przez ponad godzinę nie udało się uratować poszkodowanego. W dniu 29.05.2019 r. o godz. 01:12 lekarz stwierdził zgon motorzysty.

W dniu 11 lipca 2019 r. Komisja otrzymała informację o podobnym zdarzeniu jakie miało miejsce na kutrze JAS 57 Magdalena w porcie w Jastarni. W czasie próby podłączenia bezpośredniego zasilania przetwornicy przy użyciu przedłużacza, porażony został szyper kutra. Porażenie spowodowało u poszkodowanego jedynie krótkotrwały bolesny skurcz mięśni przedramienia¹.

Przyczyny porażień w obu przypadkach były takie same i w związku z tym opisane zostały w jednym raporcie.

¹ Zdarzenie porażenia na kutrze JAS 57 Magdalena w dniu 11 lipca 2019 r. zostało zarejestrowane w bazie wypadków PKBWM pod numerem WIM 72/19.

2. Informacje ogólne



Zdjęcie nr 1 Kuter JAS 57 Magdalena

2.1. Dane statku

Nazwa statku:	JAS – 57 Magdalena
Bandera:	polska
Rok budowy:	1965/2017
Stocznia:	Szczecińska Stocznia Remontowa
Właściciel:	osoba prywatna
Armator:	osoba prywatna
Instytucja klasyfikacyjna:	PRS S.A.
Typ statku:	kuter rybacki
Sygnal rozpoznawczy:	SPG 2599
Pojemność brutto (GT):	40
Długość całkowita:	20,60 m
Szerokość:	5,20 m
Zanurzenie:	2,13 m



Moc maszyn:	448 kW (Caterpillar Inc., 1/3176) ograniczona do 265 kW
Materiał z jakiego jest zbudowany kadłub:	stal
Minimalna obsada załogowa:	3

2.2. Informacje o podróży statku

Port :	Władysławowo
Rodzaj żeglugi:	postój w porcie
Informacja o ładunku (ilość, rodzaj):	30 skrzynek dorsza w ładowni
Informacja o załodze (liczba, narodowość):	4 Polaków
Informacja o pasażerach (liczba, narodowość):	brak

2.3. Informacje o wypadku lub incydencie morskim

Rodzaj wypadku:	bardzo poważny wypadek morski
Data i czas zdarzenia:	29.05.2019 r ok. godz. 00:05 ² LT
Pozycja geograficzna w czasie zdarzenia:	port Władysławowo
Rejon geograficzny zajścia zdarzenia:	port Władysławowo Morze Bałtyckie
Charakter akwenu:	wody portowe
Pogoda w trakcie zdarzenia:	brak falowania, kierunek wiatru W – 4°B, widzialność dobra, temperatura powietrza + 12°C
Stan eksploatacyjny statku w trakcie zdarzenia:	postój przy nabrzeżu
Miejsce wypadku na statku:	pokład główny PB ³ wyjście z nadbudówki
Skutki wypadku :	śmiertelne porażenie prądem członka załogi

2.4. Informacje o zaangażowanych podmiotach z lądu i działaniach ratowniczych

Elektryk obsługi energetycznej firmy Szkuner o godz. 00:05 powiadomił dysponenta portu (Serwis Szkuner) o wypadku na JAS 57 i konieczności wezwania pogotowia ratunkowego. Informacja ta została przekazana na kanale 10 UKF do bosmana portu, który wezwał pogotowie ratunkowe. Informacja o wypadku otrzymana z nasłuchu radiowego na statku ratowniczym Bryza została przekazana do Morskiego Ratowniczego Centrum Koordynacyjnego w Gdyni. MRCK polecił BSR⁴ Władysławowo udać się na miejsce akcji i udzielić pomocy. Zespół Ratownictwa

² Wszystkie czasy zdarzeń podane są w czasie lokalnym (LT)

³ PB – prawa burta

⁴ BSR – Brzegowa Stacja Ratownicza

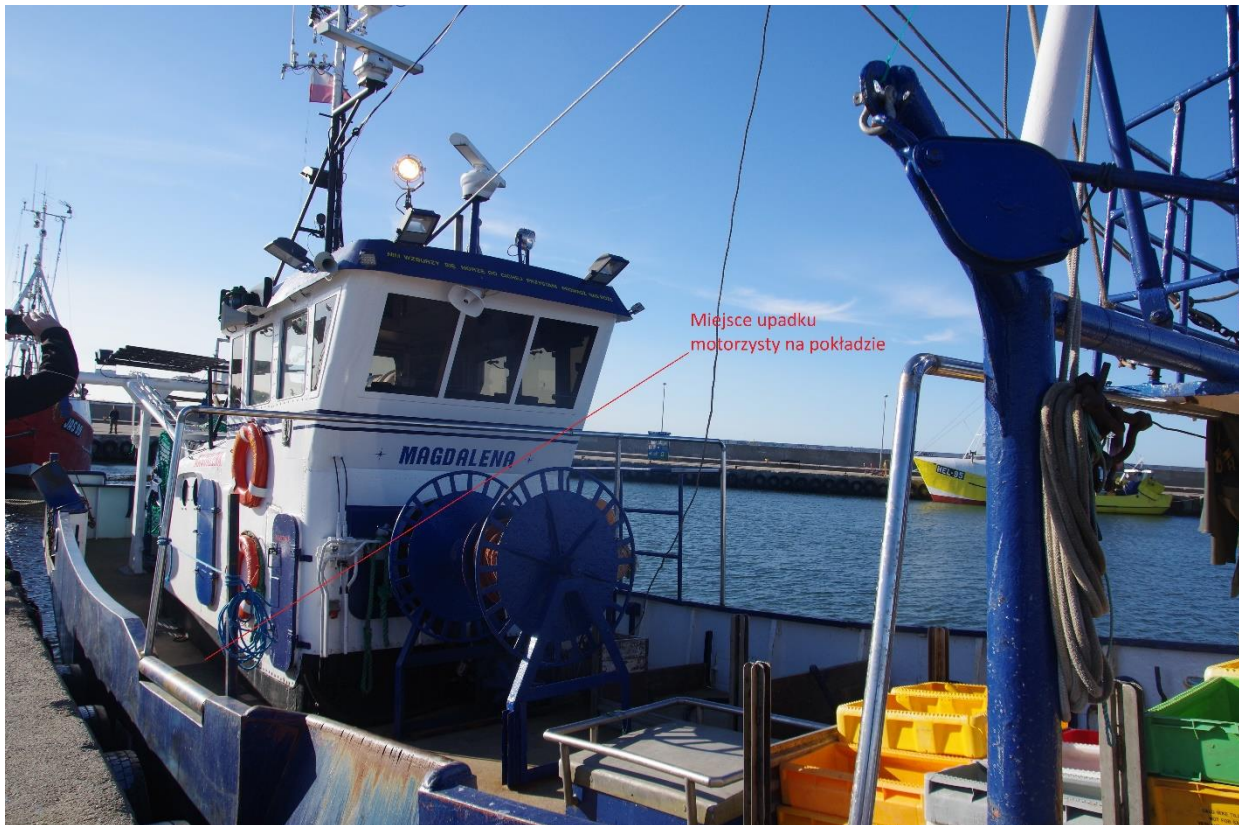


Medycznego wezwany przez bosmana portu Władysławowo przybył na miejsce ok. 00:15 i podjął resuscytację krążeniowo-oddechową poszkodowanego zastępując członków załogi, którzy prowadzili do tego czasu reanimację poszkodowanego. BSR WŁA po dotarciu w pobliże kutra włączył się do akcji wspomagając ratowników pogotowia. O godz. 00:51 na nabrzeże przybył drugi Zespół Ratownictwa Medycznego z lekarzem, który o godz. 01:12 stwierdził zgon motorzysty.

3. Opis okoliczności wypadku

W dniu 28 maja 2019 r. o godz. 22:30 kuter JAS 57 Magdalena z czteroosobową załogą wszedł do portu Władysławowo i zacumował PB przy nabrzeżu Duńskim. W ładowni znajdowało się 30 skrzynek dorsza, który miał zostać wyładowany we Władysławowie. Po uzyskaniu informacji, że zdanie dorsza nastąpi w południe następnego dnia, armator będący w tym dniu również członkiem załogi, wraz z szyprem podjęli decyzję o uruchomieniu instalacji schładzającej ładownię. Do podłączenia zasilania 400V z lądu został użyty kabel dostarczony na burtę kutra przez motorzystę, który przyjechał w tym celu z Jastarni. W międzyczasie, w oczekiwaniu na kabel zasilający, załoga uporządkowała pokład kutra a następnie pokład i szoty⁵ nadbudówki zostały zmyte słodką wodą. Po podłączeniu kabla do skrzynki zasilającej na nabrzeżu i do gniazda ulokowanego w części dziobowej nadbudówki kutra stwierdzono brak zasilania. Wezwany dyżurny elektryk obsługi energetycznej firmy Szkuner po sprawdzeniu przyczyny braku zasilania poinformował załogę kutra o zadziałaniu wyłącznika różnicowo-prądowego. Kilkakrotne próby podania zasilania z lądu były nieudane z uwagi na każdorazowe zadziałanie ww. wyłącznika. Mimo braku zasilania z lądu pomieszczenia jednostki i pokłady były oświetlone korzystając z zasilania akumulatorowego i przetwornicy statkowej. Po serii nieudanych prób podłączenia zasilania z lądu szypier z armatorem zdecydowali, że udadzą się do domu odpocząć i powrócą rano w celu umieszczenia złowionej ryby w łodzi. Przygotowując się do opuszczenia jednostki przebywali na mostku, podczas gdy motorzysta wszedł do maszynowni, podpiął przedłużacz dwużyłowy do kabla zasilającego przetwornicy i ze zwiniętym przewodem przedłużacza udał się na pokład aby podłączyć go do gniazda zasilającego 230 V w skrzynce na nabrzeżu. W tym czasie elektryk z serwisu firmy Szkuner, przy włączonym kablu zasilającym jednostkę, zamknął i zabezpieczył skrzynkę energetyczną. Ok. 00:05 dnia 29 maja 2019 r. rozległ się głośny krzyk, a następnie elektryk usłyszał odgłos jakby upadku dochodzący z pokładu kutra. Ze swego miejsca nie widział pokładu zasłoniętego nadburciem.

