

# ZASILANIE ELEKTRYCZNE Z LĄDU STATKÓW W PORCIE



Współorganizatorzy:

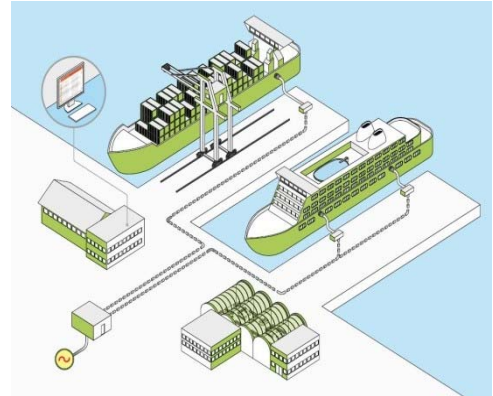


**INFOTECH**

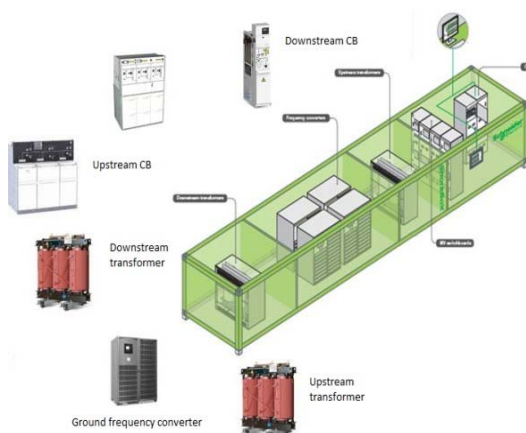


Zasilanie elektryczne statków podczas postoju w porcie przynosi wiele korzyści:

- wpływa korzystnie na środowisko poprzez znaczące ograniczenie emisji spalin, wibracji i hałasu
- pozwala na oszczędności finansowe ze względu na różnicę kosztów energii elektrycznej i paliwa, a także kosztów przeglądów generatorów pomocniczych
- pozwala na zgodność z regulacjami MARPOL VI, dla miejsc o kontrolowanej emisji - Emissions Controlled Areas (ECA)



Schneider Electric promuje wygodne i zoptymalizowane rozwiązania **pod klucz** pokrywające wszystkie potrzeby w zakresie Shore Connection:



Dla zasilanie statków **wszystkich typów i wielkości**, z poborem mocy od 500KVA do 20MVA.

Zintegrowane rozwiązania "all-in-one" w obudowach kontenerowych "Shore Box"™ stanowi rozwiązanie łatwe w projektowaniu i zastosowaniu (w pełni przetestowane w fabryce, szybkie w instalacji, możliwe do przemieszczenia z miejsca na miejsce, wyposażone w centralny system automatyki i sterowania).

Rozwiązania specjalne pozwalające na dostosowanie do indywidualnych potrzeb.

Wszystkie rozwiązania zawsze oparte w **100% na standardowych komponentach**, co gwarantuje wysoką niezawodność i łatwość eksploatacji.

## Przetwornica częstotliwości (GFC) typu Galaxy 7000

Galaxy 7000 stanowi główny component rozwiązania, zapewniający konwersję częstotliwości 50Hz na 60Hz.

Jest to potwierdzone wieloletnim doświadczeniem w najbardziej wymagających rozwiązaniach dla DATA CENTERS



Moc 500KVA
Modułowe połączenia równoległe przy większych mocach
Intuicyjny interfejs
Wysoka przeciążalność 150%/30s, 125%/10min
Moduły komunikacyjne do zdalnego sterowanie i sygnalizacji
100% cyfrowego przetwarzania, 3 poziomy konwersji
Wysoka sprawność 94,5% obciążenia znamionowego

## Przykłady zastosowań



### BERGEN

Dostawa, montaż i uruchomienie 2 ShoreBoXes 1MVA wraz z systemem podłączenia statku



### CASABLANCA - TANGER

Dostawa, montaż i uruchomienie 2 ShoreBoXes 2MVA



### INDONESIA

Dostawa, montaż i uruchomienie 9 stacji przekształtnikowych po 5MVA



# **ZASILANIE ELEKTRYCZNE Z LĄDU STATKÓW W PORCIE**

**Seminarium**

Gdynia, listopad 2014

## SEMINARIUM ZASILANIE ELEKTRYCZNE Z ŁĄDU STATKÓW W PORCIE

### Komitet Naukowo-Organizacyjny

Ryszard Strzelecki (AM w Gdyni)

Edward Musiał (PG)

Zbigniew Krzemiński (PG)

Grzegorz Pettke (PRS)

Leszek Jurczyk (Zarząd Portu Gdynia)

Zbigniew Kwiatkowski (INFOTECH)

### Współorganizatorzy



### Wydawca

INFOTECH

80-809 Gdańsk, ul. Łużycka 17/5

tel./fax 58 625 16 01

e-mail: [infotech@infotech.gdansk.pl](mailto:infotech@infotech.gdansk.pl)

[www.infotech.gdansk.pl](http://www.infotech.gdansk.pl)



## Spis treści

Przedmowa .....	5
1. Zasilanie promów Stena Line w czasie postoju w Porcie Karlskrona i w Porcie Gdynia .....	7
<i>Leszek JURCZYK, Mikołaj MARKOWSKI</i>	
2. Problemy ochrony przeciwporażeniowej przy zasilaniu statków z lądu .....	27
<i>Edward MUSIAŁ</i>	
3. Nowoczesne układy przekształtników wielopoziomowych do zasilania statków z lądu .....	57
<i>Krzysztof BLECHARZ, Zbigniew KRZEMIŃSKI</i>	
4. Rozwiązania układów przekształtnikowych w systemach zasilania statków z lądu .....	69
<i>Ryszard STRZELECKI</i>	
5. Postanowienia i wymagania dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu .....	81
<i>Grzegorz PETTKE</i>	



## PRZEDMOWA

Zasilanie statków z sieci lądowej podczas postoju w porcie, znane i w ograniczonym stopniu stosowane od kilkudziesięciu lat, od niedawna nabiera coraz większego znaczenia ze względów ekologicznych. Ma ograniczyć skażenie środowiska miast i regionów portowych wywołane emisją spalin i innych zanieczyszczeń, a także emisją hałasu.

W tej sprawie Komisja Europejska wydała zalecenie z dnia 8 maja 2006 r., ale można oczekiwać dokumentu wyższej rangi, jeżeli wdrażanie zalecenia nie będzie przebiegało zadowalająco. A motywacja nie jest oczywista, bo koszt energii z lądu jest parokrotnie wyższy niż koszt energii z elektrowni okrętowej, jeżeli w rachunku pomija się koszty pośrednie wynikające z uciążliwości dla środowiska.

Rozważając zasilanie instalacji okrętowej z nabrzeża portowego uwzględniać trzeba nie tylko wymaganą obciążalność torów zasilania, parametry energii, procedury sterowania i monitorowania zasilania z nabrzeża, skuteczność i selektywność automatyki zabezpieczeniowej, ale również wszelkie aspekty bezpieczeństwa, w tym problemy ochrony od porażenia prądem elektrycznym.

Większe statki handlowe i wycieczkowce wymagają źródła zasilania o mocy rzędu kilku i więcej megawoltoamperów, napięcia wysokiego o określonej wartości i częstotliwości (50 Hz lub 60 Hz) z galwanicznym oddzieleniem sieci okrętowej od sieci lądowej. Stanowiska przyłączone należy zatem wyposażyć nie tylko w transformatory oddzielające, ale również w wysokiej klasy przekształtniki wielopoziomowe, nie wspominając o rozlicznych urządzeniach pomocniczych.

Te problemy, aktualne normy i przepisy oraz najnowsze rozwiązania układowe i urządzeniowe zarówno zagraniczne, jak i oryginalne konstrukcje polskich specjalistów zostały przedstawione na seminarium w Porcie Gdynia w dniu 21 listopada 2014 r.

Bardziej obszerne informacje na powyższy temat będą publikowane wkrótce w e-piśmie AUTOMATYKA ELEKTRYKA ZAKŁÓCENIA na stronie: [www.epismo-aez.pl](http://www.epismo-aez.pl)







## „Zasilanie promów Stena Line w czasie postoju w Porcie Karlskrona i w Porcie Gdynia”

Leszek Jurczyk    ZMPG S.A.  
Mikołaj Markowski    TEBODIN

Gdynia, 21 listopada 2014r.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Terminal Promowy w Karlskronie – Prom „STENA SPIRIT” podłączony do zasilania z lądu.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

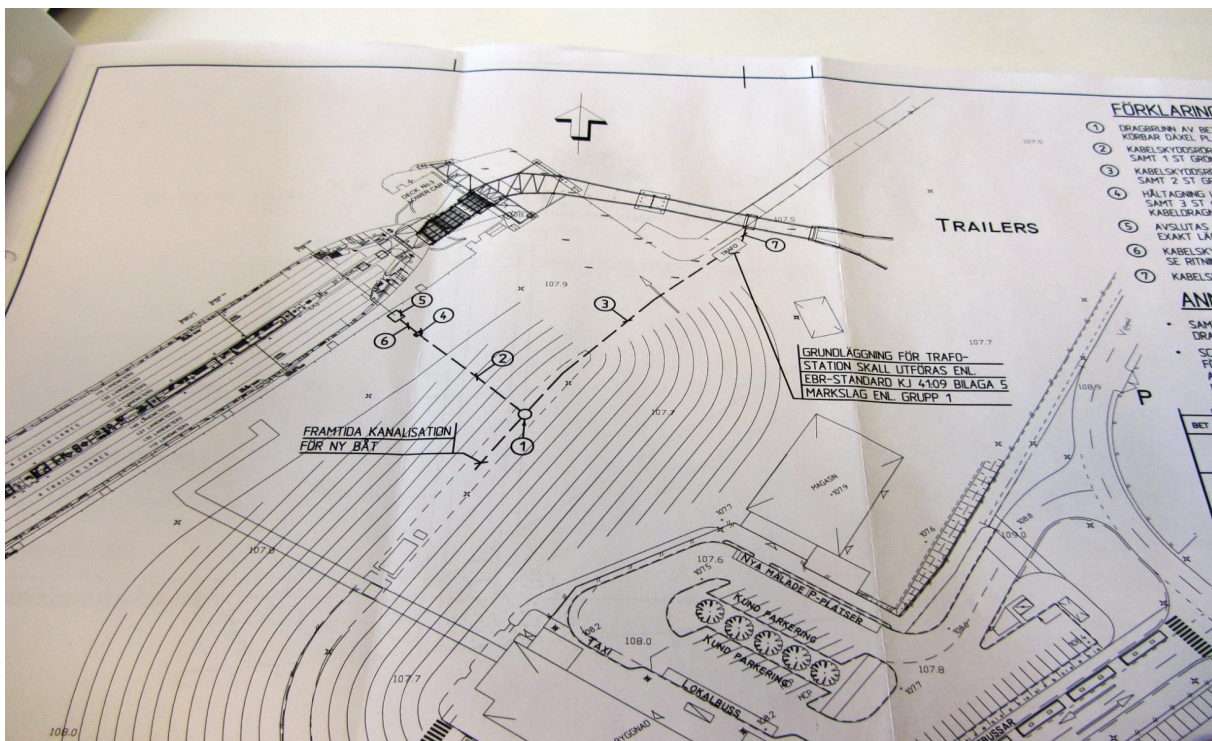
Miejsce podłączenia promu z instalacją nabrzeżową



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Zdalnie sterowany żurawik podający kabel SN-11kV na prom.





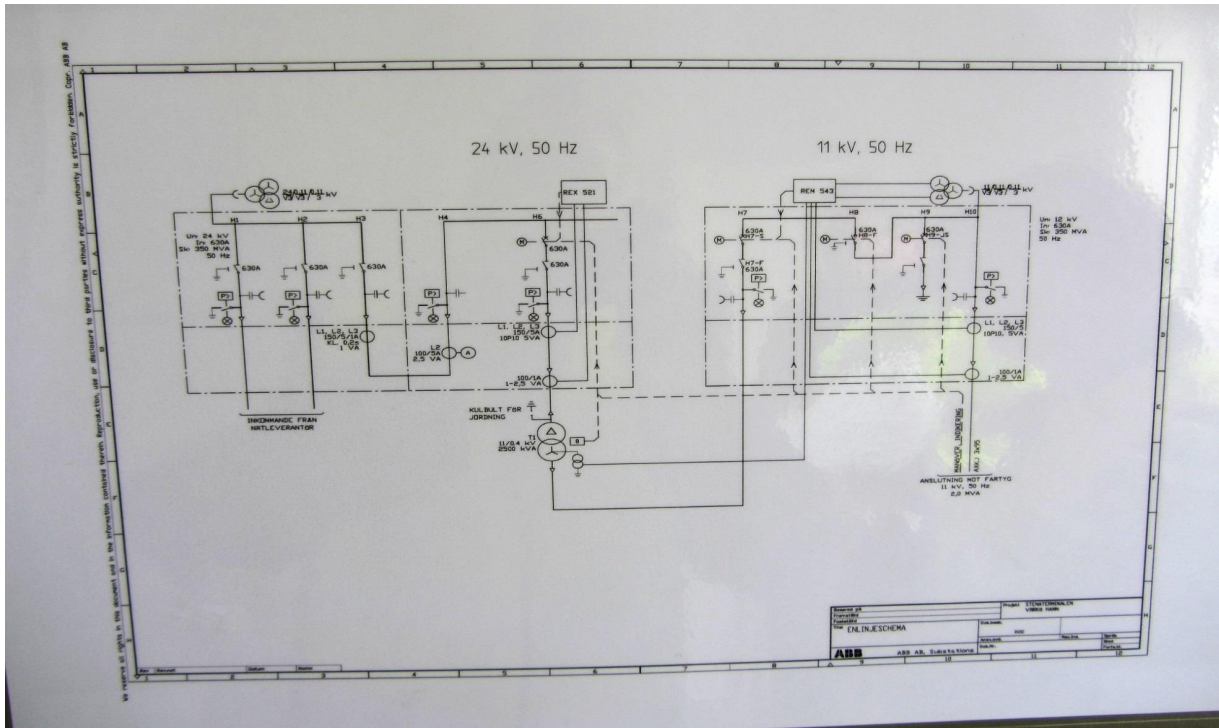
[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Plan sytuacyjny z lokalizacją urządzeń elektrycznych do zasilania promów z łądu.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Widok stacji transformatorowej 24/11 kV, 50 Hz, z transformatorem 2500kVA.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

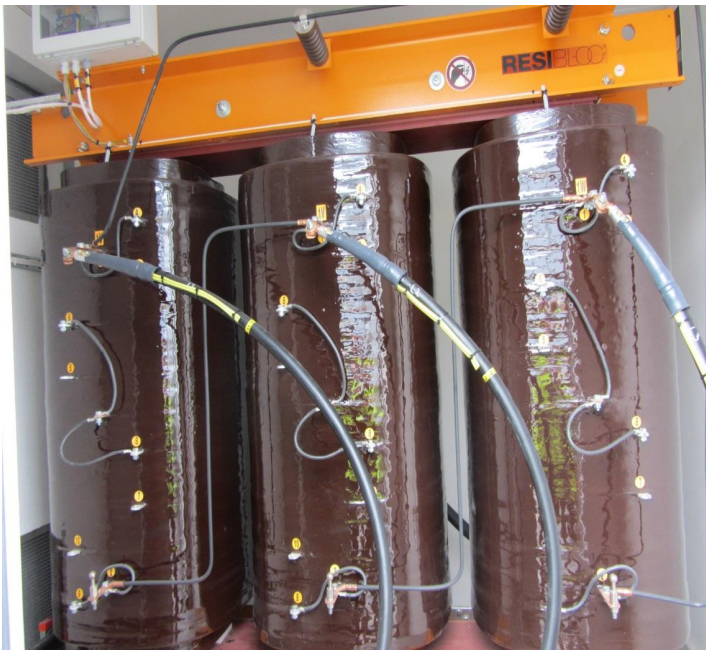
Schemat ideowy wyposażenia stacji transformatorowej 24/11 kV, 50 Hz.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Widok rozdzielnicy średniego napięcia w stacji transformatorowej.