⁵ Boczne ściany nadbudówki



Rysunek nr 1 Miejsce upadku uszkodzonego na pokładzie

Słyszając krzyk członkowie załogi znajdujący się na mostku wybiegli na pokład i zauważyli motorzystę leżącego pomiędzy nadbudówką, a burtą przy wyjściu z maszynowni. Poszkodowany trzymał w ręku zwój przewodu przedłużacza. Armator wyrwał przewód z rąk poszkodowanego i odrzucił na pokład. Szyper widząc oznaki początkowo tracenia oddechu i przytomności, a następnie braku oddechu i akcji serca przystąpił do reanimacji motorzysty. Armator polecił elektrykowi wezwanie pomocy, a sam włączył się do reanimacji. Przybyły po ok. 10 minutach zespół ratownictwa medycznego przejął ratowanie poszkodowanego. Do udziału w akcji włączyli się członkowie SAR wspomagając ratowników pogotowia ratunkowego. O godz. 01:12 lekarz stwierdził zgon motorzysty.

4. Analiza i uwagi dotyczące czynników, które przyczyniły się do wypadku lub incydentu morskiego z uwzględnieniem wyników badań i ekspertyz

JAS 57 Magdalena to kuter rybacki typu STOREM 4 B, który został zbudowany w 1965 r. w Szczecińskiej Stoczni Remontowej. W latach 2016-2017 została przeprowadzona znacząca przebudowa jednostki, w tym m. in. częściowa zmiana nadbudówki ze stalowej na aluminiową i znaczna rekonstrukcja części rufowej.



Zdjęcie nr 2 Przebudowa kutra JAS 57 w 2016 r. (autor A. Dubowicz)



Zdjęcie nr 3 Zmiana nadbudówki na kutrze JAS 57

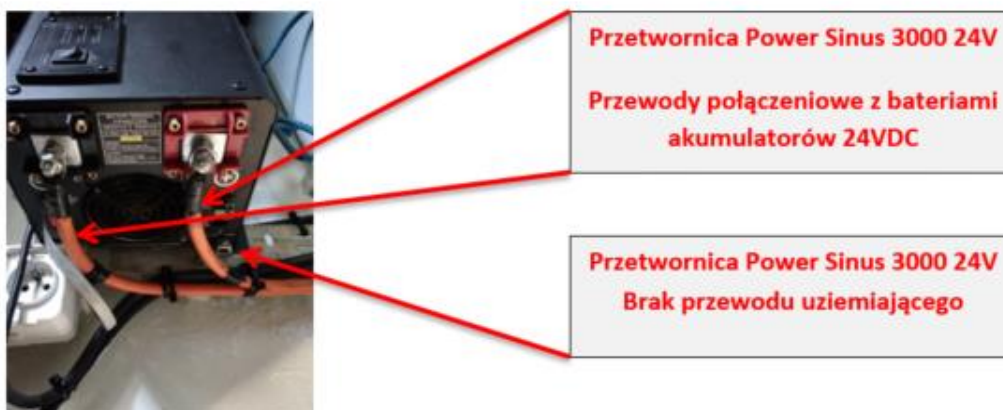


W trakcie przebudowy zmieniona została instalacja elektryczna na kutrze, w tym również zainstalowano nową przetwornicę. Opis instalacji elektrycznej kutra zamieszczono w załączniku nr 1. Kuter był eksploatowany przez większą część roku jako statek rybacki do połowu ryb, a w okresach przerw w połowach, w porze letniej, służył do przewozu pasażerów po wodach Zatoki Gdańskiej. W dniu 11 lipca 2019 r. po zakończonym dniu przewozów pasażerskich na trasie Jastarnia – Hel - Jastarnia i zacumowaniu kutra na stałym miejscu postoju w porcie Jastarnia, szyper zamierzał dokonać podłączenia zasilania elektrycznego kutra do dostępnego na nabrzeżu przyłącza energetycznego przy użyciu zwijanego przedłużacza z jednofazowym kablem ($2 \times 1 \text{ mm}^2$) zakończonym z jednej strony wtyczką, a z drugiej strony zespołem 4 gniazd. Po wyjściu z kablem z pomieszczenia maszynowni na pokład został porażony. Szyper zdażył odrzucić kabel na pokład uwalniając się od źródła porażenia. Szczegółowy przebieg zdarzenia zamieszczono w załączniku nr 2. Z uwagi na fakt, że oba przypadki porażenia wiązały się z próbą podłączenia zasilania z lądu bezpośrednio poprzez przetwornicę, Komisja podjęła decyzję o demontażu przetwornicy z kutra i poddaniu jej badaniom. Opis przetwornicy i wyniki przeprowadzonych badań zamieszczono w załączniku nr 3.

4.1. Czynniki mechaniczne

Dokonując analizy przyczyn zaistniałych wypadków w pierwszej kolejności dokonano oceny stanu przedłużaczy, które były używane w obu przypadkach z zamiarem podłączenia przetwornicy bezpośrednio do gniazda zasilającego 230 V 50Hz na lądzie. Wyniki oceny stwierdzały, że ww. kable przyłączeniowe były w dobrym stanie i nie były one przyczyną porażenia prądem obu poszkodowanych.

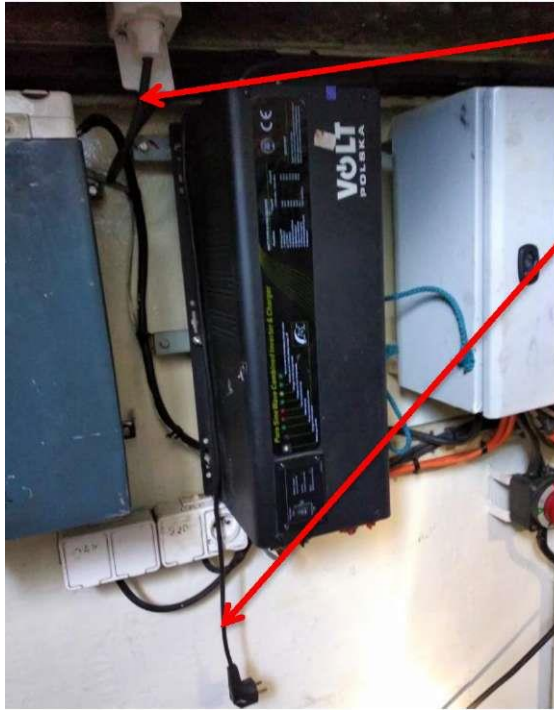
Po zdemontowaniu z jednostki przetwornicy Power Sinus 3000 24V poddano ją badaniu, w warunkach zbliżonych do tych jakie panowały na kutrze, na możliwość wygenerowania na obudowie lub zaciskach zasilających niebezpiecznego napięcia elektrycznego prowadzącego do porażenia prądem elektrycznym członka załogi. Wyniki badania jednoznacznie wykazały brak takiej możliwości. Komisja stwierdziła jednocześnie, że przetwornica nie była prawidłowo uziemiona, została zainstalowana w pomieszczeniu, które nie spełnia wymagań określonych w Instrukcji obsługi urządzenia, a ponadto samo urządzenie nie spełniało wymagań klasyfikatora i jako takie nie powinno być zainstalowane na burcie statku.



Rysunek nr 2 Połączenie baterii akumulatorów z przetwornicą

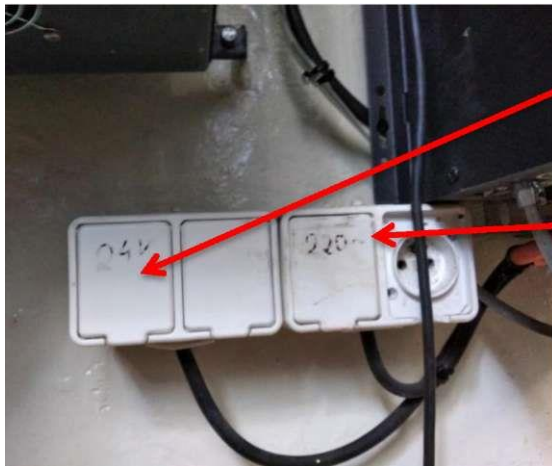
Wykonanie elementów instalacji elektrycznej umożliwiało popełnianie błędów i pomyłek w czasie jej eksploatacji. Wynikało to z braku aktualnych rysunków/schematów połączeń elementów instalacji elektrycznej. Część okablowania instalacji nie była przymocowana na stałe. Występowały braki jednoznacznego oznakowania i opisu przeznaczenia elementów obwodów elektrycznych. Gniazda elektryczne o różnych parametrach elektrycznych (230VAC / 24VDC) były tego samego typu. Instalacja przetwornicy, poza brakiem uziemienia, umożliwiała dostępność do części przewodzących prąd elektryczny. Nie zapewniono tym samym zabezpieczenia obwodów elektrycznych przed dotykiem bezpośrednim.

Instalacja elektryczna została wykonana niezgodnie z normą PN-HD 60364-4-41:2009 dotyczącą instalacji elektrycznych niskiego napięcia, ochrony dla zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony przed porażeniem elektrycznym.



Instalacja przewodów elektrycznych,
brak mocowania przewodów i
jednoznacznych oznaczeń, możliwość
błędnych połączeń

Rysunek nr 3 Instalacja przewodów elektrycznych



Gniazda 24VDC, Gniazda 230VAC

Gniazda są tego samego typu,
możliwość błędnych połączeń

Rysunek nr 4 Instalacja gniazd elektrycznych 24VDC i 230VAC

W opinii Komisji jednym z kluczowych czynników w badanym wypadku był stan izolacji instalacji elektrycznej kutra. Zgodne informacje wszystkich świadków potwierdzają, że kilkukrotne próby załączenia zasilania 440 V 50Hz z lądu we Władysławowie kończyły się negatywnie z uwagi na zadziałanie wyłącznika różnicowo - prądowego. Zakładano wówczas, że obniżenie rezystancji izolacji dotyczy tylko instalacji chłodni. Faktycznie występowały też inne miejsca wskazujące na możliwość obniżenia stanu izolacji instalacji. Przykładem mogło być nieprawidłowe zainstalowanie lampy świetlówkowej.



Zdjęcie nr 3 Rozdzielnica chłodni



Zdjęcie nr 4 Lampa świetlówkowa

4.2. Czynniki ludzkie

Poszkodowany członek załogi posiadał ważne świadectwo motorzysty wachtowego od 2011 r. i ważne świadectwo starszego rybaka rybołówstwa morskiego od 2017 r. W zakres jego uprawnień wchodziła m.in. obsługa urządzeń elektrycznych znajdujących się na kutrze, w tym podłączanie zasilania z lądu. Istotnym elementem związanym z przygotowaniem do obsługi instalacji elektrycznych jest fakt, że program szkolenia w zakresie elektrotechniki i elektroniki



okrętowej dla motorzysty wachtowego⁶ obejmuje 7 godzin wykładów, w tym zasad bezpiecznej pracy z urządzeniami elektrycznymi na statku.

W dniu wypadku, z uwagi na złe samopoczucie motorzysta pozostał w domu i nie uczestniczył w połowach. Żeby pomóc załodze uruchomić instalację chłodniczą ładowni przyjechał z Jastarni do Władysławowa aby podłączyć zasilanie kutra z łądu przywiezionym kablem zasilającym. Dodatkowym czynnikiem był pośpiech wynikający zarówno z późnej pory, jak również nieudanej próby podłączenia zasilania kutra do zasilania 400V 50Hz z przyłącza energetycznego na nabrzeżu.

4.3. Czynniki organizacyjne

Nadzór instytucji klasyfikacyjnej nad przebudową kutra w zakresie wykonanych prac elektrycznych ograniczył się do przyjęcia oświadczenia wykonawcy tych prac, posiadającego ważne uprawnienia PRS, o ponownym zamontowaniu instalacji elektrycznej bez zmian, pomimo dokonania wymiany okablowania, urządzeń i zmian w układzie połączeń. Wykonawca nie sporządził projektu istotnych zmian w instalacji elektrycznej na kutrze i nie przedstawił go do oceny i zatwierdzenia przez klasyfikatora, mimo takiego wymogu zawartego w przepisach PRS. Tym samym pozbawił klasyfikatora możliwości wczesnej reakcji na ewentualne błędy w montowanej instalacji elektrycznej.

Armator, szyper kutra ani klasyfikator nie otrzymali schematów elektrycznych instalacji elektrycznej zamontowanej po przebudowie nadbudówki. Nie została też opracowana przez wykonawcę instalacji instrukcja bezpiecznej obsługi zamontowanej przetwornicy.

Szczegółowa analiza sposobu zasilania elektrycznego kutra, w szczególności sposobu zasilania z łądu wskazuje, że do wypadku nie doszłoby, gdyby załoga podłączała zasilanie elektryczne jednostki tylko poprzez przeznaczone do tego gniazdo zasilania z łądu. Wówczas, pozycje wyłączników, stanowiących zabezpieczenia nadprądowe obwodów zasilania i odbiorów energii elektrycznej, byłyby w takich położeniach, które odłączają galwanicznie odbiory 230VAC od obwodu wyjściowego przetwornicy. Przetwornica nieobciążona nie przechodziłaby do stanu pracy inwerterowej, nie wytwarzałaby napięcia 230V, co nawet w sytuacji jej uszkodzenia nie spowodowałoby porażenia prądem członków załogi JAS 57.

⁶ Załącznik nr 1 do rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju w sprawie ramowych programów szkoleń i wymagań egzaminacyjnych dla marynarzy działu maszynowego (tj. Dz.U. z 2017 r. poz. 775)



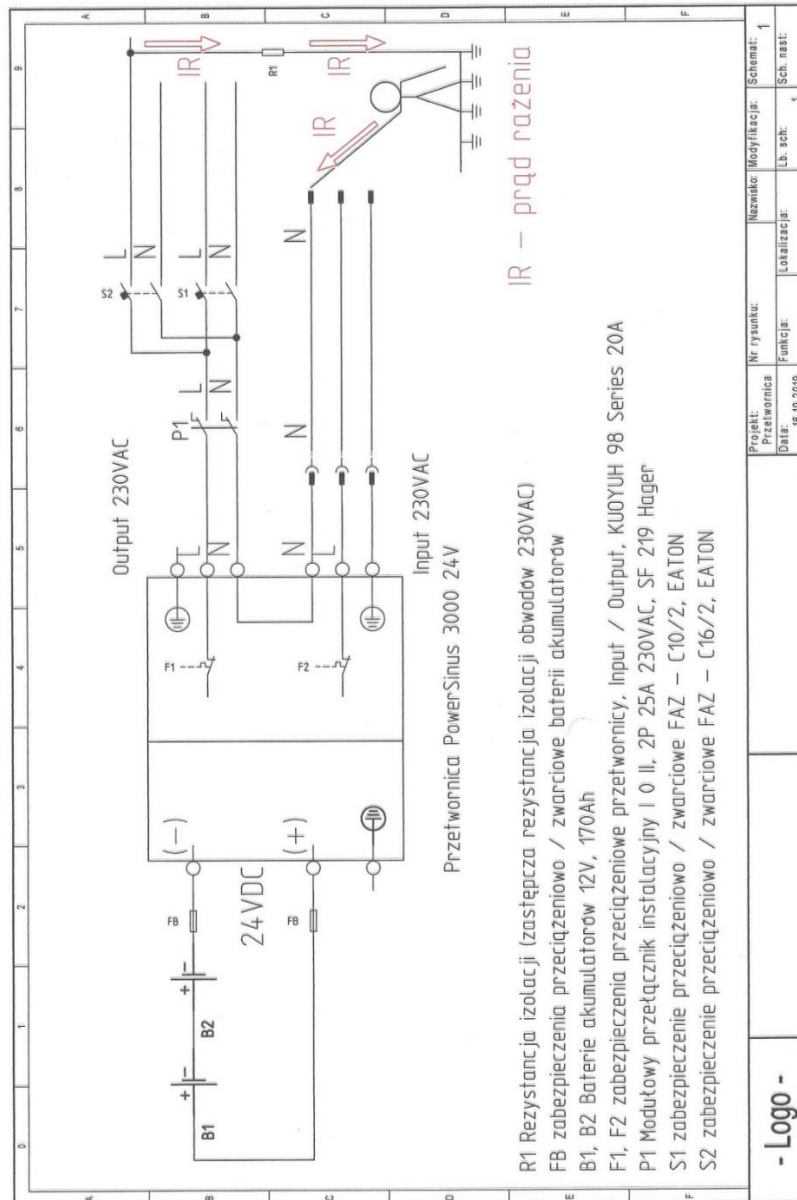
4.4. Wpływ czynników zewnętrznych, w tym związanych ze środowiskiem morskim, na zaistnienie wypadku morskiego

Wypadek wydarzył się podczas postoju jednostki w porcie, zacumowanej do nabrzeża. Pomieszczenia wewnętrzne kutra i pokłady były należycie oświetlone. Jednym z czynników, które miały związek z wypadkiem był mokry pokład i nadbudówka oraz mokra mata leżąca przy wyjściu z maszynowni na pokład mająca zabezpieczyć osoby wychodzące z nadbudówki przed poślizgiem. Dodatkowym czynnikiem była późna pora wykonywania prac przyłączeniowych.

5. Opis wyników przeprowadzonego badania, w tym kwestii dotyczących bezpieczeństwa i wniosków wynikających z badania

5.1. Opis przebiegu wypadku

Komisja ustaliła następujący przebieg wypadku porażenia prądem ze skutkiem śmiertelnym motorzysty na kutrze JAS 57 zobrazowany na rysunku nr 5.



Rysunek nr 5 Porażenie prądem członka załogi – schemat ideowy

W sytuacji braku możliwości podania zasilania z lądu przy użyciu dedykowanego kabla zasilającego podłączonego do gniazda energetycznego 400V na nabrzeżu, uszkodzony podjął próbę bezpośredniego podłączenia zasilania 230V z lądu do przetwornicy statkowej.

Po załączeniu (zamierzonym lub przypadkowym) przetwornicy do pracy w trybie Power Saver Off, poprzez przełączenie przełącznika na obudowie przetwornicy lub przełączeniu przełącznika na panelu LCD znajdującym się na mostku kutra, przetwornica rozpoczęła pracę w trybie inwerterowym. Wytworzyła ona prawidłowo napięcie na swoich zaciskach wyjściowych (Output 230V) 230V, 50Hz. Załączony wyłącznik wyboru rodzaju zasilania 230V na mostku do pozycji



przetwornica (rys. nr 9) spowodował podanie zasilania do uszkodzonych obwodów 230V. Uszkodzona izolacja obwodów elektrycznych spowodowała pojawienie się napięcia fazowego oznaczonego „L” na konstrukcji stalowo – aluminiowej kutra.

W tym samym czasie członek załogi przenosił kabel podłączony do zacisków wejściowych przetwornicy. Po wyjściu z maszynowni na pokład dotknął dłonią jednego z biegunów wtyczki, nie osłoniętego bolca wtyczki połączonego z zaciskiem „N” przetwornicy. W tym czasie stał na mokrej macie leżącej na pokładzie przed wyjściem z maszynowni. Uszkodzona izolacja instalacji elektrycznej kutra spowodowała, że członek załogi został porażony prądem elektrycznym.

Prąd rażenia popłynął przez ciało poszkodowanego zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku . Wartość prądu rażenia IR, który popłynął przez ciało poszkodowanego, wynikała z pełnego napięcia przemiennego wytworzonego przez przetwornicę (230V, 50Hz), rezystancji izolacji R1 oraz rezystancji przejścia przez ciało poszkodowanego.

Prąd rażenia nie był ograniczony przez zabezpieczenia F1 ani S2, bo w obu przypadkach są to zabezpieczenia przeciążeniowe - zwłoczne, o prądach znamionowych 20A i 16A.

Drugi przypadek porażenia na kutrze JAS 57 miał taki sam przebieg, z tym, że poszkodowany stał na suchym pokładzie, pokrytym gumą. Prąd rażenia popłynął od dłoni (poszkodowany również trzymał w dłoniach wtyczkę przedłużacza) do barku. Poszkodowany barkiem dotknął się o stalową framugę drzwi prowadzących z siłowni kutra na pokład, kiedy wychodził z siłowni jednostki.

Fakt obniżonej rezystancji izolacji urządzeń kutra zasilanych z instalacji 230V potwierdza przebieg zdarzeń w czasie pierwszego wypadku. Świadcowie zdarzenia potwierdzali wielokrotne zadziałanie zabezpieczeń różnicowo - prądowych na nabrzeżu portu rybackiego we Władysławowie, kiedy załączano zasilanie kutra do sieci elektrycznej. Zadziałanie tego typu zabezpieczeń wskazuje, że uszkodzona była izolacja instalacji elektrycznej jednostki.

5.2. Przyczyny wypadku

Po przeprowadzonej analizie Komisja uznała, że przyczyną śmiertelnego wypadku motorzysty kutra JAS 57 Magdalena w dniu 29 maja 2019 r. podczas postoju w porcie Władysławowo było porażenie prądem będące skutkiem splotu czterech elementów:

- niewłaściwie wykonanej instalacji elektrycznej;
- braku dokumentacji powykonawczej zmienionej instalacji elektrycznej i instrukcji obsługi przetwornicy dla załogi;



- niedopuszczalnego uszkodzenia instalacji elektrycznej polegającego na obniżeniu rezystancji izolacji urządzeń elektrycznych zasilanych z obwodów 230V, 50Hz;
- próby podłączenia przez uszkodzowanego zasilania z lądu bezpośrednio poprzez przetwornicę przy braku świadomości o istniejących zagrożeniach związanych z istniejącą instalacją elektryczną.