**ABB**  
3 - Fas - Transformator

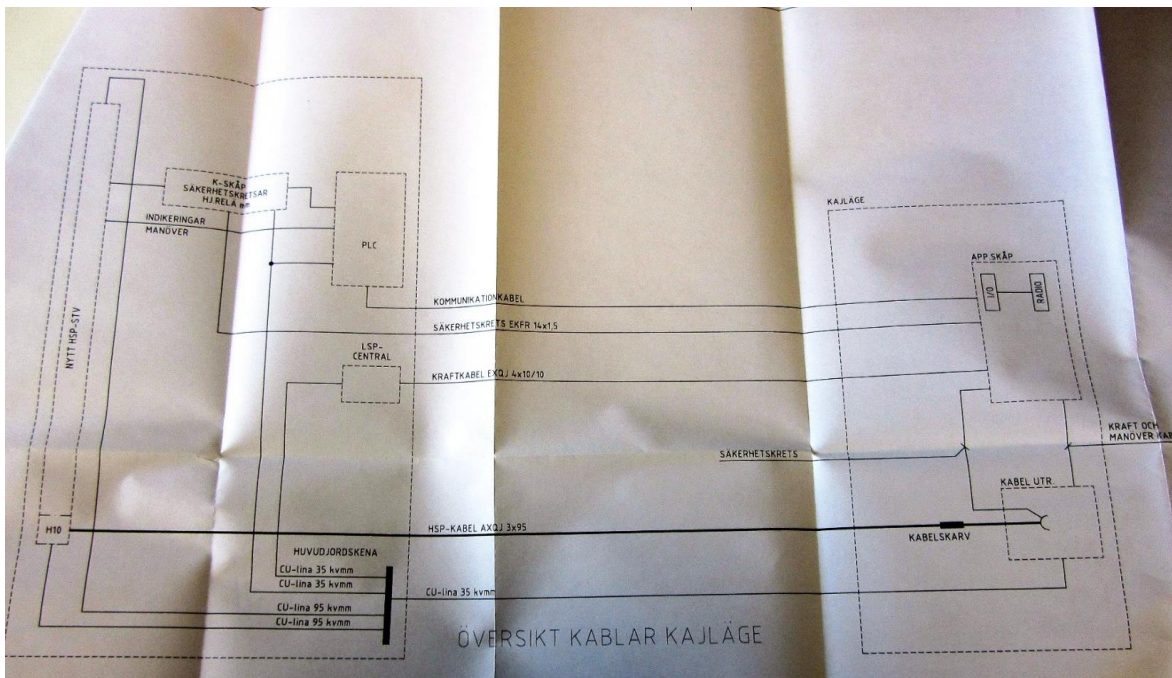
Typ : RESIBLOC	Nr. : 14220101319-01	IEC 60076-11
Märkeffekt :	2500	kVA
Märkspänning :	22000 / 11000	V
Märkström :	65,6 / 131,2	A
Tillverkningsår :	2010	Kopplingsgrupp : Dyn11
Frekvens :	50	Hz
Skådsform :	IP00	Kortslutningsspänning : 6,15
Kylform :	AN	Max. tid kortslut : 2
Lindningsmaterial :	Al / Al (HS/LS)	Kortslutningsström : 1,1 / 2,1
Isolationsklass :	F / F (HS/LS)	
Max. systemspänning :	24 / 12	kV
Stötspänningklass :	LI 125 AC 50 / LI 75 AC 28	kV
Miljö/klimat/brand Klass :		E2/C2/F1
Max. temperatur :	40 °C	Årlig medeltemperatur : 20 °C
Månadsgenomsnitt :	30 °C	

Högspänning: 1U 1V 1W, 1U 1V 1W, 1U 1V 1W  
Lågspänning: 2W 2V 2U 2N



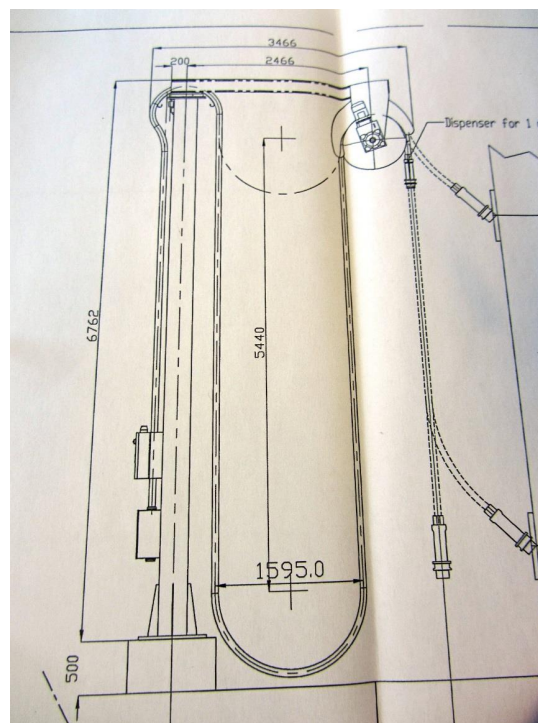
[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Widok transformatora suchego 24/11 kV, 2,5 MVA i jego tabliczka znamionowa.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Schemat strukturalny połączeń kablowych od stacji transformatorowej do żurawika.



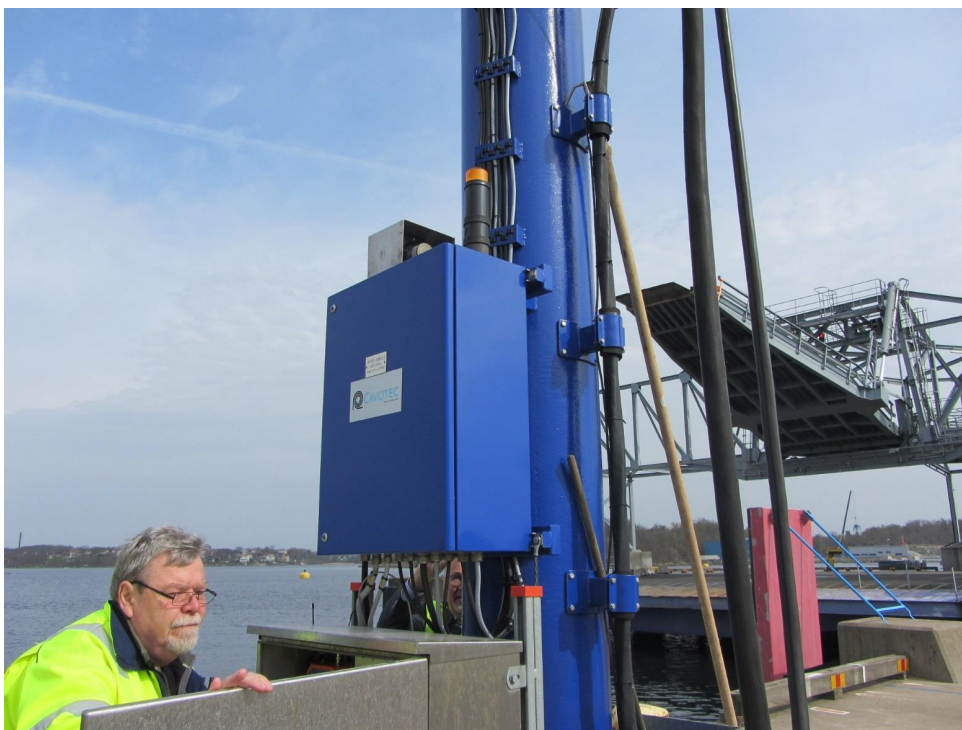
[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Widoki żurawika nabrzeżowego podającego kabel na prom i jego zwymiarowanie.





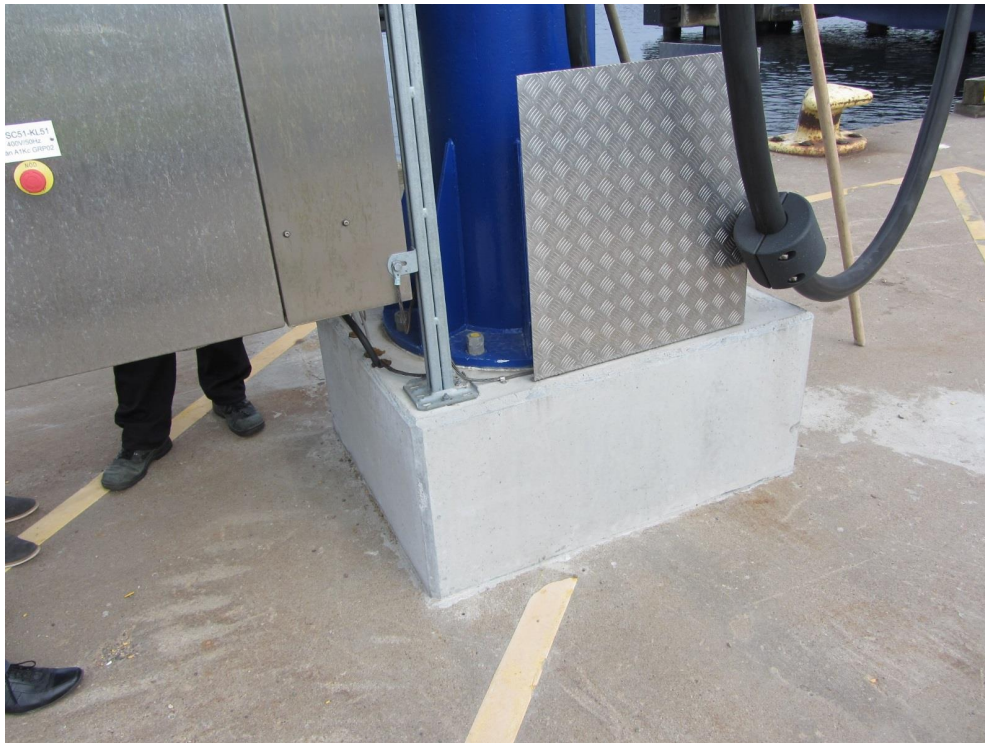
[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Rozdzielnica nn-0,4kV na żurawiku (zasilanie napędów i obwodów pomocniczych).

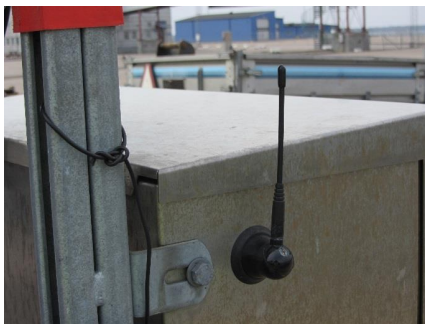


[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Skrzynka z aparaturą sterowniczą (łącze radiowe) na żurawiku.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)



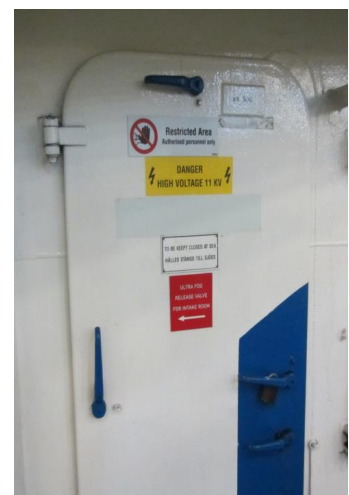
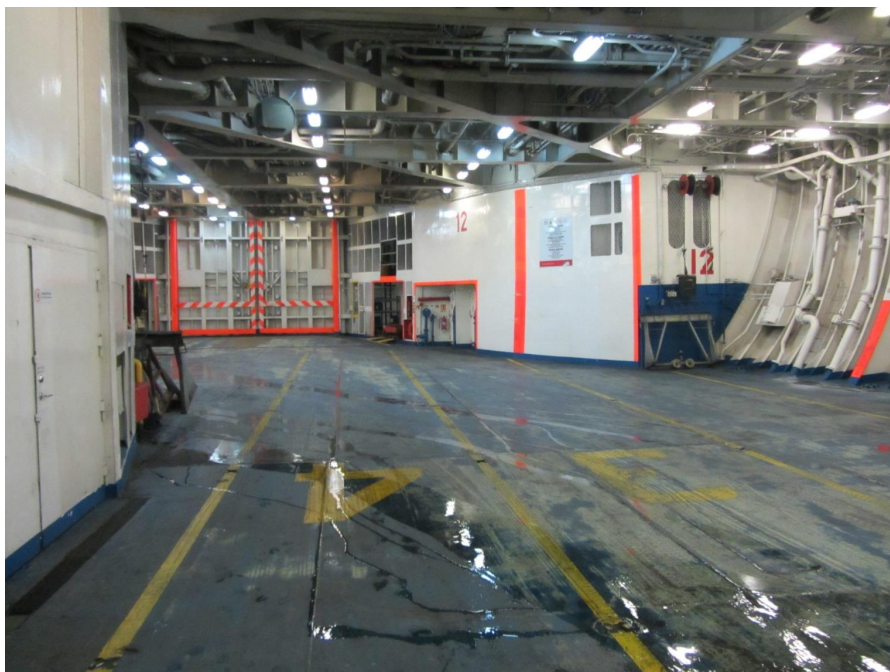
[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Elementy żurawika (fundament, antena do łączności radiowej, wtyczka SN).





[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Instalacje na promie „STENA SPIRIT” – dolny pokład i wejście do pomieszczenia przyłącza zasilania z lądu



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

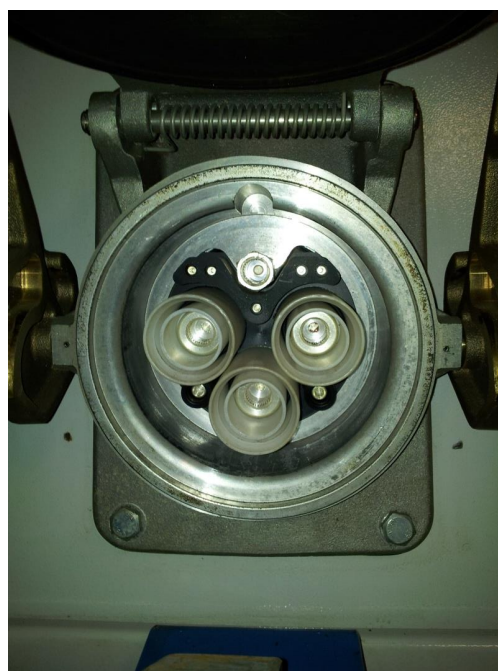
Widok ogólny pomieszczenia przyłącza zasilania z lądu – prawa burta promu.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Sterowane hydraulicznie okno w burcie promu przez które wchodzi kabel zasilający.





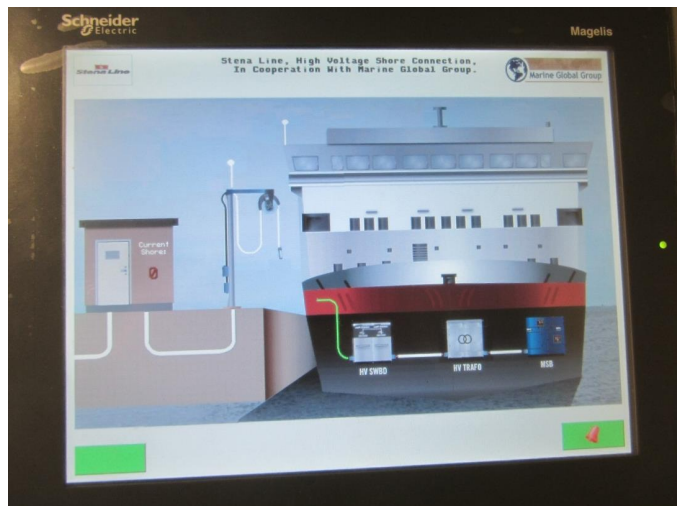
[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Widok ogólny i szczegóły budowy gniazda wtyczkowego SN-11kV.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Trzypolowa rozdzielnica SN-11 kV w izolacji SF6.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

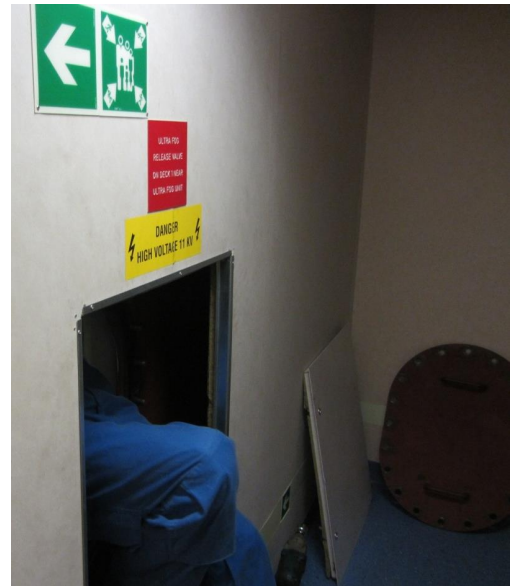
Urządzenie sterowania pracą żurawia nabrzeżowego i aparaturą łączeniową z wizualizacją stanów połączeń elektrycznych.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

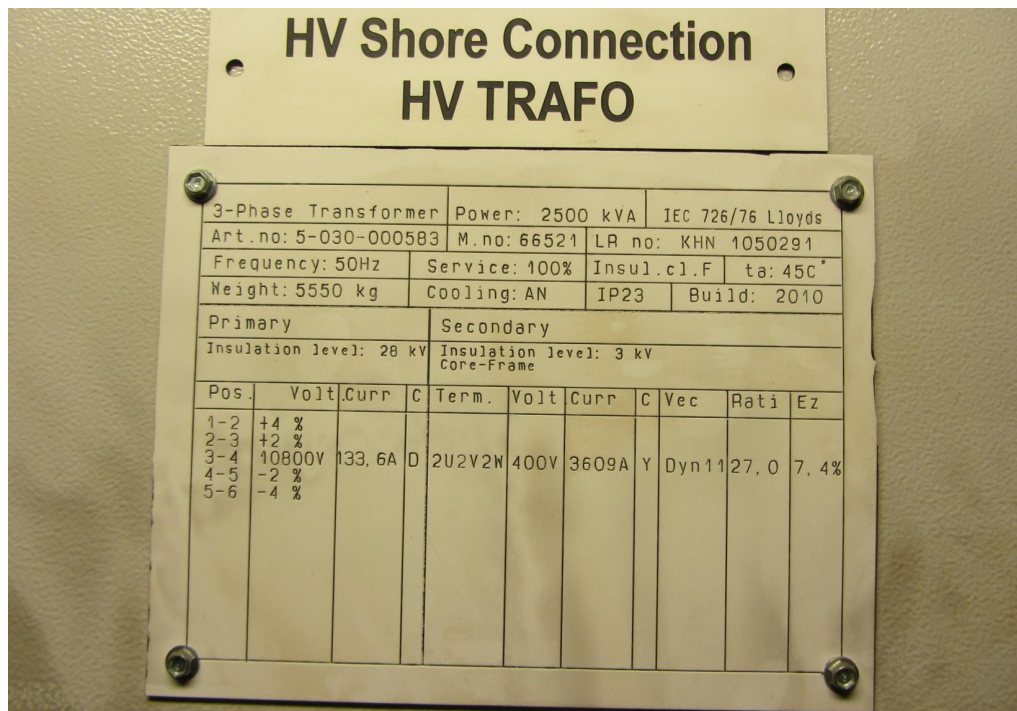
Pomieszczenie transformatora 11/0,4 kV 2500kVA z kablami nn-0,4kV.