Ponadto do wypadku przyczyniły się:

- niewystarczający nadzór instytucji klasyfikacyjnej nad przebudową jednostki w części dotyczącej dokonanych zmian instalacji elektrycznej, zwłaszcza zamontowaniu nowych urządzeń nie posiadających uznania, braku dokumentacji powykonawczej i instrukcji dla załogi;
- ograniczony zakres szkolenia w zakresie elektrotechniki i elektroniki okrętowej załogi maszynowej na statkach rybackich, zwłaszcza gdy motorzysta wachtowy jest jedynym członkiem załogi maszynowej i obsługuje wszystkie urządzenia elektryczne na jednostce;
- późna pora oraz zmęczenie całej załogi lub złe samopoczucie w przypadku jednego z uszkodzonych.

5.3. Pozostałe wnioski

Komisja dodatkowo uznała, że w sytuacji kiedy przygotowanie merytoryczne załogi maszynowej do bezpiecznej obsługi urządzeń elektrycznych jest ograniczone, szczególna odpowiedzialność za bezpieczeństwo statku i załogi ciąży na instytucji klasyfikacyjnej i wykonawcach usług elektrycznych, zwłaszcza posiadających określone uprawnienia nadane przez klasyfikatora.

Podczas dodatkowej wizyty zespołu badającego wypadek na kutrze w dniu 6 lutego 2020 r. stwierdzono, że została zamontowana nowa przetwornica, dokonano napraw instalacji oraz dodatkowo zainstalowano urządzenie do pomiaru stanu izolacji instalacji elektrycznej kutra.



Zdjęcie nr 5 Nowe urządzenia zainstalowane na kutrze JAS 57

Uznając działania armatora wykonane pod nadzorem klasyfikatora i Państwowej Inspekcji Pracy za wystarczające Komisja odstąpiła od wydania zaleceń w tym zakresie.

6. Zalecenia dotyczące bezpieczeństwa

Państwowa Komisja Badania Wypadków Morskich uznała za uzasadnione skierowanie zaleceń dotyczących bezpieczeństwa, stanowiących propozycję działań, które mogą przyczynić się do zapobieżenia podobnemu wypadkowi w przyszłości, do klasyfikatora jednostki:

6.1. Klasyfikator – Polski Rejestr Statków S.A. z siedzibą w Gdańsku

Komisja zaleca:

- Zapoznanie pracowników z niniejszym raportem;
- Dokonanie analizy i ewentualnej zmiany przepisów dotyczących instalacji elektrycznych na małych statkach morskich biorąc pod uwagę ograniczoną obsadę oraz wiedzę i doświadczenie załóg na małych jednostkach;
- Przeprowadzenie oceny zasad wydawania firmom uprawnień PRS oraz monitorowania wykonywanych prac;
- Dokonanie w ramach istniejącego systemu przeglądów dodatkowej weryfikacji istniejącej instalacji elektrycznej na małych statkach morskich na zgodność z wymaganiami PRS.



7. Spis zdjęć

Zdjęcie nr 1 Kuter JAS 57 Magdalena.....	4
Zdjęcie nr 2 Przebudowa kutra JAS 57 w 2016 r. (autor A. Dubowicz)	8
Zdjęcie nr 3 Rozdzielnica chłodni.....	13
Zdjęcie nr 4 Lampa świetlówkowa	13
Zdjęcie nr 5 Nowe urządzenia zainstalowane na kutrze JAS 57	19
Zdjęcie nr 6 Panel dystrybucji zasilania 24 VDC	22
Zdjęcie nr 7 Baterie akumulatorów	23
Zdjęcie nr 8 Przełącznik wyboru baterii rozruchowej	24
Zdjęcie nr 9 Gniazdo zasilania z lądu	24
Zdjęcie nr 10 Przetwornica Power Sinus 3000 24V	30
Zdjęcie nr 11 Tabliczka znamionowa przetwornicy	30
Zdjęcie nr 12 Układ pomiarowy	33
Zdjęcie nr 13 Baterie akumulatorów do testów	34
Zdjęcie nr 14 Wyniki Tryb pracy Power Saver Auto, U wej=230VAC, Uwyj=230V, 50Hz	36
Zdjęcie nr 15 Wyniki Tryb pracy Power Saver Auto, U wej=0VAC, Uwyj=Variable	37
Zdjęcie nr 16 Wyniki Tryb pracy Power Saver Off, U wej=0VAC, Uwyj=230V, 50Hz.....	39

8. Spis rysunków

Rysunek nr 1 Miejsce upadku uszkodzonego na pokładzie.....	7
Rysunek nr 2 Połączenie baterii akumulatorów z przetwornicą	11
Rysunek nr 3 Instalacja przewodów elektrycznych	12
Rysunek nr 4 Instalacja gniazd elektrycznych 24VDC i 230VAC	12
Rysunek nr 5 Porażenie prądem członka załogi – schemat ideowy.....	16
Rysunek nr 6 Przyłącze energetyczne, port Włocławkowo	25
Rysunek nr 7 Zabezpieczenie obwodu gniazda 32 A zasilające kuter w dniu wypadku	25
Rysunek nr 8 Przetwornica Power Sinus 3000 24V	26
Rysunek nr 9 Tablica rozdzielcza na mostku.....	28
Rysunek nr 10 Podłączanie przetwornicy do zasilania z lądu	31
Rysunek nr 11 Schemat ideowy do analizy pracy przetwornicy	33



9. Źródła informacji

Materiały i dokumenty otrzymane od armatora, Urzędu Morskiego w Gdyni, PRS S.A.

Wysłuchania armatora i członków załogi,

Zdjęcia otrzymane od armatora kutra,

Opinie eksperckie sporządzone przez Tomasza Gellerta – eksperta PKBWM

10. Powiadomienie o wypadku,

Państwowa Komisja Badania Wypadków Morskich została powiadomiona o wypadku pocztą elektroniczną przez MRCK w dniu 29.05.2019 r. o godz. 07:58 i przez oficera Kapitanatu Portu Władysławowo w dniu 29.05.2019 r. o godz. 14:09.

11. Skład zespołu badającego wypadek

kierujący zespołem – Tadeusz Wojtasik – Przewodniczący PKBWM

członek zespołu – Marek Szymankiewicz – sekretarz PKBWM

W przypadku zatrzymania silnika głównego energia elektryczna pozyskiwana jest z baterii akumulatorów kwasowych 24VDC o pojemności 170Ah każda. Każda 24VDC bateria składa się z dwóch połączonych szeregowo akumulatorów 12VDC o pojemności 170Ah.



Zdjęcie nr 7 Baterie akumulatorów

Baterie akumulatorów ładowane są w czasie pracy silnika głównego kutra dzięki energii elektrycznej generowanej przez prądnicę 24VDC.

Baterie te służą jako baterie rozruchowe dla silnika głównego jednostki oraz zasilają przez określony czas obwody elektryczne niezbędne do bezpiecznej eksploatacji kutra w różnych warunkach eksploatacyjnych.

Wspomniane napięcie zasilania 24VDC jest zgodnie z wymaganiami PRS⁷, uznane jako napięcie bezpieczne.

„Napięcie bezpieczne - napięcie nie stwarzające możliwości porażenia lub poparzenia elektrycznego w warunkach normalnych. Warunki takie uważa się za spełnione, jeżeli uzwojenia transformatorów, przetwornic i innych urządzeń obniżających napięcie są elektrycznie rozdzielone i wielkość napięcia obniżonego tych urządzeń lub źródeł energii elektrycznej nie przekracza: - przy prądzie stałym - 50 V między przewodami; - przy prądzie przemiennym - 50 V między przewodami lub między kadłubem i fazą.”

W obwodach systemu 24VDC powiązanego z dwoma bateriami akumulatorów kwasowych występuje także przełącznik, wykorzystywany do wyboru baterii akumulatorów z których ma się odbywać rozruch silnika głównego kutra.

Rozruchu można dokonać wykorzystując pierwszą lub drugą baterię rozruchową. Element ten przedstawiony jest na rysunku poniżej.

⁷ Przepisy klasyfikacji i budowy małych statków morskich, cz. VII Instalacje elektryczne i systemy sterowania – PRS styczeń 2016 zwane dalej Przepisy PRS IESS



Zdjęcie nr 8 Przełącznik wyboru baterii rozruchowej

Pomocniczą instalacją elektryczną zainstalowaną na kutrze JAS 57 jest instalacja prądu przemiennego. W jej skład wchodzi gniazdo zasilania z lądu wraz z okablowaniem. Umożliwia ono podłączenie zewnętrznym, przenośnym kablem, zasilania trójfazowego 3x400V 50Hz z nabrzeża do wspomnianego gniazda zasilania z lądu. Gniazdo to zainstalowane jest na przedniej części nadbudówki.



Zdjęcie nr 9 Gniazdo zasilania z lądu

Dzięki takiemu rozwiązaniu, załoga kutra po zacumowaniu w porcie może wyłączyć silnik główny napędu jednostki. Zatrzymaniu ulega wówczas prądnica wałowa. Odbiory elektryczne mogą być zasilane jedynie z energii elektrycznej zgromadzonej w akumulatorach przez określony czas. Dla zapewnienia ciągłości zasilania odbiorów elektrycznych kutra załoga podłącza zasilanie z lądu poprzez gniazdo przedstawione na zdjęciu nr 9.

Kabel zasilania z lądu podłączony zostaje do przyłączy energetycznych zainstalowanych na nabrzeżach portów rybackich.



Gniazdo zasilania, do którego był podłączony kuter JAS 57 Magdalena w dniu 29.05.2019 roku

Rysunek nr 6 Przyłącze energetyczne, port Władysławowo

Dystrybucja zasilania napięcia przemiennego 3x400V, 50Hz odbywa się poprzez tablicę rozdzielczą zainstalowaną w sterowni kutra. W analizowanym okresie zasilanie z lądu kutra odbywało się czterożyłowym kablem o izolacji gumowej. Kabel podłączany był do 32A gniazda przyłącza energetycznego zainstalowanego na nabrzeżu. W dniu wypadku, podczas postoju przy nabrzeżu Duńskim portu Władysławowo zabezpieczenia tego obwodu trójfazowego składało się z:

- Wyłącznika różnicowo - prądowego F13 typu: Xpole PFIM 40/4/003, Moeller, prąd zadziałania tego wyłącznika wynosi 30mA,
- Wyłącznika F3 typu: Xclear CL S6 - C32/3.

Obwody zabezpieczenia gniazda zasilania 3x400V, 50Hz są przedstawione na rysunku nr 7.