[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Obudowa transformatora z wejściem dla obsługi do pomieszczenia trafo.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Tabliczka znamionowa transformatora 11/0,4kV 2500kVA na promie.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

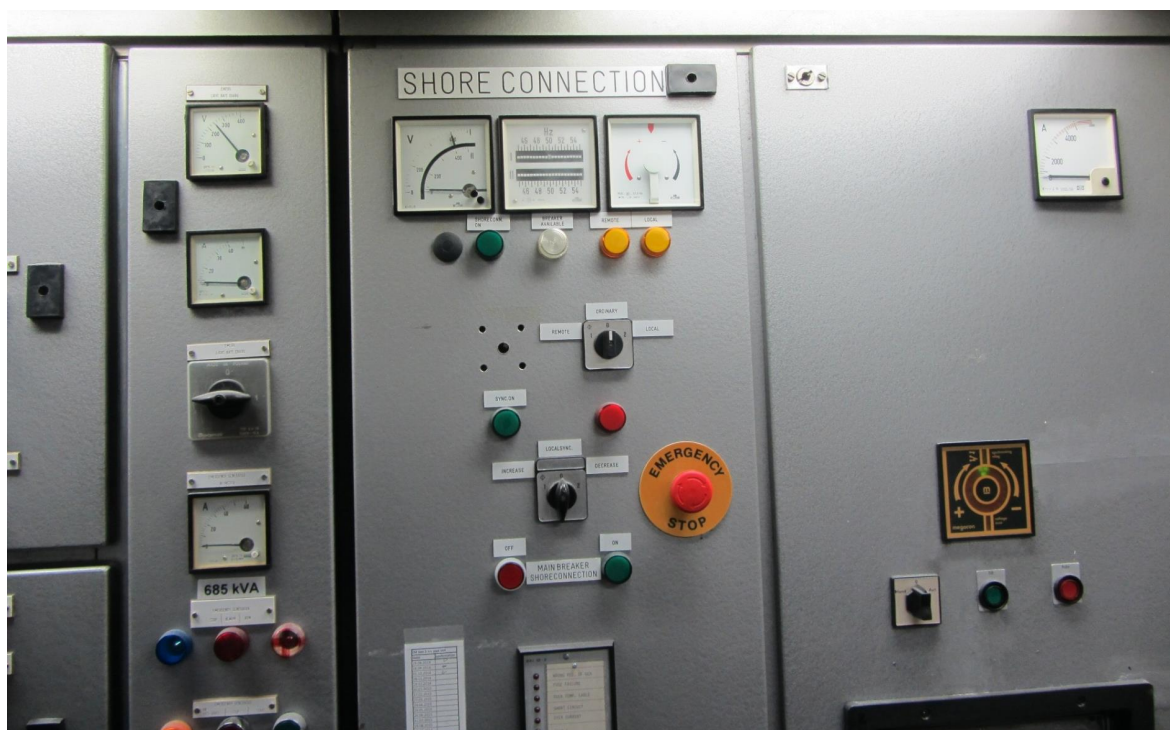
Główna tablica rozdzielcza GTR na promie „STENA SPIRIT”



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Elewacja i wnętrze pola SHORE CONNECTION rozdzielnicy GTR.





[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Pole SHORE CONNECTION z elementami sterowania i obsługi.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Lokalne sterowanie podłączenia zasilania z łądu z poziomu pulpitu obsługi GTR.



[www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl)

Wizualizacja pracy zespołów prądotwórczych w czasie postoju promu (bez zasilania z lądu).

**BILFINGER** **TEBODIN**

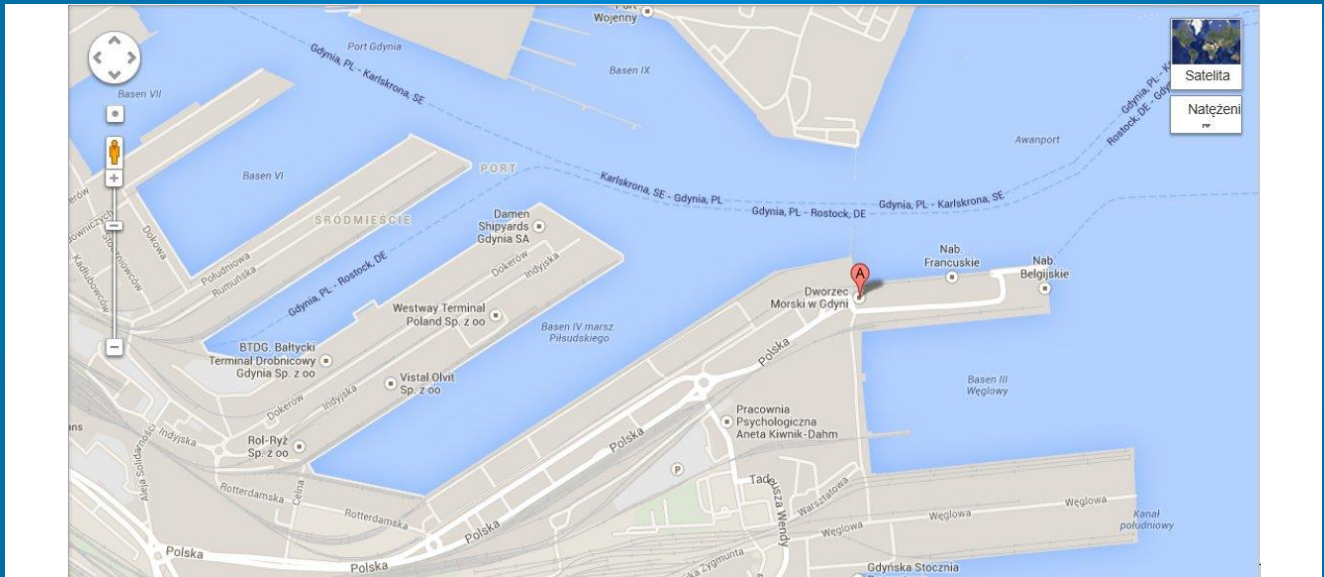
**WE MAKE IDEAS WORK**  
**Budowa Publicznego Terminalu Promowego  
w Porcie Gdynia przy Nabrzeżu Polskim**

Zarząd Morskiego Portu Gdynia S.A.  
Gdynia | 21 listopada 2014

Koncepcja Publicznego Terminalu Promowego w Porcie Gdynia przy Nabrzeżu Polskim.



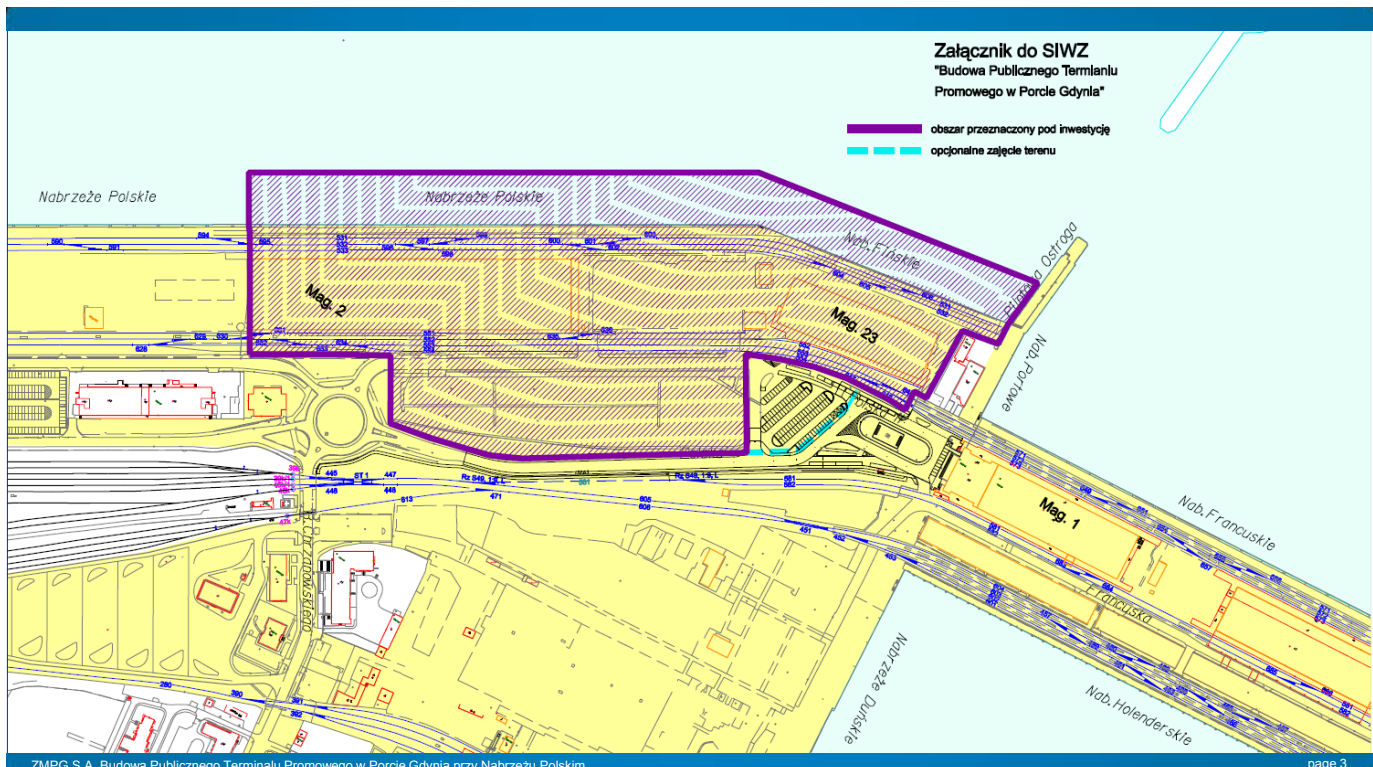
## Lokalizacja Terminalu Morskiego w Gdyni



ZMPG S.A. Budowa Publicznego Terminalu Promowego w Porcie Gdynia przy Nabrzeżu Polskim

page 2

Lokalizacja projektowanego Terminalu Promowego w sąsiedztwie Dworca Morskiego w Gdyni.

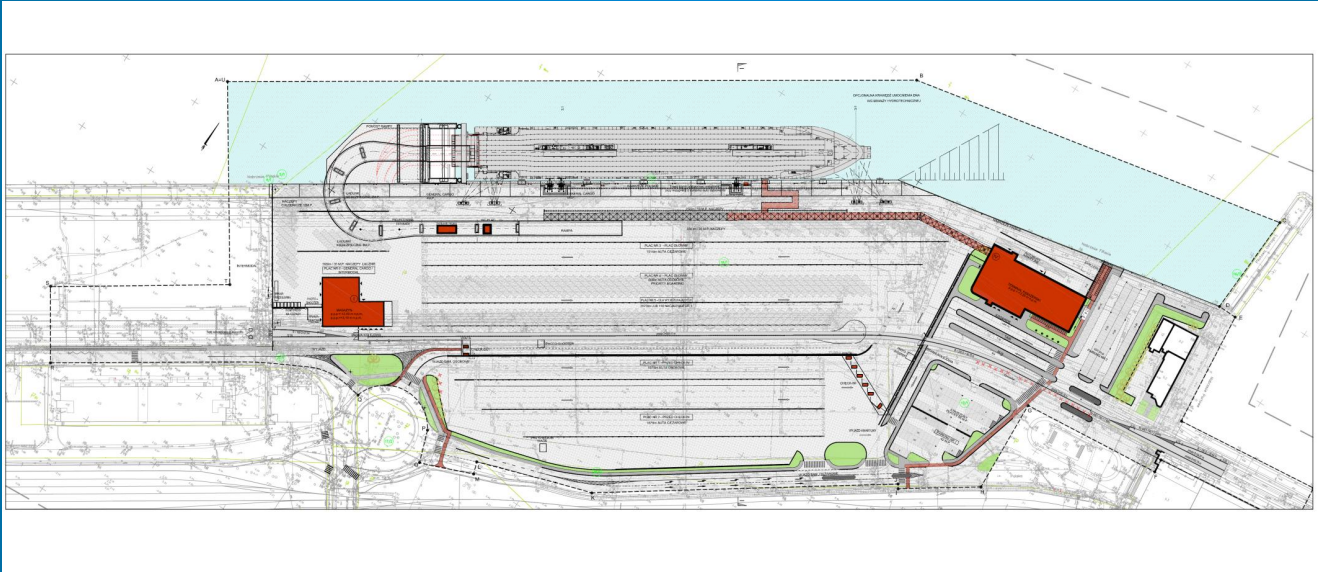


ZMPG S.A. Budowa Publicznego Terminalu Promowego w Porcie Gdynia przy Nabrzeżu Polskim

page 3

Zakres terenu przeznaczony pod Terminal Promowy przy nabrzeżu Polskim i Fińskim.

## Plan zagospodarowania terenu



ZMPG S.A. Budowa Publicznego Terminalu Promowego w Porcie Gdynia przy Nabrzeżu Polskim

page 4

Układ funkcjonalny i komunikacyjny Terminalu Promowego.

## Początkowe wymagania SIWZ oraz późniejsze ustalenia



### Początkowe założenia SIWZ:

- Moc czynna systemu – 2,6MW
- Napięcie wyjściowe systemu – 10,7kV
- Częstotliwość wyjściowa – 60Hz
- 2 różne typy promów (A i B)

### Lokalizacja miejsc przyłączenia na promach:

- Prom A – pokład 3 okolice wręgi 151
- Prom B – pokład 3 okolice wręgi 186

**0,5m. x 35 = 17,5m.**

**Rzeczywista różnica ok. 5 metrów**

### Ustalenia na etapie projektu koncepcyjnego:

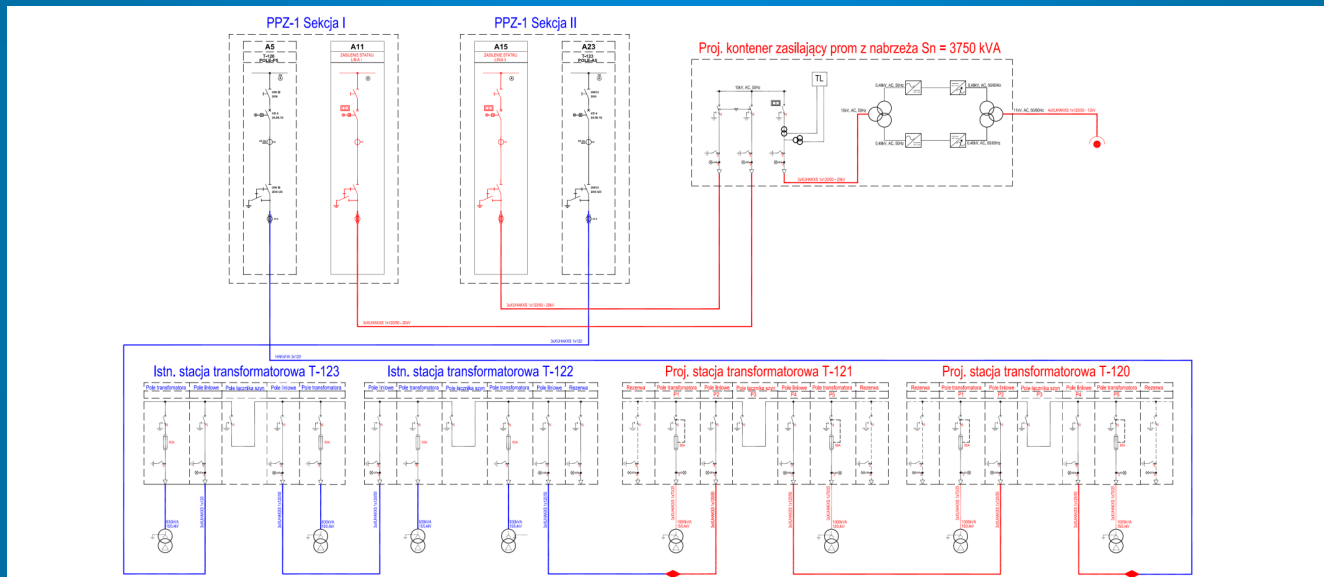
- Moc czynna systemu – 3,0MW
- Napięcie wyjściowe systemu – 10,7kV
- Częstotliwość wyjściowa –  $f = 50/60\text{Hz}$

ZMPG S.A. Budowa Publicznego Terminalu Promowego w Porcie Gdynia przy Nabrzeżu Polskim

page 5

Założenia techniczne zawarte w SIWZ dla urządzeń zasilania promów z łądu.