Rysunek nr 7 Zabezpieczenie obwodu gniazda 32 A zasilające kuter w dniu wypadku

12.2. Załącznik nr 2 Porażenie prądem szypra JAS 57 w dniu 11 lipca 2019 r.

Kuter JAS 57 odbywał w dniu 11 lipca 2019 r. podróże między portami Jastarnia - Hel oraz Hel – Jastarnia zabierając na pokład grupy turystów. Po zakończeniu ostatniej tego dnia podróży z Helu i zacumowaniu kutra w porcie Jastarnia około godziny 19:30 szyper zamierzał dokonać podłączenia zasilania elektrycznego kutra do dostępnego na nabrzeżu przyłącza energetycznego. Na nabrzeżu dostępne są 32 A, trzyfazowe (3x400V, 50Hz), gniazda z przewodem neutralnym i ochronnym oraz jednofazowe gniazda 230V, 50Hz. Tego dnia załoga jednostki nie planowała wykonać podłączenia układu elektroenergetycznego kutra do lądowej sieci energetycznej (3x400V, 50Hz) z wykorzystaniem przeznaczonego do tego celu gniazda trójfazowego zamontowanego na przedniej części nadbudówki oraz odpowiedniego trójfazowego kabla zasilającego. Podłączenia próbowano dokonać wykorzystując przenośny, domowego przeznaczenia, jednofazowy kabel, przedłużacz zwijany (trójżyłowy przewód 2x1mm², przewód zakończony z jednej strony wtyczką, a z drugiej strony zespołem 4 gniazd, zabezpieczonych zabezpieczeniem przeciążeniowym). Tym prowizorycznym, tymczasowym połączeniem, zamierzano zasilić statkową przetwornicę.

Ze źródła napięcia 230V, 50Hz dostępnego w niewielkiej odległości od kutra cumującego przy nabrzeżu portu Jastarnia zamierzano zasilić przetwornicę dużej mocy POWER SINUS 3000 24V. Urządzenie to było zamontowane w pomieszczeniu siłowni kutra.



Przewód do którego podłączono trójżyłowy przedłużacz w celu zasilania przetwornicy ze źródła napięcia 230VAC znajdującego się na nabrzeżu portu Jastarnia

Rysunek nr 8 Przetwornica Power Sinus 3000 24V

Po połączeniu przewodu zasilania przetwornicy 230VAC, oznaczonego na rysunku nr 8 strzałką, przez włączenie go do gniazda przedłużacza, szyper wyszedł z pomieszczenia siłowni kutra. Wychodząc na pokład jednostki i trzymając w prawym ręku zwinięty kabel zamierzał opuścić



kuter i podłączyć wspomniany kabel do zasilania 230VAC przyłącza energetycznego na nabrzeżu. W tym momencie został porażony prądem elektrycznym.

Wypadek ten miał miejsce na prawej burcie jednostki, przy wyjściu z siłowni. Miejsce tego zdarzenia było identyczne, jak miejsce wcześniejszego wypadku porażenia prądem motorzysty. W dniu wypadku pogoda była słoneczna, nie było opadów deszczu. W chwili porażenia szyper stał na suchym pokładzie pokrytym warstwą chropowatej, antypoślizgowej gumy. Na nogach miał wykonane z miękkiego tworzywa obuwie, plażowe klapki, w rękę trzymał zwinięty kabel. Porażony prądem członek załogi zdołał odrzucić kabel na pokład uwalniając się od źródła porażenia. W momencie porażenia prądem, poszkodowany odczuł ból i skurcze mięśni prawego ramienia. Nie odczuwał przepływu prądu przez inne części ciała. Dolegliwość w momencie zdarzenia dotyczyła całego prawego ramienia. Ból i skurcze mięśni były odczuwalne do późnych godzin wieczornych.

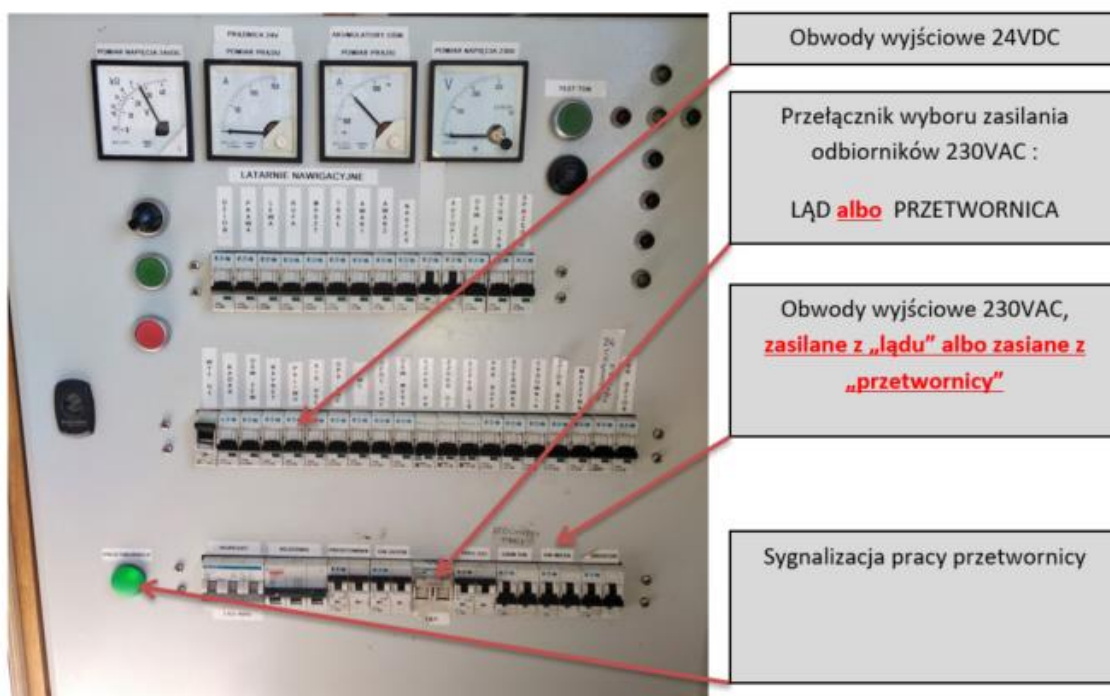
12.3. Załącznik nr 3 Zasilacz Awaryjny dużej mocy Power Sinus 3000 24V

Eksploatacja kutra wymaga podstawowego źródła energii elektrycznej o napięciu 24VDC. Dla spełnienia tego warunku jednostka przy zasilaniu z lądu napięciem trójfazowym 3x400V, 50Hz wyposażona została w przetwornicę. Urządzenie to posiada następujące funkcje:

- Zasilacza 24VDC oraz prostownika ładowania baterii akumulatorów, podstawowego źródła energii elektrycznej. Stan taki występuje gdy przetwornica zasilana jest z zewnętrznego źródła energii elektrycznej o napięciu przemiennym 230VAC, np. w czasie postoju w porcie. Zamiana 230VAC na 24VDC.
- Przetwornicy, zmieniającej napięcie stałe 24VDC (pobierane z podstawowych źródeł energii elektrycznej, np. akumulatorów) na napięcie przemiennie 230VAC, 50Hz. Zamiana 24VDC na 230VAC. Sytuacja ta występuje gdy brak jest podłączonego zasilania z lądu. Jest to tryb pracy inwerterowej

Załoga kutra JAS 57 podłączała zasilanie przetwornicy na 2 sposoby:

- Podłączone było zasilanie z lądu 3x400VAC do gniazda zamontowanego na przedniej części nadbudówki. Następnie energia elektryczna, z trójfazowego gniazda, była dostarczana poprzez zabezpieczenia nadmiarowo prądowe, znajdujące się w panelu sterówki, do gniazd 230VAC znajdujących się w siłowni jednostki. Do takiego gniazda 230VAC była podłączona przetwornica.



Rysunek nr 9 Tablica rozdzielcza na mostku



- Drugim sposobem w jaki załoga podłączała zasilanie przetwornicy w porcie, było jej zasilanie bezpośrednio z nabrzeża z gniazda wtykowego 230VAC za pomocą przenośnego przedłużacza. Wówczas nie wykorzystywano zewnętrznego trójfazowego gniazda zasilania z lądu.

Rozwiązanie podłączenia zasilania przetwornicy drugim sposobem miało miejsce w obu wypadkach porażenia prądem elektrycznym na kutrze JAS 57.

W okresie do 15 lipca 2019 r. na kutrze był zainstalowany Zasilacz Awaryjny dużej mocy Power Sinus⁸ model 3000 24V zwany dalej przetwornicą. Do przetwornic używanych na statkach nie mają zastosowania przepisy ustawy o wyposażeniu morskim⁹. Uznanie wyrobu, a zarazem możliwość instalacji takiego urządzenia na burcie statku określają przepisy klasyfikatora¹⁰.

„1.3.3.2 Urządzenia na napięcie 12 V i 24 V, które nie są produkowane pod nadzorem PRS, mogą być stosowane po każdorazowym uzgodnieniu z PRS”.

Na stronie 4 Instrukcji obsługi znajduje się ogólny opis urządzenia – *„Zasilacze awaryjne z serii POWER SINUS są kombinacją przetwornicy, uniwersalnego prostownika sieciowego oraz automatycznego przełącznika SIECIOWEGO (AC) w jednym układzie ze szczytową wydajnością konwersji DC/AC na poziomie ok. 88%.”*

W części zawierającej ogólne informacje dotyczące bezpieczeństwa (str. 3 Instrukcji obsługi) zawarta jest kluczowa informacja – *„Urządzenie to zawiera elementy, które mogą powodować iskrzenie. Aby uniknąć pożaru i/lub wybuchu nie należy instalować urządzenia w pomieszczeniach zawierających baterie lub materiały łatwopalne lub w miejscu, w którym znajdują się urządzenia nie mogące mieć kontaktu z ogniem. Obejmuje to wszelkie miejsca w których przechowywane są maszyny zasilane benzyną, zbiorniki na paliwo, łączniki, spoiwa, lub inne połączenia między elementami układu paliwowego”.*

Na str. 5 Instrukcji podano zastosowanie dla tego typu przetwornic –

- *„Urządzenia wysokiej mocy m.in.: piły tarczowe, wiertarki, szlifierki, frezarki, piaskarki, urządzenia do pielęgnacji traw i żywopłotów, kompresory powietrza etc.*
- *Urządzenia biurowe m.in.: komputery, drukarki, monitory, faksy, skanery, niszczarki etc.*
- *Urządzenia domowe m.in.: odkurzacze, wiatraki, oświetlenie, golarki, maszyny do szycia etc.*

⁸ Instrukcja obsługi i karta katalogowa dostępne na stronie www.voltpolska.pl

⁹ Ustawa z dnia 2 grudnia 2016 r. o wyposażeniu morskim (Dz.U. z 2017 r., poz. 32, ze zm.)

¹⁰ Pkt 1.3.3 Przepisy PRS IEES

- Urządzenia kuchenne m.in.: ekspresy do kawy, blendery, tostery, lodówki, mikrofalówki etc.
- Sprzęt przemysłowy m.in.: lampy halogenowe i sodowe, kompresory, silniki, pompy etc.
- Urządzenia rozrywki domowej m.in.: telewizory, kina domowe, konsole, urządzenia audio, dekodery, etc.”

Badanie przetwornicy Power Sinus 3000 24V.

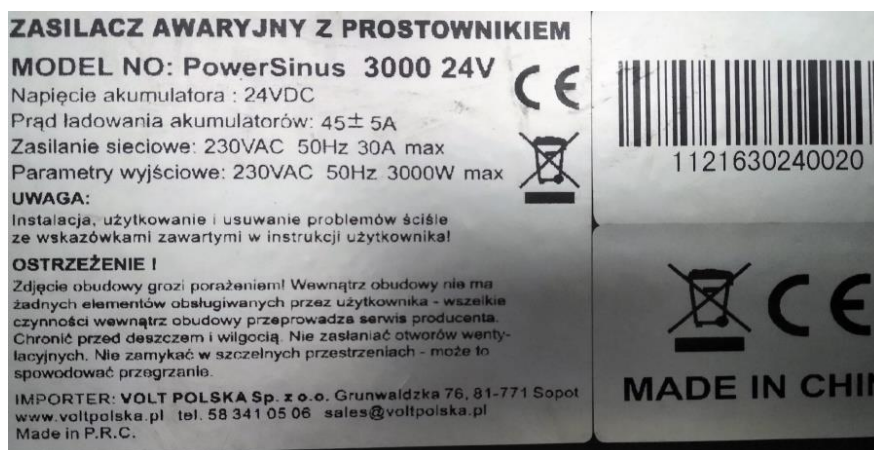
Zasilacz Awaryjny dużej mocy Power Sinus, dystrybuowany przez firmę Volt Polska Sp. z o. o. i dalej zwany **przetwornicą Power Sinus 3000 24V** lub **przetwornicą** jest przedstawiony na zdjęciu nr 10.

Tabliczka znamionowa urządzenia i jej numer seryjny przedstawiona jest na zdjęciu nr 11.

Numer seryjny w/w urządzenia: 1121630240020



Zdjęcie nr 10 Przetwornica Power Sinus 3000 24V



Zdjęcie nr 11 Tabliczka znamionowa przetwornicy

Pełne dane katalogowe Przetwornicy Power Sinus 3000 24V oraz jej wyczerpujący opis działania zawarte są w dokumentach dostępnych na stronie internetowej dystrybutora przetwornicy - firmy Volt Polska Sp. z o. o: www.voltpolska.pl

Przyczyny badania Przetwornicy Power Sinus 3000 24V.

Badanie to miało na celu wyjaśnienie przyczyn i okoliczności powstania wypadków do jakich doszło na kuterze rybackim JAS 57 Magdalena w portach rybackich Władysławowo i Jastarnia w dniach 29 maja i 11 lipca 2019 roku.

W obu przypadkach porażeniu prądem elektrycznym ulegli członkowie załogi kutra JAS 57. Osoby poszkodowane w momencie powstania wypadku prowadziły czynności związane z zamiarem podłączenia zasilania elektrycznego, jednofazowego 230V, do przetwornicy Power Sinus 3000 24V. Członkowie załogi zamierzali zasilić przetwornicę podłączoną przenośnym kablem zasilającym (przedłużaczem) ze znajdującego się na nabrzeżu gniazda elektrycznego o napięciu 230V, 50Hz. Trzymając w ręku przenośny kabel, którego jeden koniec (gniazdo przedłużacza) był połączony z przetwornicą, mieli oni dostęp do nieosłoniętych elementów wtyczki kabla zasilającego (drugiego końca przedłużacza).

Podczas wychodzenia z pomieszczenia siłowni kutra na pokład główny, poszkodowani zostali porażeni prądem elektrycznym.

Powstało pytanie w jaki sposób mogło dojść do porażenia prądem elektrycznym w przypadku, gdy poszkodowany był w trakcie czynności zmierzających do podłączenia zasilania przetwornicy. Przenośny kabel był podłączony jedynie do połączeń zasilających to urządzenie.

Sposób w jaki załoga kutra JAS 57 podłączała przetwornicę przedstawia rysunek nr 10.



W taki sposób załoga kutra JAS 57 podłączała zasilanie 230VAC do przetwornicy Power Sinus. Kabel był prowadzony przez drzwi wodoszczelne prowadzące do siłowni jednostki.

Rysunek nr 10 Podłączenie przetwornicy do zasilania z lądu



Badanie Przetwornicy Power Sinus 3000 24V

Badanie miało odpowiedzieć na pytanie:

Czy na badanym urządzeniu, jego obudowie lub elektrycznych zaciskach zasilających, w związku z okolicznościami wypadków do których doszło na kutrze JAS57, mogło pojawić się niebezpieczne napięcie elektryczne prowadzące do porażenia prądem elektrycznym członka załogi kutra JAS57 ?

W celu właściwego badania przetwornicy wykonano połączenia elektryczne podobne do tych jakie panowały na jednostce JAS 57. Do badania wykorzystano następujące elementy:

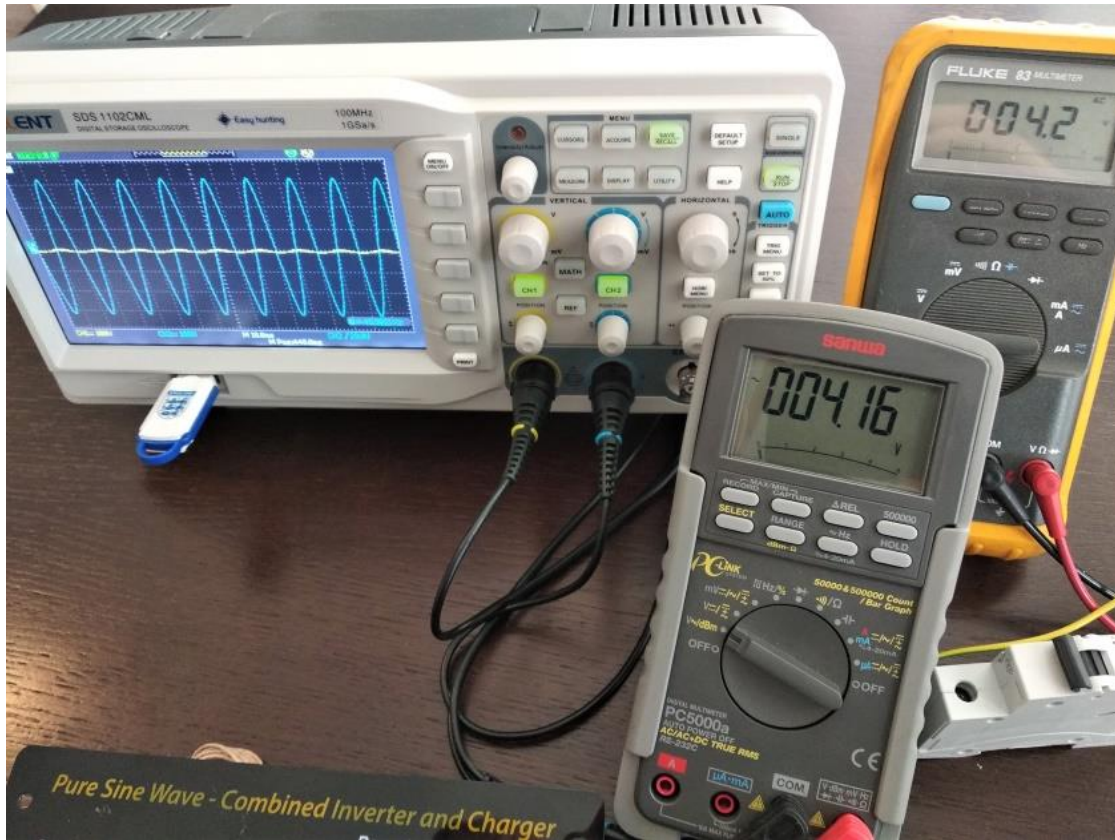
- Przetwornica Power Sinus 3000 24V,
- Akumulatory kwasowe TUBORG, TS575 – 075, 12V, 75Ah, 750A, 2 sztuki,
- Panel LCD dla zasilacza Power Sinus.

Panel LCD przedstawiony na zdjęciu nr 10 umożliwia zdalne sterowanie przetwornicą oraz podgląd jej podstawowych parametrów pracy. Panel LCD zamocowany był w nadbudówce kutra, co pozwalało na załączanie przetwornicy i wybór trybu pracy niezależnie od pozycji przełącznika zainstalowanego na przetwornicy.

Dla prawidłowej analizy przebiegów napięcia na zaciskach przetwornicy wykorzystano:

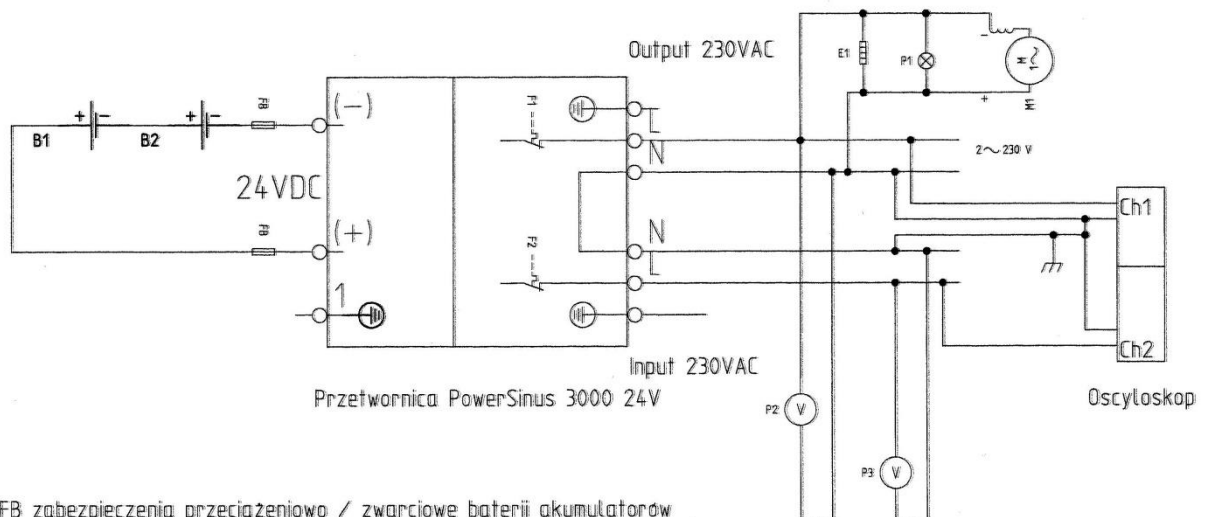
- Oscyloskop cyfrowy, Siglent SDS 1102 CML, 100MHz, 1GSa/s,
- Miernik cyfrowy, FLUKE 83,
- Miernik cyfrowy, Sanwa 5000a,

Aparatura pomiarowa przedstawiona jest na zdjęciu nr.12



Zdjęcie nr 12 Układ pomiarowy

Elektryczny schemat ideowy służący do analizy pracy przetwornicy przedstawiony jest na rysunku nr 11



FB zabezpieczenia przeciążeniowo / zwarciove baterii akumulatorów

B1, B2 Baterie akumulatorów 12V, 75Ah

F1, F2 zabezpieczenia przeciążeniowe przetwornicy, Input / Output, KUOYUH 98 Series 20A

E1, P1, M1 obciążenie przetwornicy (60 – 300) W

P2, P3 Voltmierz cyfrowy

Rysunek nr 11 Schemat ideowy do analizy pracy przetwornicy

Przetwornica Power Sinus jest kombinacją przetwornicy, która zamienia energię elektryczną zgromadzoną w bateriach akumulatorów B1 i B2 na napięcie przemiennie 230V, 50Hz oraz ładowarki baterii akumulatorów. Napięcie przemiennie wytworzone przez urządzenie jest dostępne na jej zaciskach wyjściowych (Output 230VAC). Urządzenie to spełnia także funkcję ładowarki baterii akumulatorów, gdy dostępne jest zasilanie z zewnętrznego obwodu 230V, 50Hz (podłączone do zacisków Input 230VAC). W takim trybie pracy przetwornica może ładować akumulatory i jednocześnie zasilac odbiory elektryczne podłączone do wyjścia przetwornicy (Output 230VAC).