## Schemat jednokreskowy zasilania SN



ZMPG S.A. Budowa Publicznego Terminalu Promowego w Porcie Gdynia przy Nabrzeżu Polskim

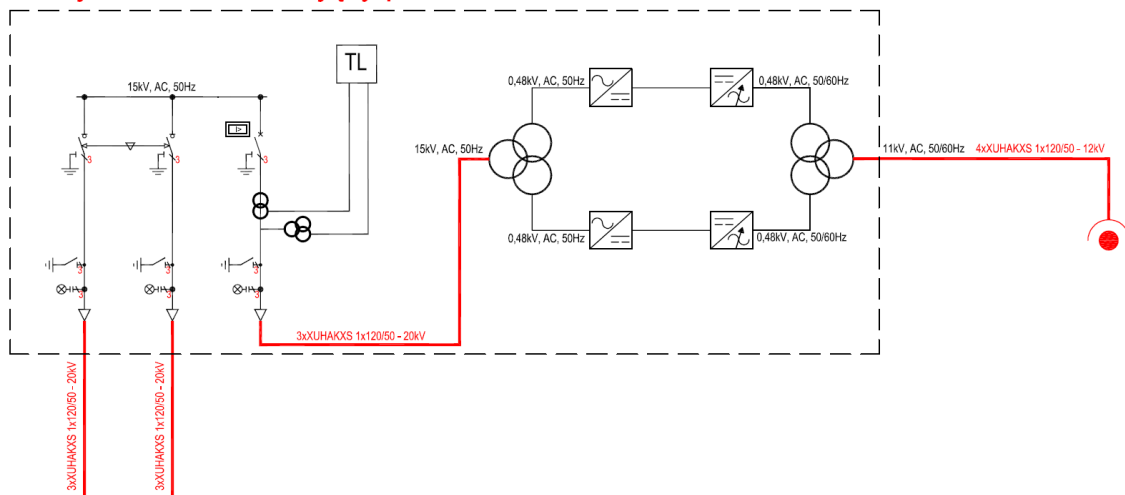
page 6

Schemat ideowy zasilania SN-15kV Terminalu Promowego z sieci ZMPG S.A.

## System zasilania promów z nabrzeża



### Proj. kontener zasilający prom z nabrzeża Sn = 3750 kVA



ZMPG S.A. Budowa Publicznego Terminalu Promowego w Porcie Gdynia przy Nabrzeżu Polskim

page 7

Schemat strukturalny urządzeń w kontenerze zasilania promów z łądu.



## Plan Zagospodarowania Terenu – wizualizacja nr 1



ZMPG S.A. Budowa Publicznego Terminalu Promowego w Porcie Gdynia przy Nabrzeżu Polskim

page 8

## Plan Zagospodarowania Terenu – wizualizacja nr 2



ZMPG S.A. Budowa Publicznego Terminalu Promowego w Porcie Gdynia przy Nabrzeżu Polskim

page 9

Wizualizacje przestrzenne projektowanego Terminalu Promowego.



Edward Musiał

## Problemy ochrony przeciwporażeniowej przy zasilaniu statków z lądu



**AUTOMATYKA, ELEKTRYKA, ZAKŁÓCENIA**  
Konferencja - 2014

INFOTECH®

*Port Gdynia, 21 listopada 2014 r.*

### Sztynort – największa polska marina śródlądowa



**Za mało słupków zasilających.  
Przedłużacze niedopuszczalne.**

2

## Małe statki – PN-EN ISO 13297

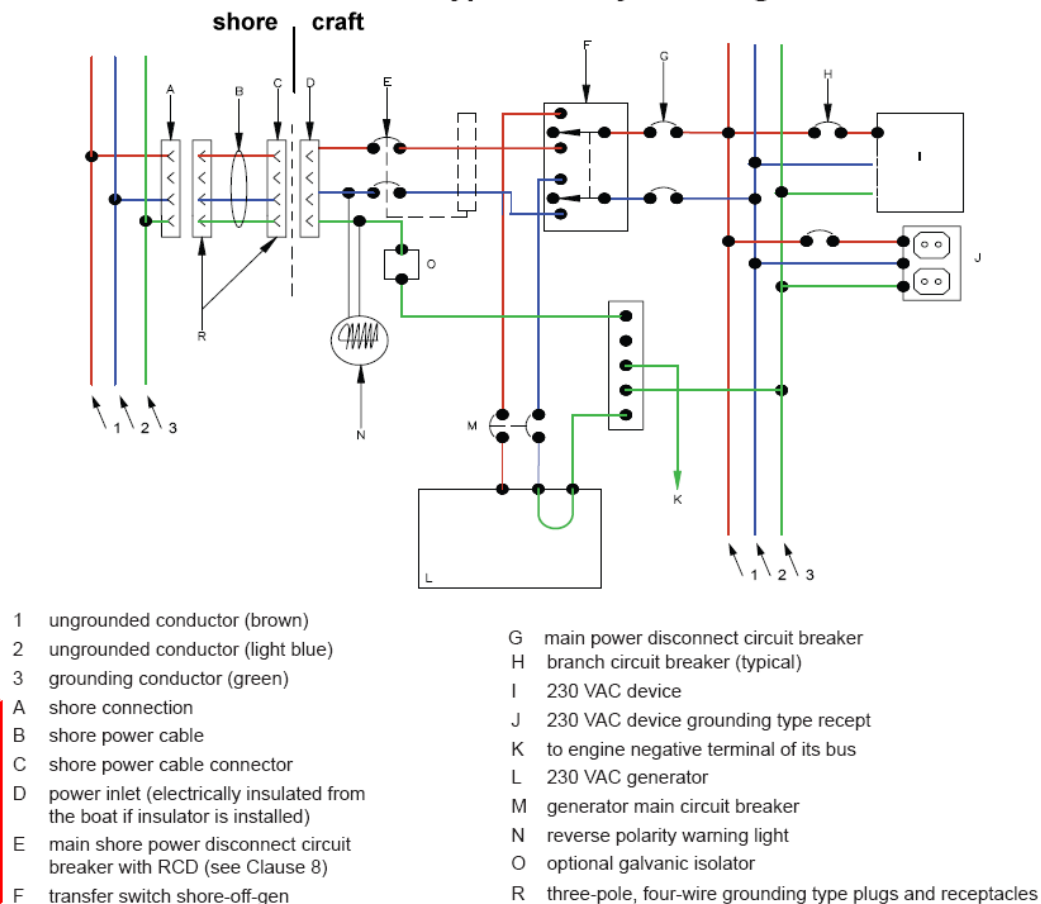
PN-EN ISO 13297:2013E **Małe statki** – Systemy elektryczne – Instalacje prądu przemiennego

### 1 Scope

This International Standard specifies the requirements for the design, construction and installation of low-voltage alternating current electrical systems which operate at nominal **voltages of less than 250 V** single phase **on small craft of hull length up to 24 m**.

3

Typical a.c. system diagrams **230 V**



4

## Mariny – HD 60364-7-709

HARMONIZATION DOCUMENT **HD 60364-7-709/A1**

DOCUMENT D'HARMONISATION

HARMONISIERUNGSDOKUMENT April 2012

ICS 29.020; 91.140.50

English version

Low-voltage electrical installations -  
Part 7-709: Requirements for special installations or locations -  
Marinas and similar locations  
(IEC 60364-7-709:2007/A1:2012)

### 709.413 Protective measure: electrical separation

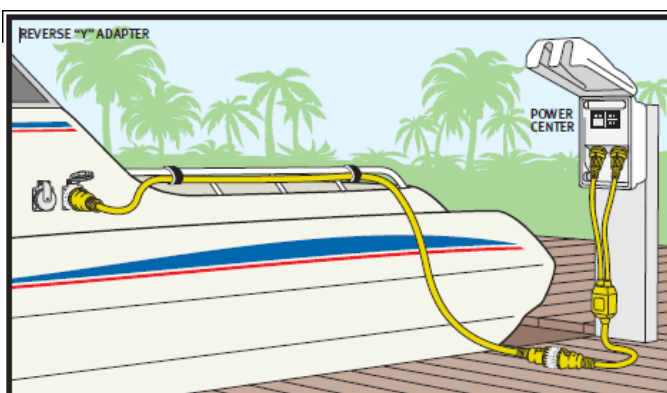
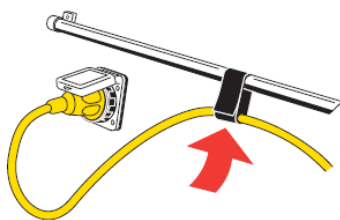
Where the protective measure of electrical separation is used for supplying pleasure craft compliance with all the requirements of Clause 413 and with 709.413.3.2 and 709.413.3.6 shall be ensured.

**709.413.3.2** The circuit shall be supplied through a fixed isolating transformer complying with IEC 61558-2-4.

The protective conductor of the supply to the isolating transformer shall not be connected to the earth terminal in the socket-outlet supplying the pleasure craft.

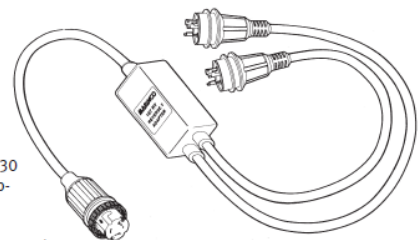
5

## Marina – zasilanie małego statku z lądu



**Reverse "Y" Adapter**  
A Reverse "Y" allows for a boat with 50 ampere 125/250 volt shore power inlet to draw power from two 30 ampere 125 volt receptacles on the dock.

A Standard "Y" adapter made with two plugs and used to draw power from two receptacles expose the boater to two real hazards.



6



## Historia zasilania nn statków w porcie

Landanschluß – wymagania w przepisach klasyfikacyjnych sprzed lat **1950**.

Treu P., Krebs W.: Über die **Erdung von Schiffskörpern** bei Versorgung durch Landanschluß. Schiffbautechnik **1960**, nr 10, s. 277-280.

Krebs W., Treu P.: **Gleichstrom-Landanschluß**-Versorgung im Überseehafen Rostock-Petersdorf. Schiffbautechnik **1962**, nr 6, s. 306-312.

Bös D.: **Versorgung der Schiffe im Hafen** mit elektrischer Energie aus dem Landnetz. Schiffbautechnik **1967**, nr 12, s. 719-721.

Majewski A., Murawski H.: **Analiza celowości zasilania energią elektryczną statków w porcie z sieci lądowej**. Praca magisterska. Politechnika Gdańska **1971**.

7

## Zasilanie WN statków w porcie

**Pierwsza instalacja** zasilania z lądu wysokim napięciem

została oddana do użytku na terminalu ro-ro w Göteborgu **w roku 2000**.

Prace normalizacyjne dot. wysokonapięciowego zasilania z lądu ruszyły dopiero **w roku 2005**.

**Dylematy:** jeden dokument normalizacyjny czy kilka zważywszy:

- różne wymagania zależne od typu statku: kontenerowiec, zbiornikowiec, ro-ro, pasażerski
- różne zapotrzebowanie na moc: 1 ÷ 20 MVA
- różne napięcia: 6,6 kV oraz 11 kV (wg normy max. 15 kV)
- różne częstotliwości: 50 Hz oraz 60 Hz

8

## IEC 60092-210 ed. 5



18/1040/CD

COMMITTEE DRAFT (CD)

IEC/TC or SC: TC 18	Project number <b>IEC 60092-201, Ed. 5</b>	
Title of TC/SC: Electrical installations of ships and of mobile and fixed offshore units	Date of circulation <b>2006-10-06</b>	Closing date for comments <b>2007-01-12</b>
Also of interest to the following committees ISO/TC8, IMO, IACS, IEC/TC8, TC13, TC14, SC17A/C, SC18A, TC20, TC22, TC23, SC23H, SC32A, TC73, TC64, TC77, TC80 and TC99	Supersedes document 18/1039/MCR	
Functions concerned: <input checked="" type="checkbox"/> Safety <input checked="" type="checkbox"/> EMC <input checked="" type="checkbox"/> Environment <input type="checkbox"/> Quality assurance		
Secretary: Mr.Ragnar Gjørven (Norway) E-mail: ragnar.gjorven@nek.no	THIS DOCUMENT IS STILL UNDER STUDY AND SUBJECT TO CHANGE. IT SHOULD NOT BE USED FOR REFERENCE PURPOSES. RECIPIENTS OF THIS DOCUMENT ARE INVITED TO SUBMIT, WITH THEIR COMMENTS, NOTIFICATION OF ANY RELEVANT PATENT RIGHTS OF WHICH THEY ARE AWARE AND TO PROVIDE SUPPORTING DOCUMENTATION.	

Title:

IEC 60092-201, Ed. 5: Electrical installations in ships – Part 201: System design – General, clause 14: Shore connections

9



18/1093/CD

COMMITTEE DRAFT (CD)

IEC/TC or SC: TC 18	Project number IEC 60092-510 Ed.1	
Title of TC/SC: Electrical installations in ships and of mobile and fixed offshore units	Date of circulation <b>2009-01-09</b>	Closing date for comments <b>2009-03-27</b>
Also of interest to the following committees IEC: TC8, TC14, SC17A/C, SC18A, TC20, TC22, TC23, SC 23H, SC32A, TC77, TC80 and TC99. ISO TC8, ISO TC8 SC3. IMO, IACS and IEEE PCIC 1713.	Supersedes document 18/1069A/RVN	
Proposed horizontal standard <input type="checkbox"/> Other TC/SCs are requested to indicate their interest, if any, in this CD to the TC/SC secretary		
Functions concerned: <input checked="" type="checkbox"/> Safety <input checked="" type="checkbox"/> EMC <input checked="" type="checkbox"/> Environment <input type="checkbox"/> Quality assurance		
Secretary: Geir Bull-Njaa, Norway	THIS DOCUMENT IS STILL UNDER STUDY AND SUBJECT TO CHANGE. IT SHOULD NOT BE USED FOR REFERENCE PURPOSES. RECIPIENTS OF THIS DOCUMENT ARE INVITED TO SUBMIT, WITH THEIR COMMENTS, NOTIFICATION OF ANY RELEVANT PATENT RIGHTS OF WHICH THEY ARE AWARE AND TO PROVIDE SUPPORTING DOCUMENTATION.	

Title:

IEC 60092-510 Ed.1: Electrical installations in ships - Special features - High Voltage Shore Connection Systems (HVSC-Systems)

**Tempo ekspresowe, bo już po miesiącu...**

10



IEC 60092-510

Edition 1.0 2009-04

# PUBLICLY AVAILABLE SPECIFICATION

PRE-STANDARD

Electrical installations in ships –  
Part 510: Special features – High-voltage shore connection systems



IEC/ISO/IEEE 80005-1

Edition 1.0 2012-07

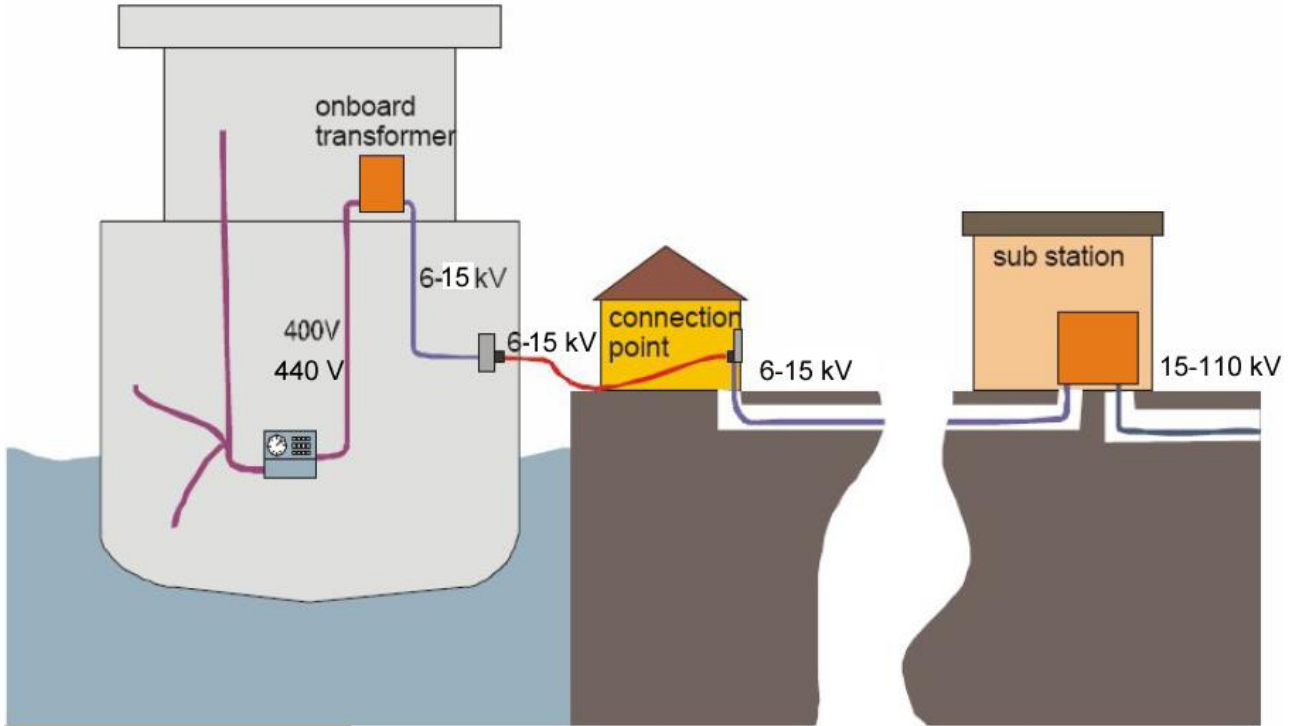


# INTERNATIONAL STANDARD

Utility connections in port –  
Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems – General requirements

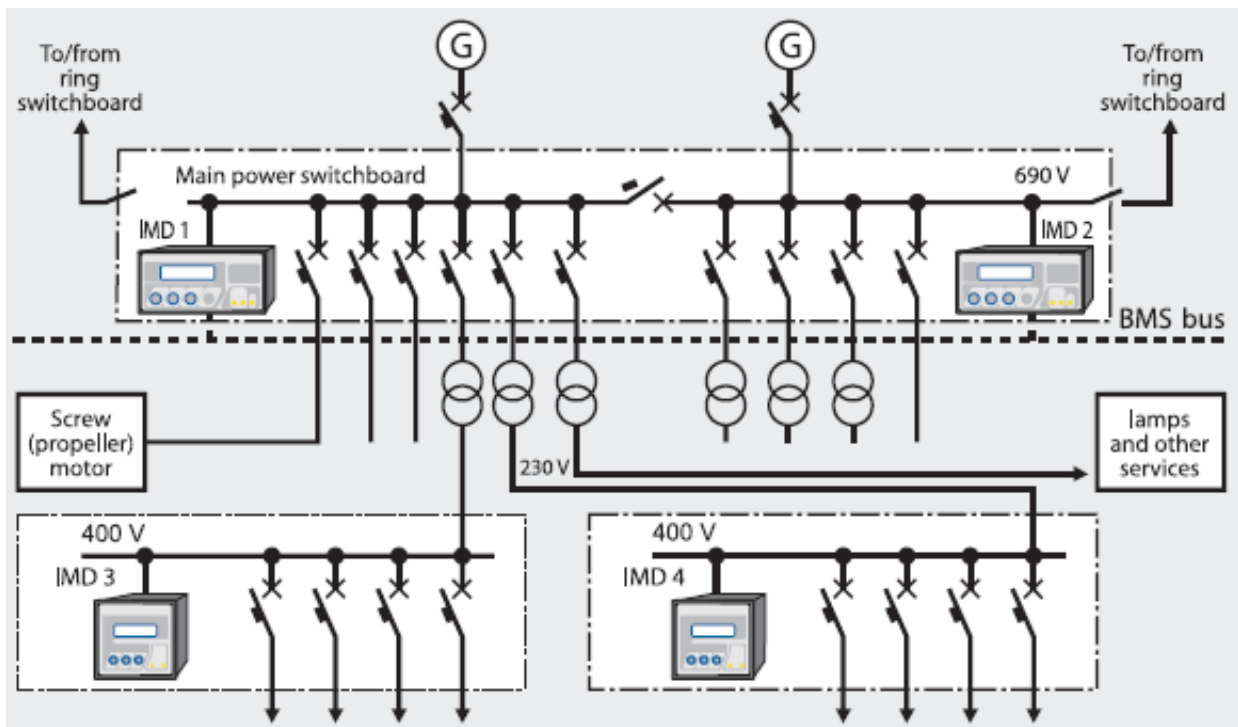


## Układ zasilania z lądu



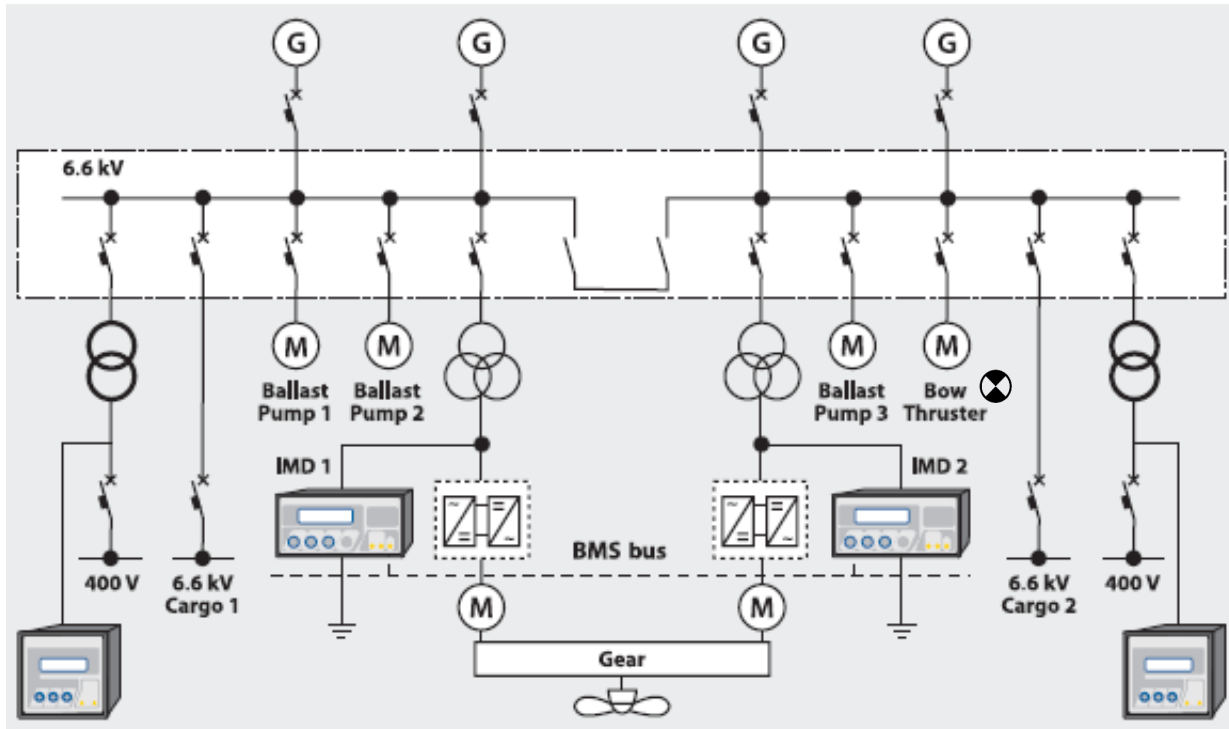
13

## Instalacja statku 690 V/400 V/230 V



14

## Instalacja statku 6,6 kV/400 V/230 V



15

## Statki nn/SN 50 Hz/60 Hz

	LV	HV	50Hz	60Hz
Container < 140m	100%	0%	63%	37%
Container > 140m	88%	12%	6%	94%
Ro-Ro	100%	0%	30%	70%
Oil tankers	100%	0%	20%	80%
Cruise ships < 200 m	100%	0%	36%	64%
Cruise ships > 200m	12%	88%	0%	100%

16

## Kable z lądu



Seattle, Zach. Wybrzeże

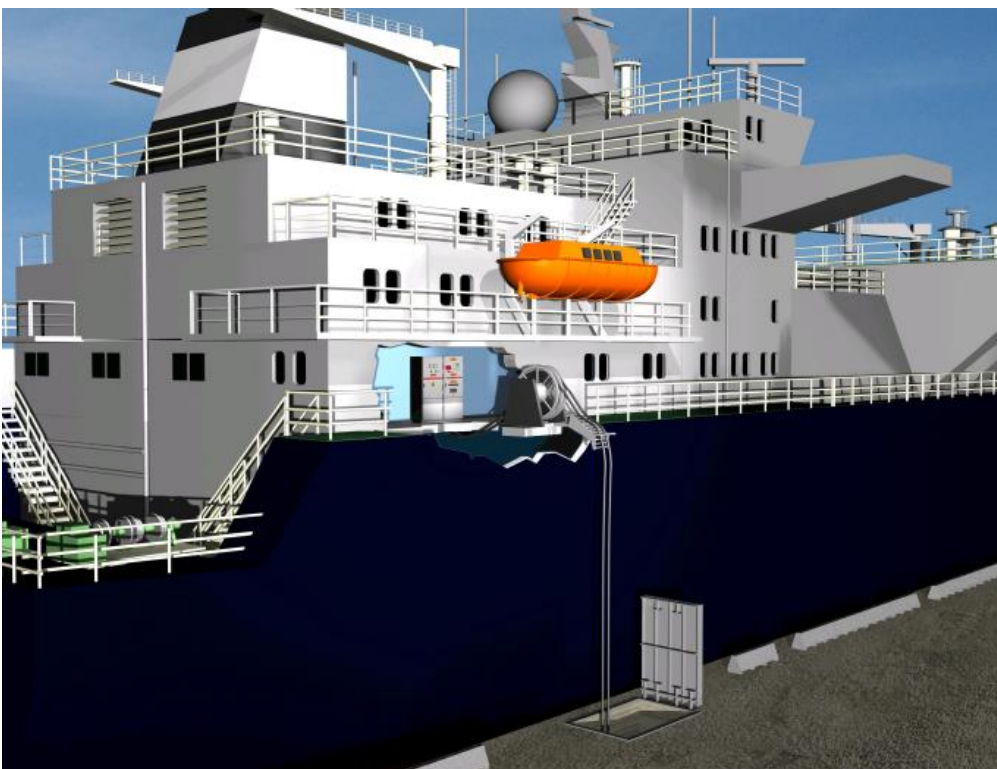
do 6,5 MVA → 1 kabel 11 kV

$$\frac{6500}{\sqrt{3} \cdot 11} = 342 \text{ A}$$

17

## Kable ze statku

dedicated cable management system



18





do 6,5 MVA → 1 kabel 11 kV

$$\frac{6500}{\sqrt{3} \cdot 11} = 342 \text{ A}$$

19

## Kable ze statku

Lubeka



Czynność przyłączenia bądź odłączenia zasilania z lądu: 5 ÷ 30 min

7.1 Kabel przyłączeniowy w jednym odcinku. **Przedłużacze zabronione!**

20

## Kabel przyłączeniowy HVSC

Kabel co najmniej o **ograniczonym rozprzestrzenianiu płomienia**

(oznaczenie FR – *Flame Retardant* wg IEC 60332-1-2 )

**Oslona zewnętrzna** niehigroskopijna, olejoodporna, odporna na działanie atmosfery morskiej, wody morskiej i promieniowania słonecznego (UV)

Izolacja **klasy temperaturowej co najmniej 90 °C** → największa dopuszczalna długotrwałe temperatura izolacji **95 °C** (z uwzględnieniem nawinięcia na bębnie i podobnych utrudnień chłodzenia)

Jeżeli temperatura otoczenia **> 45 °C** → korekta obciążalności wg IEC 60092-201:1994

21

## Gospodarka kablami przyłączeniowymi

### 7.2 Cable management system

Zestaw urządzeń kabla przyłączeniowego powinien:

- ułatwiać przyłączenie kabla zasilającego statek z nabrzeża,
- utrzymywać właściwą długość kabla **bez nadmiernego luzu i bez nadmiernego naciągu**
- zapobiegać **zanurzeniu** kabla w wodzie,
- nie wchodzić w kolizję z linami i innymi elementami systemu cumowania,
- przestrzegać dopuszczalnego **promienia gięcia kabla** w warunkach użytkowania  
i przechowywania,
- przenosić ciężar kabla **mimo zmian zanurzenia statku i pływów morskich**,
- umożliwiać sprawne rozwijanie i zwijanie kabla,

Użytkowanie kabla choćby w części nawiniętego na bębnie wymaga korekty jego obciążalności stosownie do liczby warstw zwojów.

22

## Bezpieczeństwo personelu

### 4.5 Personnel safety

Standard wykonania sprzętu HVSC oraz procedury eksploatacji powinny zapewniać bezpieczeństwo personelu :

- podczas przyłączania zasilania statku
- przez cały czas zasilania statku, również w razie uszkodzenia
- podczas odłączania zasilania statku
- w czasie, kiedy układ HVSC jest wyłączony z ruchu

Użycie terminu **bezpieczeństwo** nie ma sugerować ani gwarantować, że można zapewnić **bezpieczeństwo absolutne** w każdej sytuacji i w wyniku przestrzegania postanowień normy.

Takie określenia jak: **bezpieczny**, **samoistnie bezpieczny**, **procedury bezpiecznej pracy**, **bezpieczne środowisko pracy**, **konstrukcja bezpieczna**, **odległość bezpieczna**, opisują **dobre praktyki** bądź **warunki**, w których

**ryzyko jest zminimalizowane, nie jest większe od dopuszczalnego ryzyka resztkowego, ale nie jest zerowe, nie jest wyeliminowane.**

23

## Organizacyjne środki ochrony

### 4.4.1 System integration of shore and ship HVSC systems

**shall be managed by a single designated party**

and **shall be performed in accordance with a defined procedure**

identifying the roles, responsibilities and requirements of all parties involved.

**PIC** – person in charge (osoba odpowiedzialna)

### 4.4.2 System operation

During the operation of HVSC systems, **PIC(s) shall be identified at the shore facility and on board the ship** for the purposes of communication.

The **PIC(s)** shall be provided with sufficient information, instructions, tools and other resources for safety and efficiency of these activities.

**Szkolenie** personelu wstępne i ustawiczne, ocena kompetencji, treningi,

**scenariusze kryzysowe**

Uprawnienia do prowadzenia **eksploatacji**, uprawnienia do **nadzoru** nad eksploatacją 24



## Organizacyjne środki ochrony – Szkolenie załogi statku

1. W łącznej liczbie wypadków przy pracy **udział wypadków w porcie** jest kilkakrotnie większy niż by to wynikało ze stosunku łącznego czasu postojów do łącznego czasu rejsów.
2. **Technologia HVSC jest nowym wyzwaniem** dla załogi statku, zwłaszcza dla elektryków okrętowych odpowiedzialnych m.in. za jakość energii oraz za koordynację układów zabezpieczeń i monitoringu sieci okrętowej przy zasilaniu z lądu.
3. Technologia HVSC jest wyzwaniem najtrudniejszym **dla załogi statków, które nie mają generatorów HV**,  
a w porcie będą mogły być zasilane tylko napięciem HV – 6,6 kV lub 11 kV.

25

## Techniczne środki ochrony (1)

**Ochrona podstawowa** (ochrona przed dotykiem bezpośrednim)

**izolacja podstawowa** części czynnych

**osłony**

**uniedostępnienie**

**blokady manipulacyjne**

**obwody bezpieczeństwa, obwody pilotowe**

**środki ochrony osobistej**

**wykonanie:**

**failsafe** – bezpieczne w razie uszkodzenia (bezpieczeństwo strukturalne)

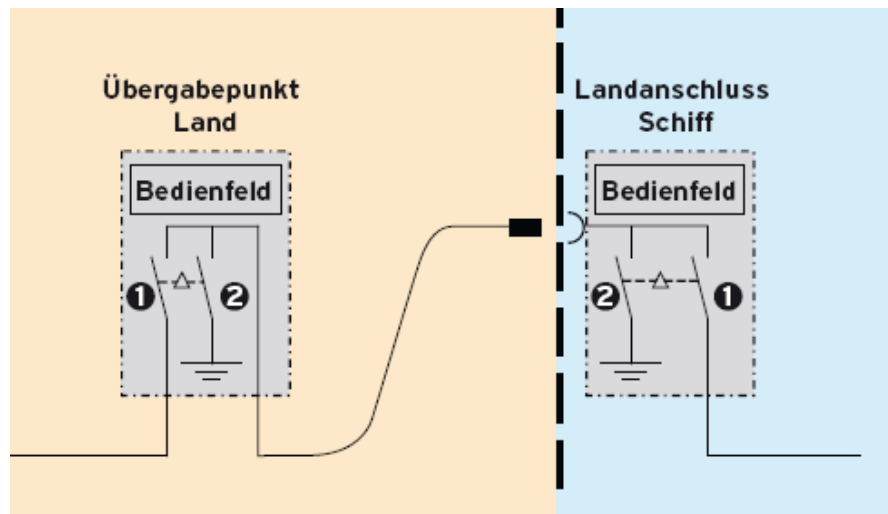
**foolproof; idiotensicher** – odporne na szorstką obsługę, na ciężką rękę marynarza, na działanie bezmyślne bądź złośliwe

26

## Blokady

### 6.4.2

Czynności obsługowe przy **połączeniu wtyczka – gniazdo** powinny być możliwe tylko po uprzednim zamknięciu właściwych uziemników po obu stronach: statku i nabrzeża.