W celu analizy możliwości pojawienia się niebezpiecznego napięcia elektrycznego na zaciskach wejściowych przetwornicy (Input 230VAC) podłączono do urządzenia baterie akumulatorów zgodnie ze schematem ideowym. Podłączono również obciążenie elektryczne do zacisków wyjściowych, Output 230VAC. Za pomocą dostępnego panelu LCD jak i za pomocą przełącznika trybu pracy przetwornicy, wymuszano wszystkie możliwe tryby pracy przetwornicy.

Rejestrowano w różnych stanach pracy i sterowania przebiegi napięć na wejściu i wyjściu przetwornicy za pomocą dwukanałowego oscyloskopu. Obserwowano również wskazania woltomierzy cyfrowych.

Przebiegi zmian napięcia zarejestrowane za pomocą oscyloskopu dwukanałowego ze szczególnym uwzględnieniem zacisków wejściowych (Input 230VAC) zostały zaprezentowane poniżej.

Baterie akumulatorów użyte do testów przedstawiono na zdjęciu nr 13.



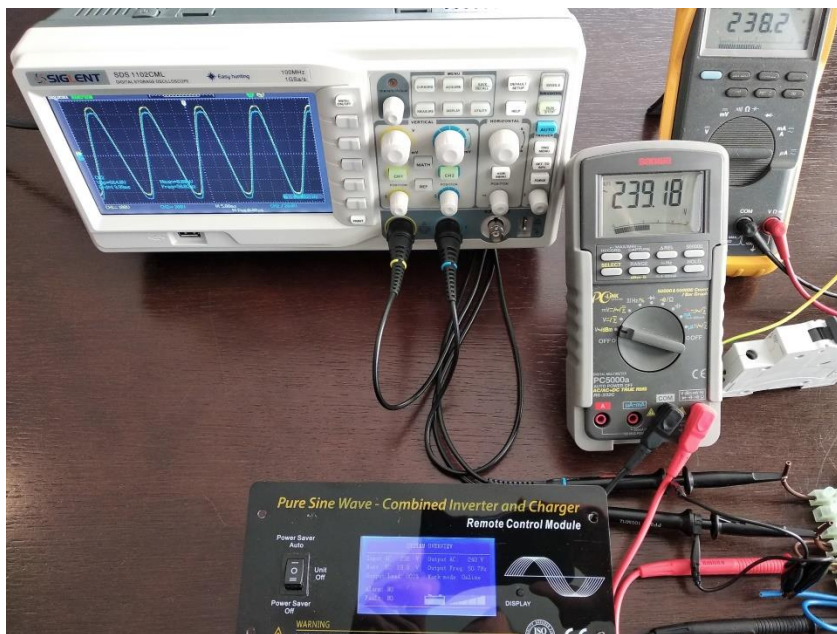
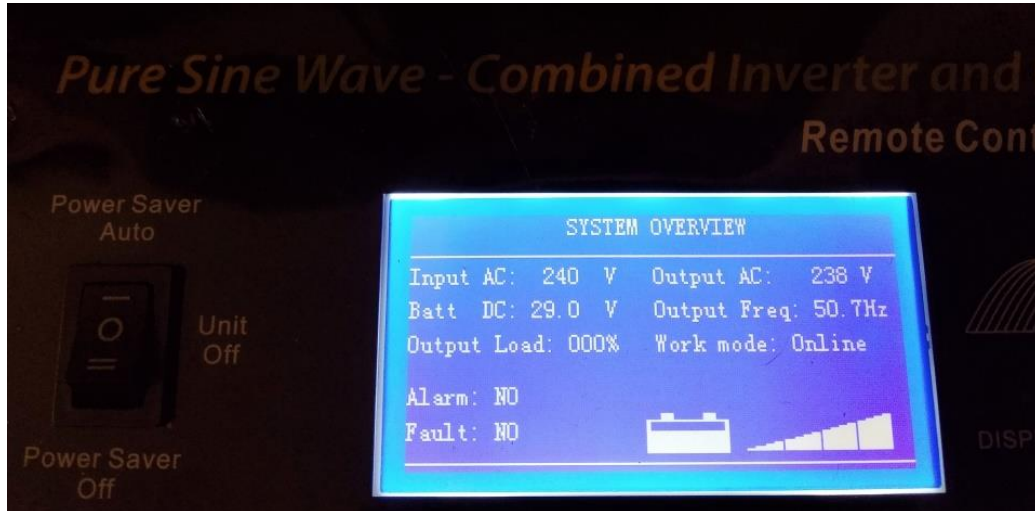
Zdjęcie nr 13 Baterie akumulatorów do testów

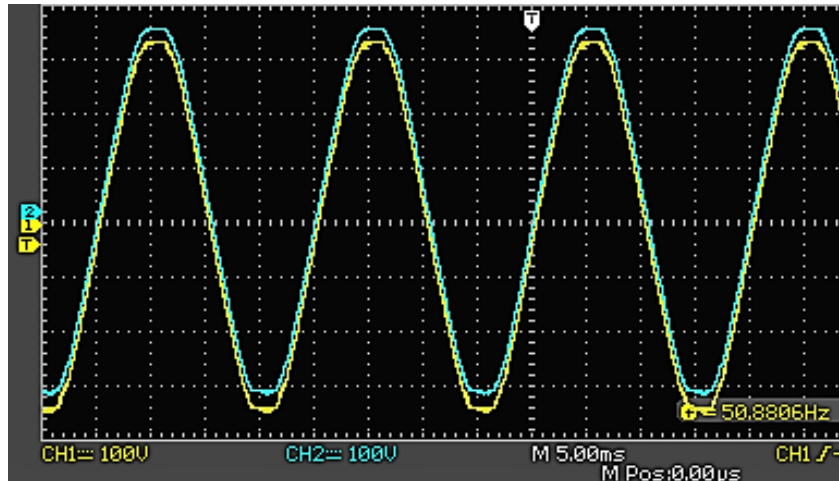
Wyniki badania przebiegów i wartości napięć występujących na zaciskach wejściowych przetwornicy Power Sinus 3000 24V w różnych stanach pracy.

Przetwornica posiada trzy tryby pracy:

- „0”, przetwornica wyłączona,

- „Power Saver Auto”,
 - „Power Saver Off
- Tryb pracy Power Saver Auto, $U_{wej}=230VAC$, $U_{wyj}=230V$, 50Hz





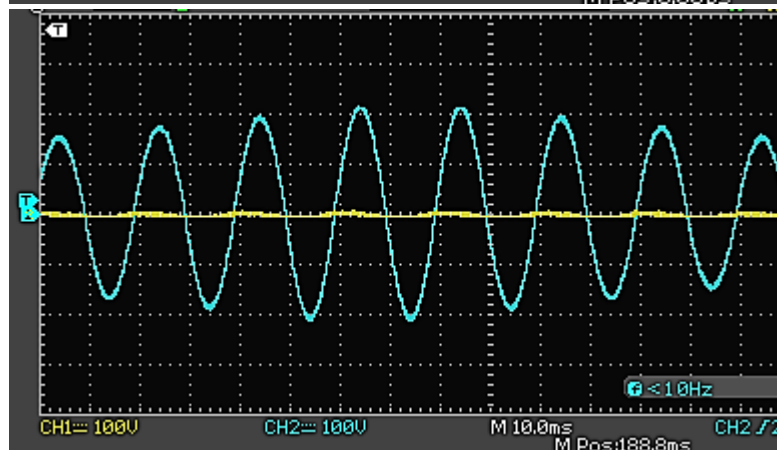
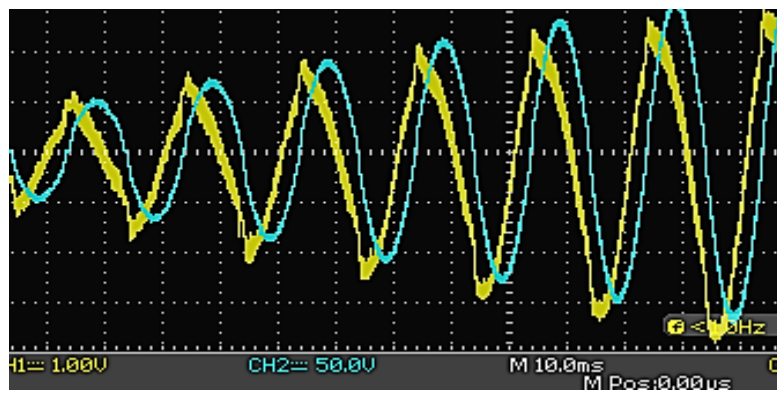
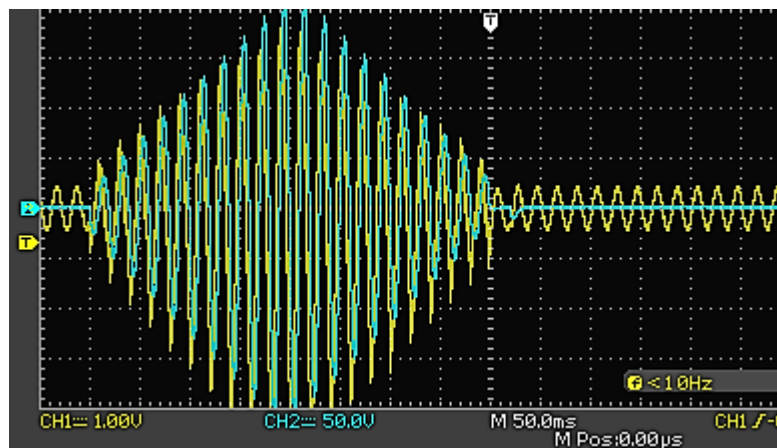
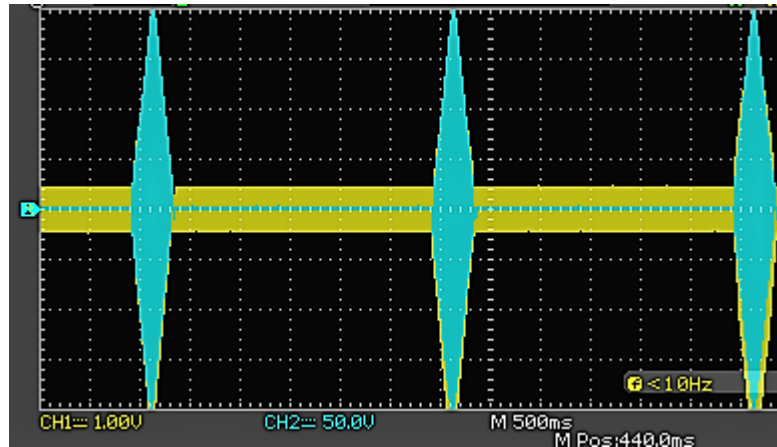
Zdjęcie nr 14 Wyniki Tryb pracy Power Saver Auto, $U_{wej}=230VAC$, $U_{wyj}=230V$, 50Hz