27

## Blokady

**Wyłącznik nabrzeżny HVSC nie powinien dać się zamknąć,**

jeżeli występuje którakolwiek z następujących okoliczności:

- jest zamknięty którykolwiek z **uziemników**, od strony lądu i/lub od strony statku,
- obwód zestyku pilotowego** nie jest zamknięty (zob. 7.3.2),
- jest pobudzony **łącznik zatrzymania awaryjnego**,
- nabrzeżny bądź okrętowy **system autotestu** układów sterowania, alarmu lub bezpieczeństwa wykrywa błąd mogący zagrażać bezpieczeństwu połączenia,
- nie jest sprawna **linia przesyłu informacji** między nabrzeżem a statkiem,
- zezwole nie ze strony statku** nie jest aktywowane (zob. 7.8),
- brak wysokiego napięcia** na zaciskach zasilania oraz
- ciągłość połączenia wyrównawczego** nie jest potwierdzona

(przez przekaźnik monitorujący ciągłość, zob. 4.2.2).

28

## Blokady

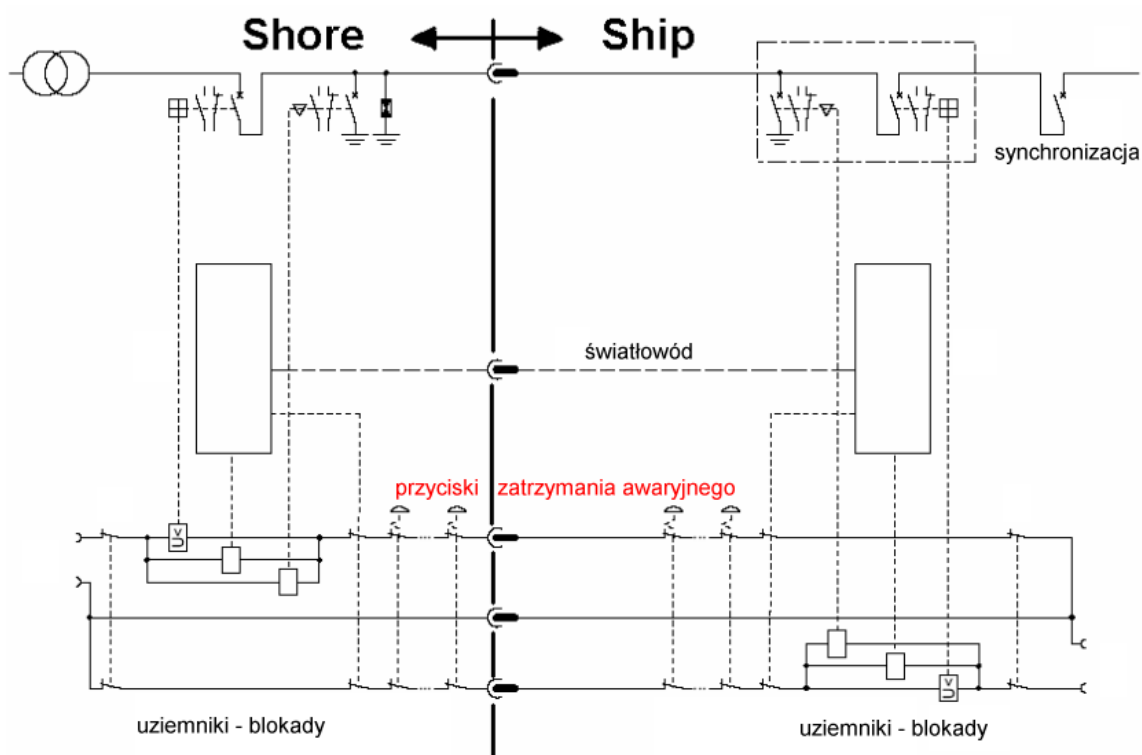
6.4.3.

... **Odlącznik nie powinien dać się zamknąć** albo wyłącznik wysuwny nie powinien dać się przestawić w położenie PRACA, jeżeli występuje którakolwiek z następujących okoliczności:

- i) jest zamknięty którykolwiek z **uziemników** (na nabrzeżu, na statku),
- j) **obwód zestyku pilotowego** nie jest zamknięty (zob. 7.3.2),
- k) nie jest sprawna **linia przesyłu informacji** między nabrzeżem a statkiem,
- l) **ciągłość połączenia wyrównawczego** nie jest potwierdzona (przez przekaźnik monitorujący ciągłość, zob. 4.2.2).

29

## Obwody bezpieczeństwa



30



## Przyciski zatrzymania awaryjnego

Przyciski zatrzymania awaryjnego powinny być rozmieszczone we wszystkich miejscach ważnych dla bezpieczeństwa, a co najmniej:

- przy pokładowym stanowisku nadzoru HVSC
- w pobliżu pokładowego gniazda wtyczkowego HVSC
- przy wyłącznikach HVSC na nabrzeżu i na statku
- przy stanowisku nadzoru kabla przyłączeniowego

31

## Wyłączenie awaryjne HVSC

Awaryjne wyłączenie HVSC powinno nastąpić w przypadku:

- **przerwania połączenia wyrównawczego** (przełącznik monitorujący ciągłość)
- przekroczenia największego **dopuszczalnego naciągu kabla**,
- **niesprawności któregoś z obwodów bezpieczeństwa**,
- **pobudzenia dowolnego przycisku stopu awaryjnego**,
- wzbudzenia przełącznika przeznaczonego do wykrywania **zwarć w kablu HVSC**

oraz w jego gniazdach i wtyczkach,

- **rozłączenia wtyczki** w gnieździe przy czynnym połączeniu HVSC

32

## Techniczne środki ochrony (2)

Ochrona dodatkowa – ochrona **w razie zwarć doziemnych**

- w obrębie układu HVSC łącznie ze stacją nabrzeżną i statkiem
- w poprzedzającym układzie zasilającym średniego i najwyższego napięcia

**Napięcia dotykowe** (i napięcia krokowe) występujące w czasie trwania uszkodzenia

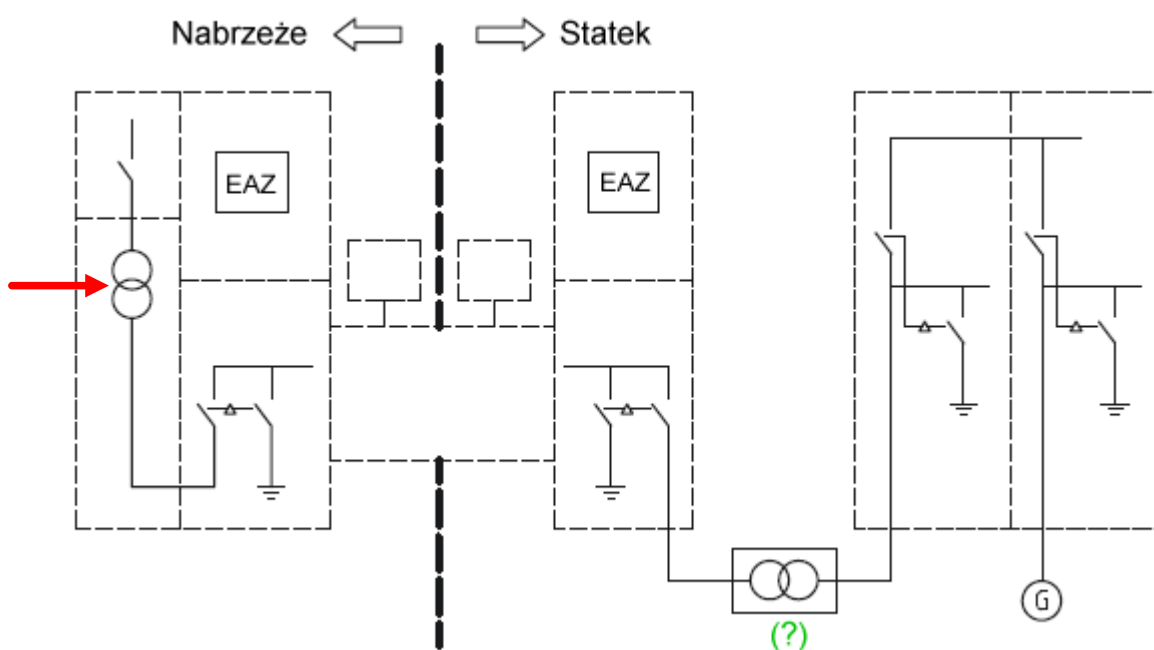
(zwarcia doziemnego) **nie powinny przekraczać wartości dopuszczalnej (30 V)**.

**Możliwości ograniczania napięcia dotykowego spodziewanego i/lub czasu jego trwania:**

- Samoczynne wybiornicze wyłączenie zwarć doziemnych w określonym czasie
- Mała wartość prądu zwarcia doziemnego
- Pętla prądu zwarcia doziemnego metaliczna, najlepiej przewodowa
- Połączenia wyrównawcze i układy uzimowe wyrównawcze

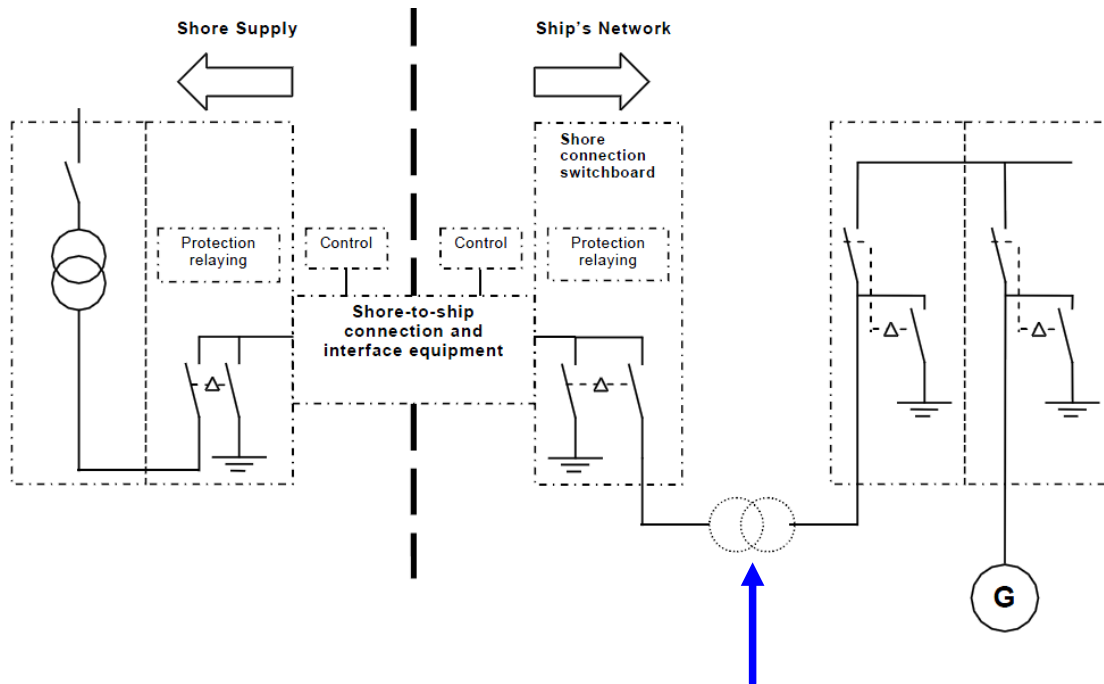
33

## Układ zasilania statku z lądu



34

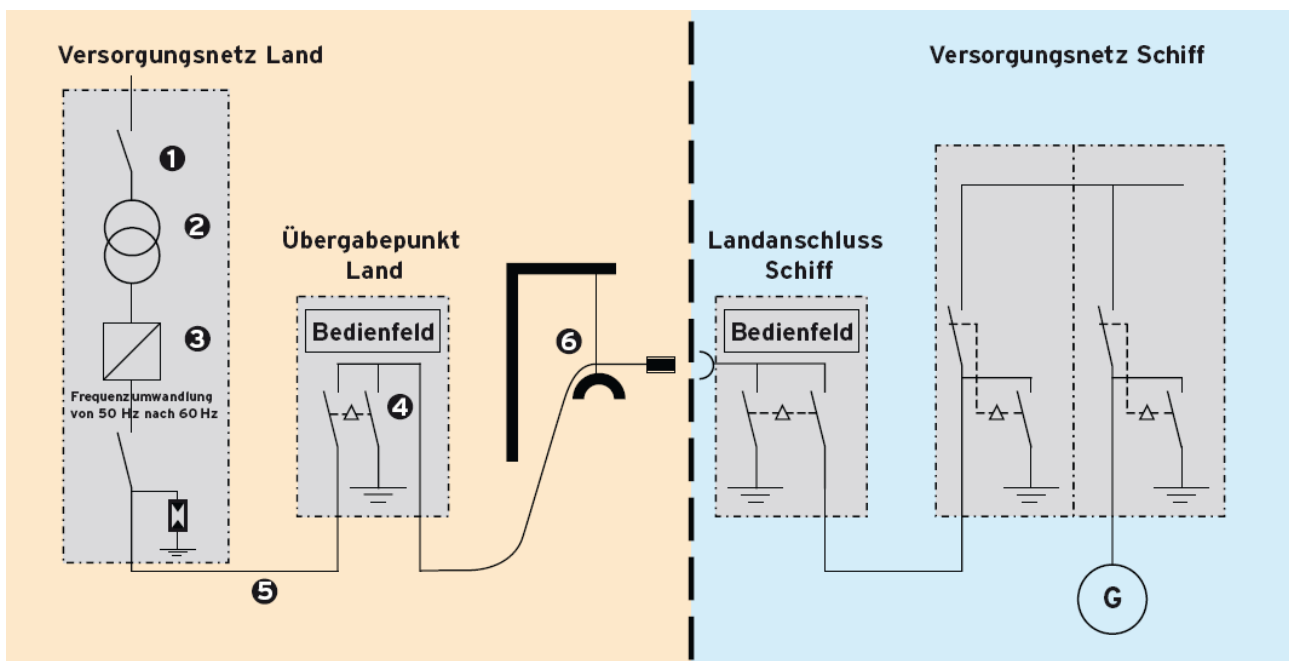
## Układ zasilania statku z lądu



Port gwarantuje zasilanie dwoma napięciami: 6,6 kV oraz 11 kV.  
 Jeżeli statek wymaga innego napięcia → własny transformator na pokładzie.

35

## Układ zasilania statku z lądu



36



## Oddzielenie galwaniczne części czynnych sieci portowej i sieci okrętowej

Połączenie WN statek – ląd → **oddzielenie galwaniczne** sieci okrętowej od sieci lądowej.

**Transformator oddzielający** (separating transformer) – transformator o jednym lub kilku uzwojeniach pierwotnych oddzielonych od uzwojenia (uzwojeń) wtórnego  
co najmniej izolacją podstawową.

Uzwojenie wtórne – gwiazda z wyprowadzonym zaciskiem N → **Dyn**

37

## Oddzielenie galwaniczne

5.1

To allow standardization of the HV shore supply and link nominal voltage in different ports, HV shore connections shall be provided with a nominal voltage of 6,6 kV a.c. and/or 11 kV a.c. **galvanically separated from the shore distribution system.**

6.1

**Each ship** shall be provided with a dedicated HV shore supply installation which is **galvanically isolated from other connected ships and consumers.**

This may not be required where a HV shore supply is dedicated to supply only ships which have **galvanic isolation on board.**

A risk assessment should be performed.

38

## Połączenie galwaniczne układów uziomowych sieci lądowej i sieci okrętowej

### 4.2.2 Połączenie wyrównawcze

Należy wykonać połączenie wyrównawcze **między kadłubem statku**  
**a układem uziomowym nabrzeża.**

#### Monitorowanie ciągłości połączenia wyrównawczego

powinno być jednym z zadań obwodu bezpieczeństwa.

**Przerwanie połączenia wyrównawczego** powinno wywołać **wyłączenie zasilania z lądu,**  
a następnie przejście sieci okrętowej na zasilanie z własnych źródeł.

39

## Jeden jedyny układ uziomowy!

Na terenie całego portu powinien być **jeden wspólny układ uziomowy**  
łączyący ze sobą wszelkie uziomy naturalne i sztuczne  
(stacji elektroenergetycznych, nabrzeży i zasilanych statków),  
służący **do wszelkich celów uziomowych:**

- uziemienia robocze (funkcjonalne),
- ochrona od porażień,
- ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa,
- ochrona przeciwzakłóceniamiowa
- ...

Falszywe jest pytanie, **CZY** jakieś uziemienia albo przewody uziemiające w porcie  
łączyć ze sobą.

Rozsądne jest pytanie, **JAK** je ze sobą łączyć.

40

## Przyczyną śmiertelnego wypadku może być uziemienie

### DEATH BY GROUNDING

Copyright Material IEEE  
Paper No. PCIC-2008-XX

Donald W. Zipse, P.E.  
Life Fellow, IEEE  
Electrical Forensics, LLC.  
don.zip@ieee.org

PO Box 7052  
Wilmington, DE 19803-0052

671 Kadar Drive  
West Chester, PA 19382-8123

**Abstract** – Misunderstandings concerning stray current and equipotential planes are prevalent in North America. Clarification of and differences between equipotentials found in high voltage cable and in concrete encased re-inforcing bar installations in concrete pads and swimming pools are explained. Misunderstanding and false interpretation of the IEEE Standard 80, "Guide for Safety in AC Substation Grounding" has led to flawed conclusions and the false concept of equipotential planes, which are shown to be erroneous and are debunked by tests performed in the field. Also discussed are the dangers associated with bare concentric neutral high voltage cable, the use of can and has contributed to the proliferation of stray current which has resulted in death.

"(A) Performance. The equipotential bonding required by this section shall be installed to eliminate voltage gradients in the pool area as prescribed." National Electrical Code (NEC) 2005, Section 680.26

*Equipotential lines – Cable, dielectric field:* The locus of points having the same potential at a given time. (PE) 81-1983 [2] "In all dielectric cables, irrespective of their voltage ratings, there is a dielectric field present when the conductor is energized. This dielectric field is typically represented by electrostatic flux lines and equipotential lines between the conductor and electric ground". [3]

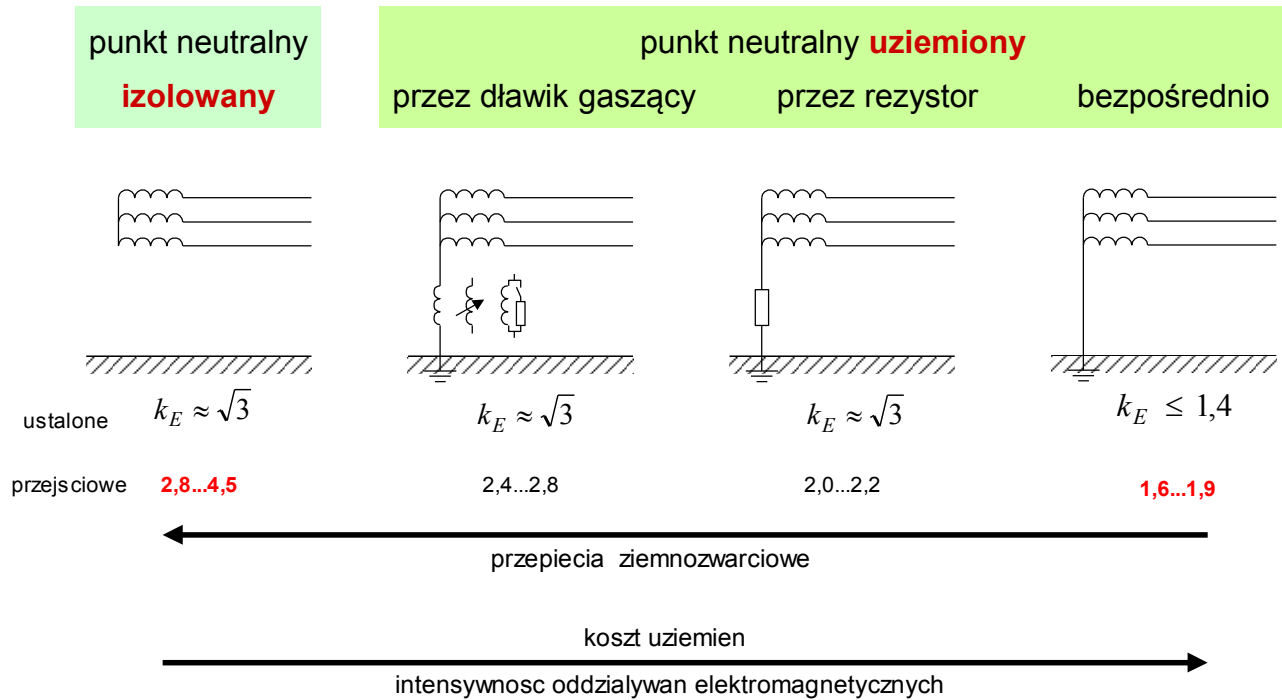
*Equipotential plane:* Equipotential means having the same electrical potential throughout: plane means a flat or level surface; together they form a level surface having the same electrical potential throughout.

## Przed pierwszym cumowaniem statku w danym porcie

### 4.3. Compatibility assessment before connection – w tym:

- a) **Zgodność z postanowieniami normy 80005-1** (wymaganiami i ew. odstępstwami)
- b) **Najmniejszy** i największy spodziewany prąd zwarciovowy  
**max 16 kA shore and board contribution**
- k) Sprawdzenie zgodności **sposobu uziemienia roboczego sieci** →  
punktu neutralnego obwodu wtórnego transformatora na nabrzeżu
- l) działanie okrętowych **zabezpieczeń ziemnozwarciowych**, monitoringu i sygnalizacji  
w warunkach zasilania z łądu (p. 8.2.2)
- n) kompatybilność **obwodów bezpieczeństwa** (p. 9.1)
- r) uwzględnienie zagrożenia **korozją elektrochemiczną**  
w następstwie połączenia wyrównawczego
- t) monitorowanie połączenia wyrównawczego

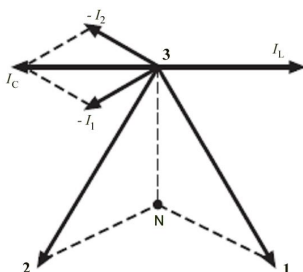
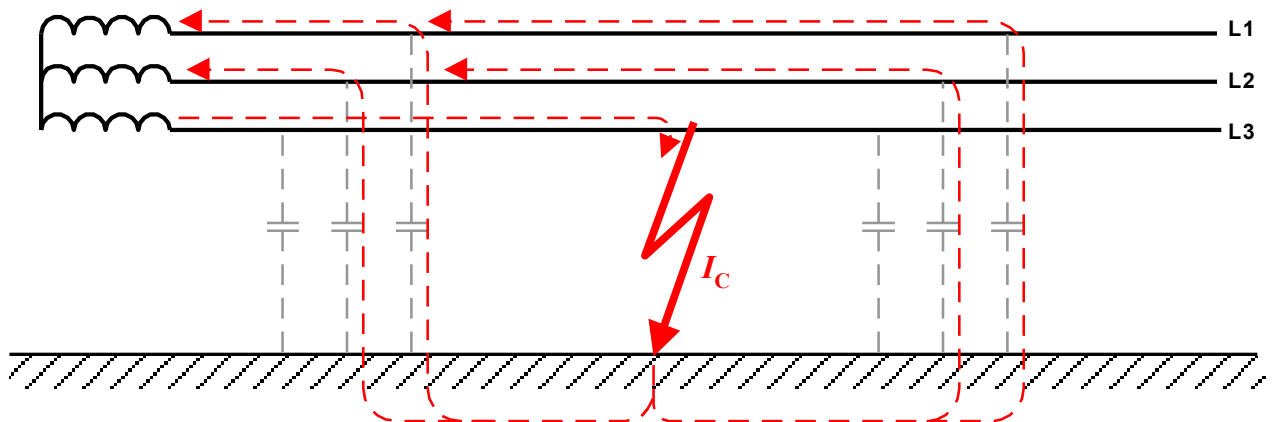
## Główne sposoby uziemienia punktu neutralnego



43

## Punkt neutralny izolowany

### Jednomiejscowe zwarcie z ziemią



$$I_C = 3 \omega C_0 U_0 = \sqrt{3} \omega C_0 U_n$$

44



## Punkt neutralny izolowany

### Przy jednoczesnym zwarciu z ziemią:

Pojemnościowy prąd zwarcia doziemnego linii 15 kV

0,045 A/km linia napowietrzna

1,7...3,0 A/km kabel o izolacji polietylenowej (70...300 mm<sup>2</sup>)

Pojemnościowy prąd zwarcia doziemnego sieci okrętowej 11 kV

5...10 A mniejsze jednostki

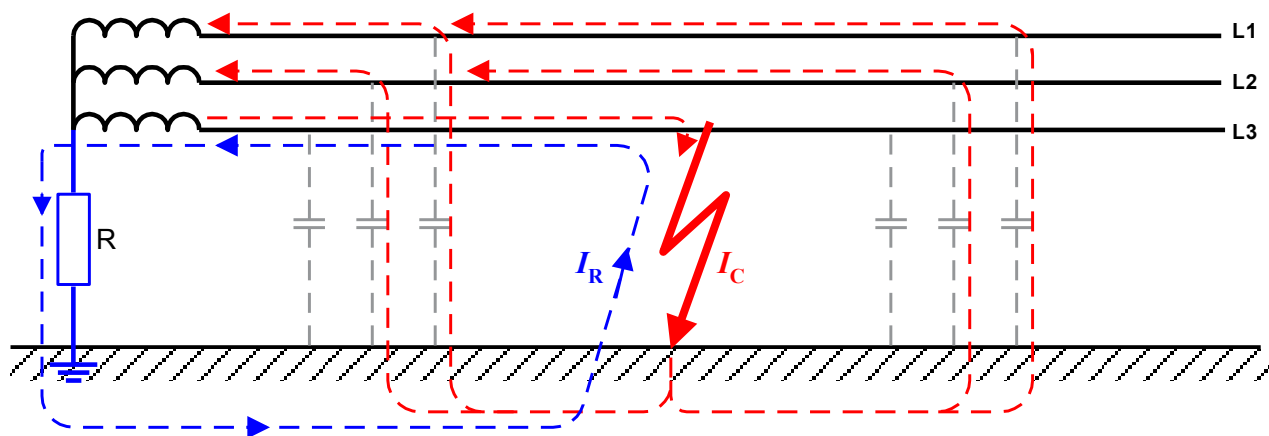
15...20 A duże jednostki, zwłaszcza wycieczkowce

Pojemnościowy prąd zwarcia doziemnego sieci okrętowej 6,6 kV porównywalnej jednostki

≈ ¾ powyższej wartości

45

## Punkt neutralny uziemiony przez rezystor



W miejscu zwarcia płynie prąd  $I_{k1} \approx \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$

Pożądanym  $I_R > I_C$

46

## Wysokorezystancyjne uziemienie punktu neutralnego

- **małoprądowe zwarcia doziemne** (> 85% wszelkich zwarć)
  - ograniczone skutki zwarć
  - trudniejsza detekcja i eliminacja zwarć
- ograniczenie przepięć łączeniowych

- Prąd zwarcia doziemnego **mniejszy niż 1% prądu zwarcia trójfazowego**

$$I''_{k1} = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} < 0,01 \cdot I''_{k3} = 0,01 \cdot 16000 = 160 \text{ A}$$

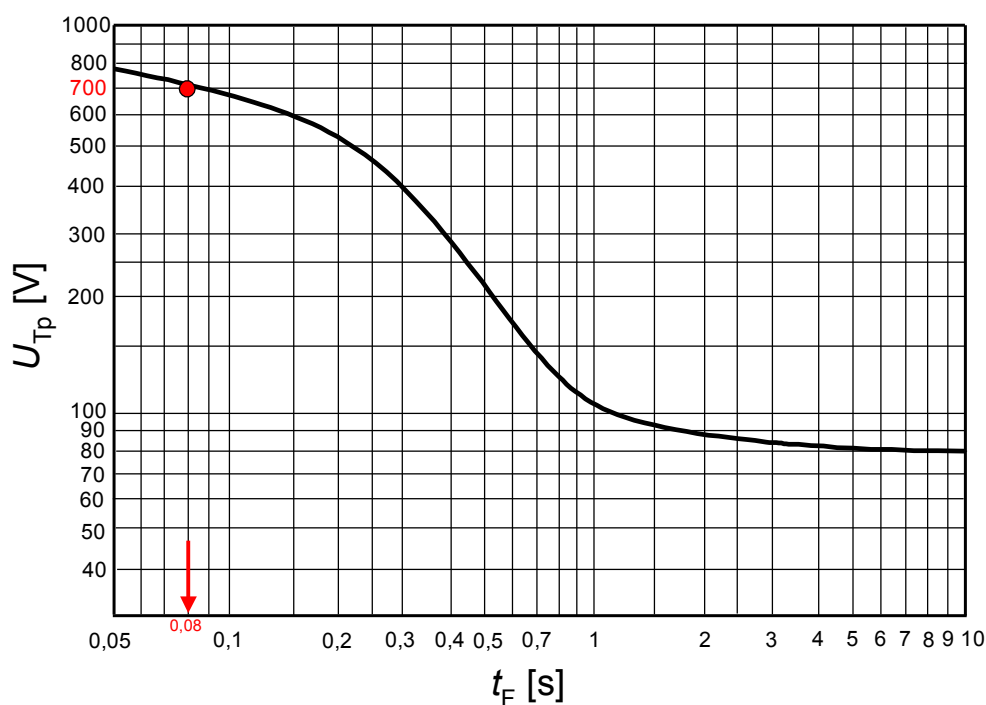
- Składowa czynna prądu zwarcia doziemnego nie powinna być wyraźnie większa niż składowa pojemnościowa

$$I_R \approx I_C \approx 5 \dots 10 \dots 20 \text{ A} \quad \text{w instalacji okrętowej 11 kV}$$

47

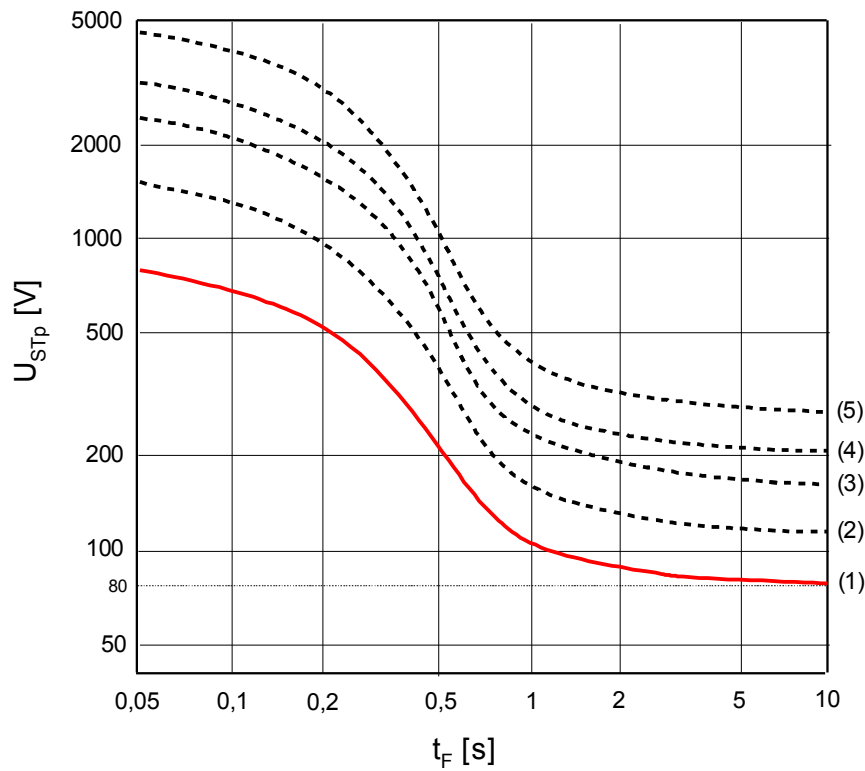
## Największe dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe $U_{Tp}$

w zależności od czasu rażenia  $t_F$



48

## Największe dopuszczalne napięcie dotykowe spodziewane



49

## Rezystor uziemiający

### 6.2.3 Neutral earthing resistor

#### Uziemienie punktu neutralnego układu HVSC przez rezystor:

- przyłączony bezpośrednio lub pośrednio (przez transformator uziemiający)
- zwymiarowany na prąd  $\geq 1,25 I_C$  i obciążalności ciągłej  $\geq 25 A$

#### Ciągłość obwodu rezystora uziemiającego stale monitorowana,

a w razie jej naruszenia → samoczynne wyłączenie zasilania z łądu

(otwarcie wyłącznika na nabrzeżu).

#### Napięcie dotykowe ani napięcie krokowe w razie zwarcia doziemnego

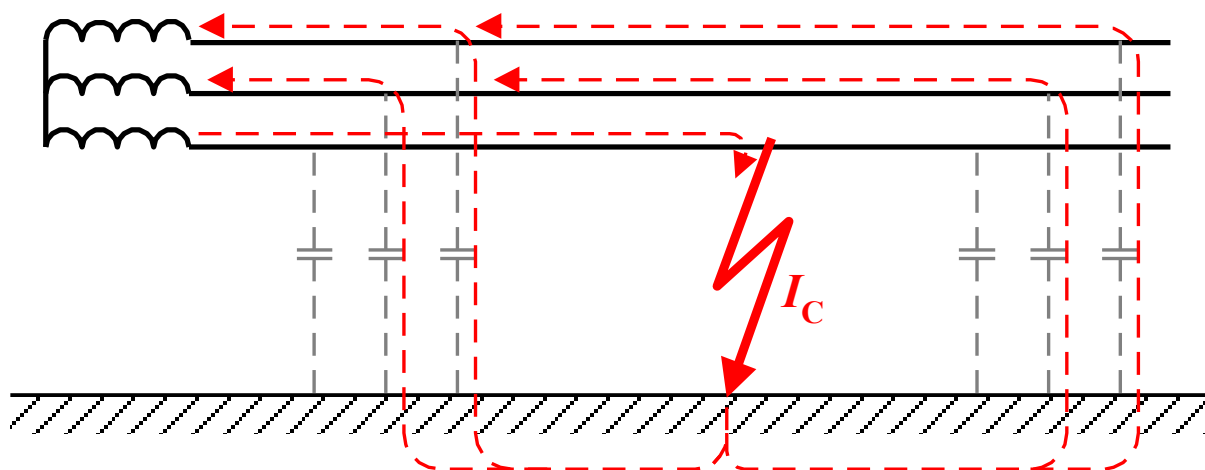
w żadnym miejscu instalacji HVSC nie powinno przekraczać **30 V**.