➤ Tryb pracy Power Saver Auto, $U_{wej}=0VAC$, $U_{wyj}=Variable$

Tryb pracy inwerterowej; przetwornica nie ma zasilania wejściowego, pobiera energię z baterii akumulatorów. Napięcie wyjściowe jest zmienne; przetwornica oczekuje na podłączenie odpowiedniego obciążenia do zacisków wyjściowych. Impulsy napięć wyjściowych testują wielkość obciążenia, gdy jest niższe od zakładanego przetwornica nie wytwarza pełnego napięcia 230V, 50Hz na swoim wyjściu – oszczędza energię.

- Żółte przebiegi wskazują napięcie wejściowe przetwornicy, U_{Input} ,
- Niebieskie przebiegi wskazują napięcia wyjściowe przetwornicy, U_{Output}
- Woltomierze cyfrowe mierzą napięcie wejściowe,





Zdjęcie nr 15 Wyniki Tryb pracy Power Saver Auto, $U_{wej}=0\text{VAC}$, $U_{wyj}=\text{Variable}$

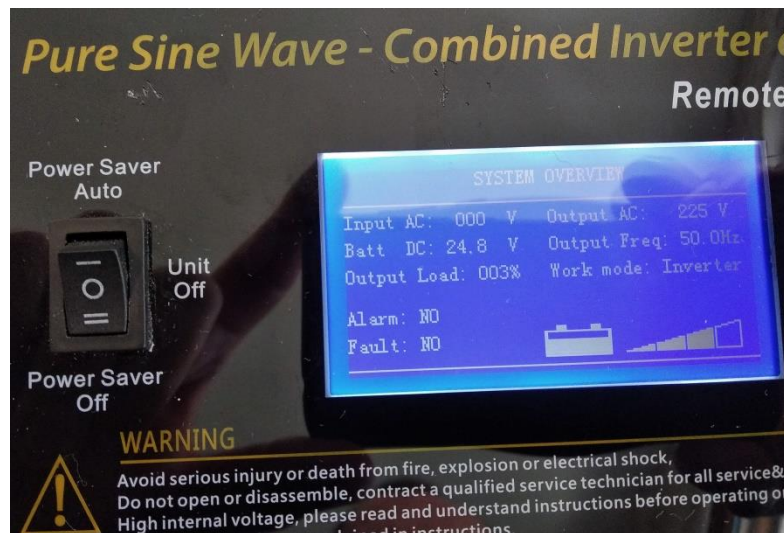
Wielokrotne próby wymuszenia stanów przejściowych polegających na załączaniu i wyłączeniu przetwornicy i podłączaniu zmiennych obciążeń nie spowodowało w trybie pracy Power Saver Auto pojawiania się sygnałów napięciowych na wejściu przetwornicy mogących powodować porażenie prądem elektrycznym. Maksymalne amplitudy napięć wejściowych nie przekraczają 5V, czas trwania tych sygnałów wynosi około 400ms.

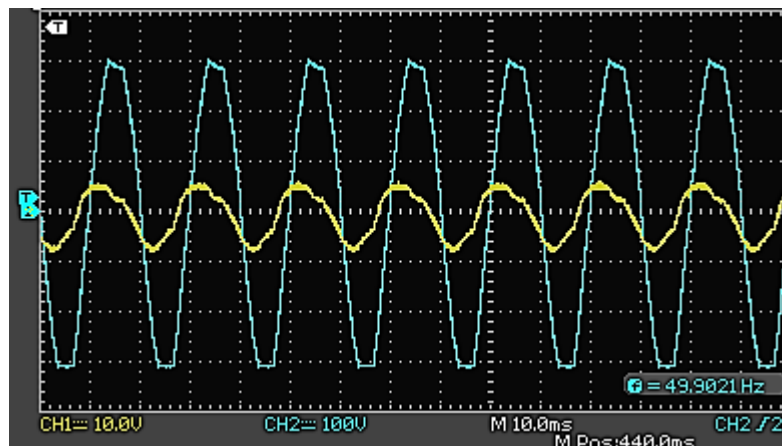
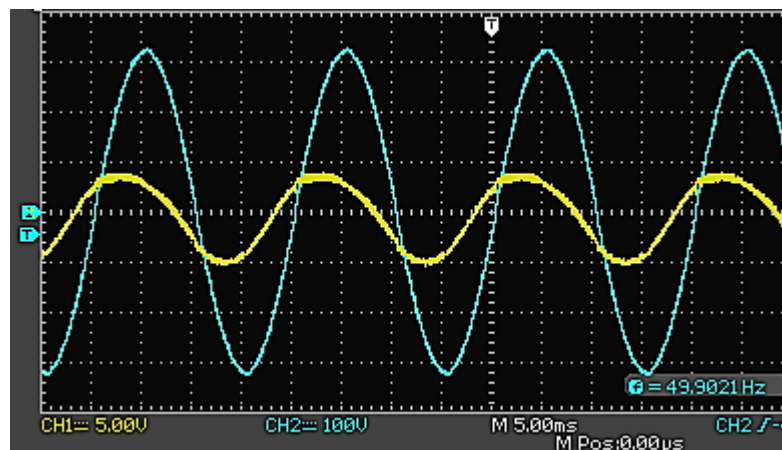
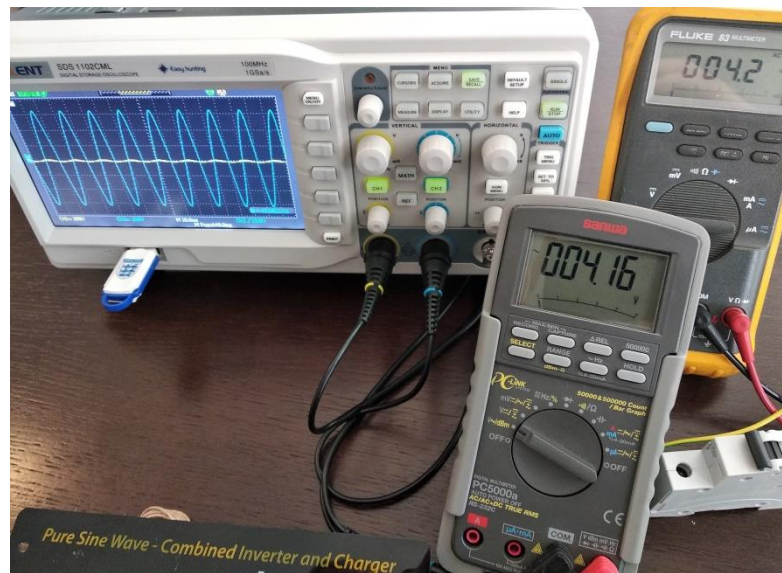
Wniosek: nie odnaleziono w trybie pracy przetwornicy Power Saver Auto na jej zaciskach wejściowych napięć mogących powodować porażenie prądem elektrycznym.

- Tryb pracy Power Saver Off, $U_{wej}=0VAC$, $U_{wyj}=230V$, 50Hz

Tryb pracy inwerterowej; przetwornica nie ma zasilania wejściowego, pobiera energię z baterii akumulatorów. Wytwarza pełne napięcie wyjściowe 230V, 50Hz.

- Żółte przebiegi wskazują napięcie wejściowe przetwornicy, U Input,
- Niebieskie przebiegi wskazują napięcia wyjściowe przetwornicy, U Output
- Woltomierze cyfrowe mierzą napięcie wejściowe,





Zdjęcie nr 16 Wyniki Tryb pracy Power Saver Off, $U_{wej}=0V_{AC}$, $U_{wyj}=230V$, 50Hz

Wielokrotne próby wymuszenia stanów przejściowych polegających na załączaniu i wyłączaniu przetwornicy i podłączeniu zmiennych obciążeń nie spowodowało w trybie pracy Power Saver Off pojawiania się sygnałów napięciowych na wejściu przetwornicy mogących powodować porażenie prądem elektrycznym. Maksymalne amplitudy napięć wejściowych nie przekraczają 8V. Ma to miejsce w stanach, gdy obciążona przetwornica wytwarza zniekształcone napięcia



wyjściowe. Gdy obciążenie jest minimalne zaobserwowane napięcia wejściowe mają wartości skuteczne wskazywane przez oba multimetry cyfrowe około 4V. Potwierdzają te wartości przebiegi zarejestrowane na oscyloskopie.

Wniosek: nie odnaleziono w trybie pracy przetwornicy Power Saver Off na jej zaciskach wejściowych napięć mogących powodować porażenie prądem elektrycznym.

Podczas badania przetwornicy sprawdzono także jej stan rezystancji izolacji. Pomiar rezystancji izolacji wszystkich zacisków L, N obwodów wejściowych i wyjściowych w stosunku do zacisku ochronnego wykazały wartości około 3GOhm, przy pomiarze 500VDC, w temperaturze otoczenia 20 stopni C i wilgotności względnej 60%.

Reasumując w trakcie badania nie udało się wywołać stanu w którym przetwornica na swoich zaciskach wejściowych / zasilających (230V) i obudowie wytworzyłaby napięcia mogące powodować porażenie prądem elektrycznym.