**30 V** bez wzmianki o czasie rażenia (czasie trwania zwarcia doziemnego)?

50



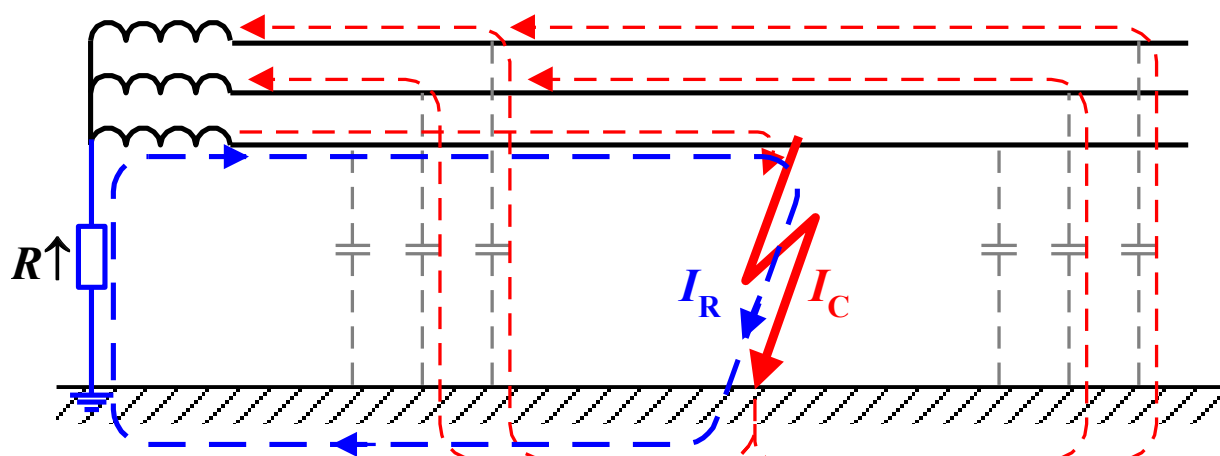
### Punkt neutralny izolowany



$$I''_{k1} = I_C$$

51

### Punkt neutralny uziemiony wysokorezystancyjnie



$$I''_{k1} = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

52

## Statki ro-ro



## Statki ro-ro

**Annex B (normative)** Additional requirements for Roll-on Roll-off (Ro-Ro) cargo ships and Ro-Ro passenger ships

### B.5.1 Voltages and frequencies

The nominal voltage shall be 11 kV a.c.

Nominal voltage of 6,6 kV a.c. may be used in regional waterborne transportation services.

### B.6.2.3 Neutral earthing resistor

Where a shore side transformer is used, the star point shall be earthed, through a neutral earthing resistor of 335 ohm continuous rated.

Nominal voltage of 6,6 kV will require a 200 ohm continuous rated resistor.

$$\frac{11000}{\sqrt{3} \cdot 335} = 19 \text{ A}$$

$$\frac{6600}{\sqrt{3} \cdot 200} = 19 \text{ A}$$

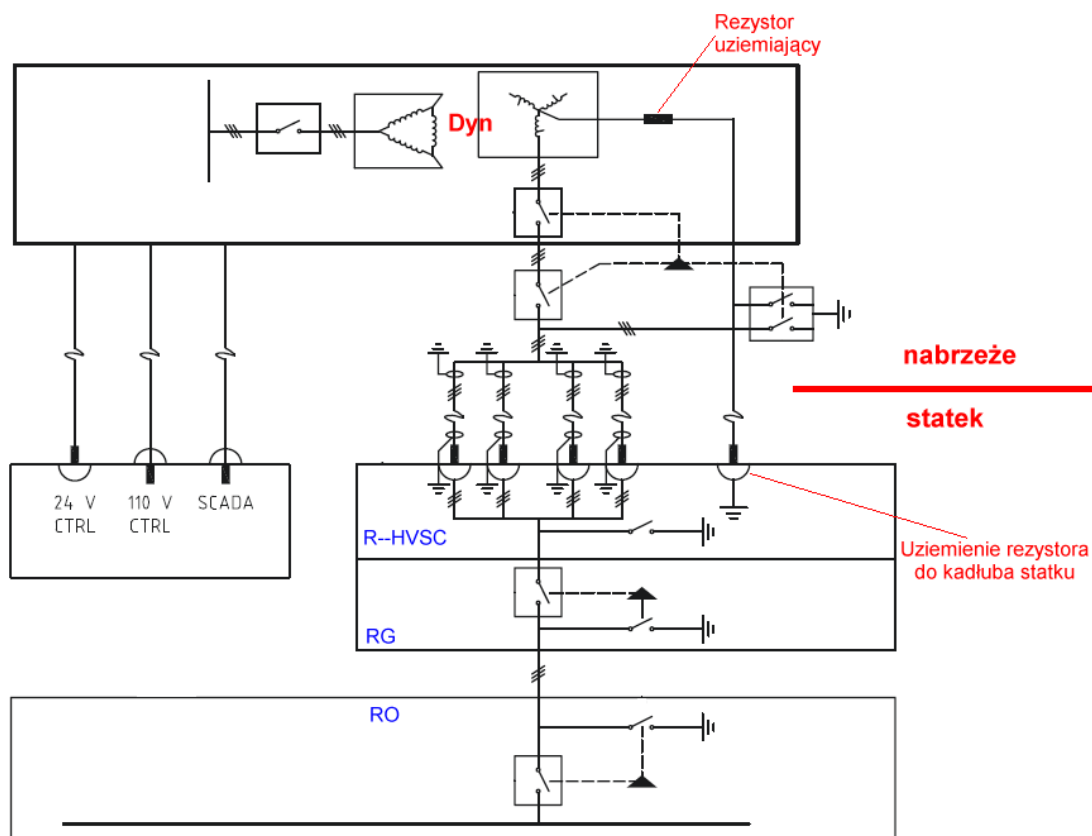
## Statki wycieczkowe



Costa Pacifica  
114 500 GT  
290 m  
3780 pasażerów  
1504 kabin  
1100 osób załogi

55

## Statki wycieczkowe



56



## Statki wycieczkowe

C 4.7.

Kabel HVSC powinien mieć obciążalność **co najmniej 16 MVA** (ale **20 MVA jest zalecane**) przy napięciu znamionowym instalacji okrętowej **11 kV i/lub 6,6 kV**.

$$\frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 11} = 1050 \text{ A}$$

Statki o zapotrzebowaniu na moc większym niż obciążalność HVSC powinny je ograniczać przed przyłączeniem zasilania z lądu.

Analiza **istniejącej (2009) floty statków wycieczkowych** sugeruje, że obciążalność HVSC na poziomie **co najmniej 20 MVA** będzie wymagana w portach regularnie odwiedzanych przez rozmaite statki wycieczkowe w bliskiej i średniej perspektywie czasowej.

Analiza wykazuje ponadto, że **większość statków wycieczkowych** ma instalacje elektryczne **o częstotliwości 60 Hz**.

57

## Statki wycieczkowe

### C.6.2.3 Neutral earthing resistor

The shore side transformer **star point shall be earthed**, through a **neutral earthing resistor of 540 ohms continuous rated**, and **bonded only to the shipside** (see Figure C.2).

**NOTE** Present (2009) typical **cruise ship HV distribution systems are earthed via high resistance earthing resistors** that are installed on each of the ship's generators star point to earth connection.

By using this earthing system on each of the generators, the earth fault current can be limited according to the size of the resistor, while **on the shore HV earth fault current can range from a minimum value that exceeds the rating of the ship HV installation**.

$$\frac{11000}{\sqrt{3} \cdot 335} = 19 \text{ A}$$



$$\frac{11000}{\sqrt{3} \cdot 540} \approx 12 \text{ A}$$

$$\frac{6600}{\sqrt{3} \cdot 540} \approx 7,0 \text{ A}$$

## Napięcie zasilania i moc zapotrzebowana

**TABLE 1. THE POWER REQUIREMENTS AT BERTH.**

Ship Type	Voltage (kV)	Power (MVA)
Cruise ships	6.6 or 11	16–20
Container ships	6.6	7.5
Liquefied natural gas carriers	6.6 or 11	10.7
Ro-Ro ships	11	6.5
Tankers	6.6	7.2

59

**CURRENT LIST OF PORTS PROVIDING ON-SHORE POWER SUPPLY**

**2012**

Port	Country	High Voltage	Low voltage	Frequency
Antwerp	Belgium	6.6 kV		50 Hz/60 Hz
Goteborg	Sweden	6.6 kV/10 kV	400 V	50 Hz
Helsingborg	Sweden		400 V/440 V	50 Hz
Stockholm	Sweden		400 V/690 V	50 Hz
Piteå	Sweden	6 kV		50 Hz
Kemi	Finland	6.6 kV		50 Hz
Oulu	Finland	6.6 kV		50 Hz
Kotka	Finland	6.6 kV		50 Hz
Lübeck	Germany	6.6 kV		50 Hz
Zeebrugge	Belgium	6.6kV		50 Hz
Los Angeles	U.S.A	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Long Beach	U.S.A	6.6 kV	480 V	60 Hz
San Francisco	U.S.A	6.6 kV/11 kV		60 Hz
San Diego	U.S.A	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Seattle	U.S.A	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Juneau	U.S.A	6.6 kV/11 kV		60 Hz
Pittsburgh	U.S.A		440 V	60 Hz
Vancouver	Canada			
Oslo	Norway	6.6 kV		50 Hz
Rotterdam	Netherlands	6.6 kV		50 HZ

**Recent developments**

Several ports are currently implementing OPS, thus extending the scope of its application.

- These include:
- the Port of Le Havre (France)
  - the Port of Marseille (France)
  - the Port of Civitavecchia (Italy)

## Gotowość portów

8 portów – Skandynawia

7 portów – USA

60



## Nowoczesne układy przekształtników wielopoziomowych do zasilania statków z lądu

Wydział Elektrotechniki i Automatyki,  
Katedra Automatyki Napędu

Autorzy:

Dr inż. Krzysztof Blecharz

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Krzemiński

Emails:

k.blecharz@ely.pg.gda.pl

z.krzeminski@ely.pg.gda.pl

## Możliwości i wybrana realizacja

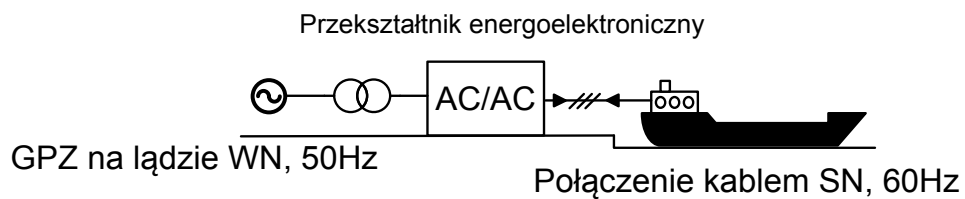
### - falownik 3,3 kV do napędu

*Projekt finansowany przez NCBiR  
nr umowy:  
INNOTECH-KI/HI/3/159089/NCBR/12*

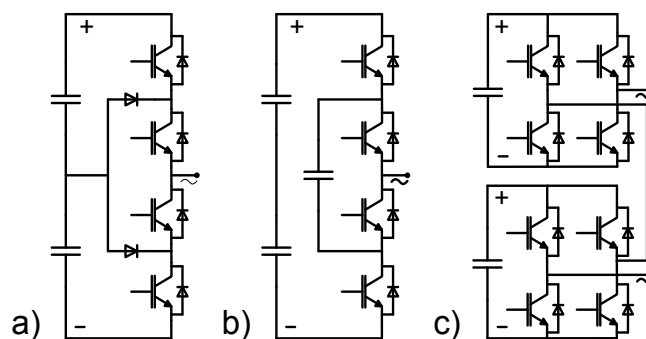


## Wyzwania techniczne

- Dopasowanie napięcia po stronie sieci lądowej 10-30kV, i 3,3kV, 6kV, 11kV
- Różne wartości częstotliwości napięć, po stronie lądu 50Hz, w systemie statku 50 lub 60Hz
- Niedostateczne moce głównych punktów zasilania (GPZ) nadbrzeża, małe moce transformatorów WN/SN



## Falowniki Wielopoziomowe



Konfiguracje pojedynczych gałęzi wielopoziomowych falowników napięcia:

- Three Level Neutral Point Clamping (3L-NPC)
- Flying Capacitor Inverter (FCI)
- Cascaded H bridge inverter (CHBI)

## Właściwości falowników wielopoziomowych

### Three Level Neutral Point Clamping (3L-NPC)

- Diody na wysokie napięcie przy większej liczbie poziomów
- Złożona regulacja napięcia na kondensatorach

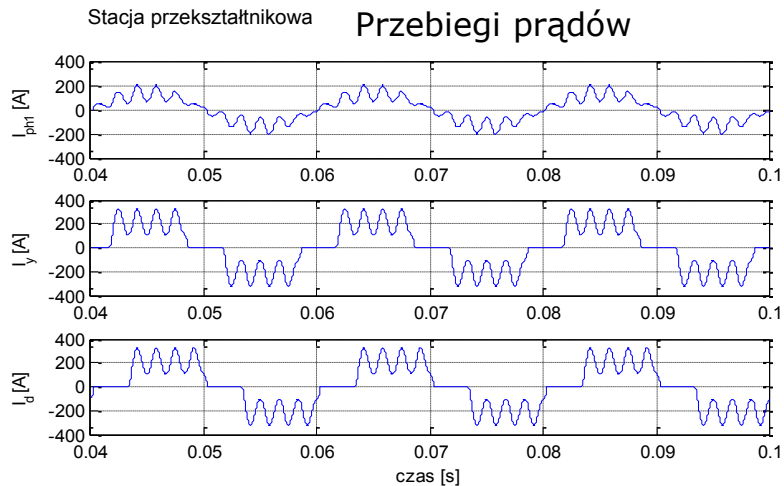
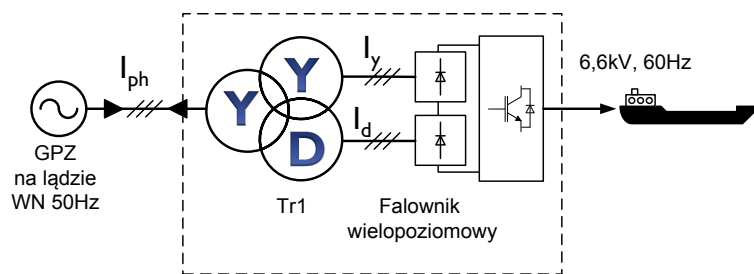
### Flying Capacitor Inverter (FCI)

- Złożona regulacja napięcia na kondensatorach

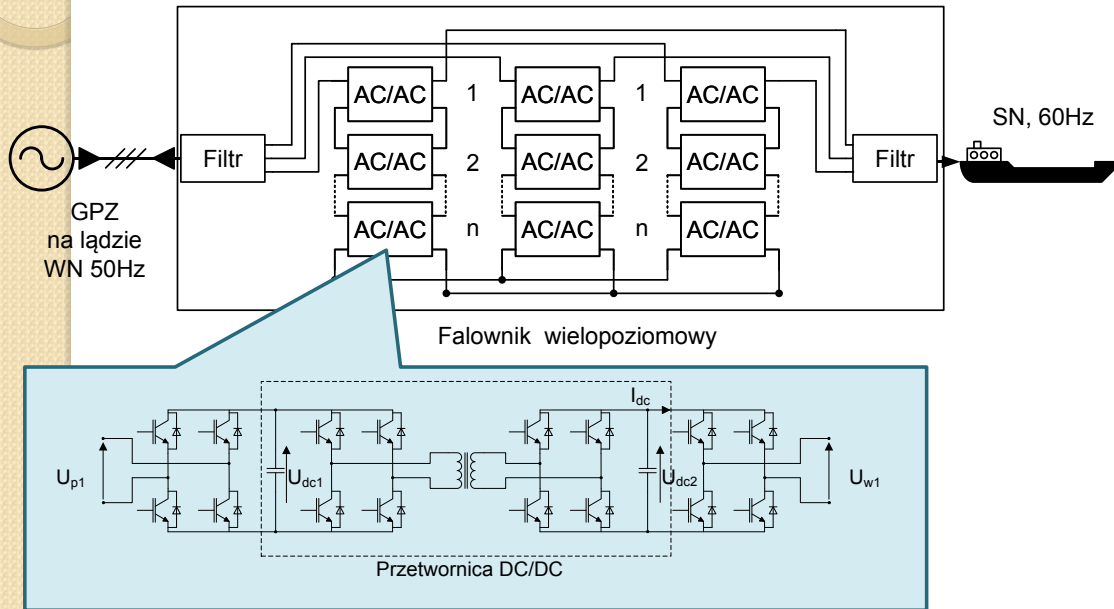
### Cascaded H bridge inverter (CHBI)

- Pulsacja mocy w obwodach prądu stałego

## Falownik wielopoziomowy z transformatorem niskiej częstotliwości

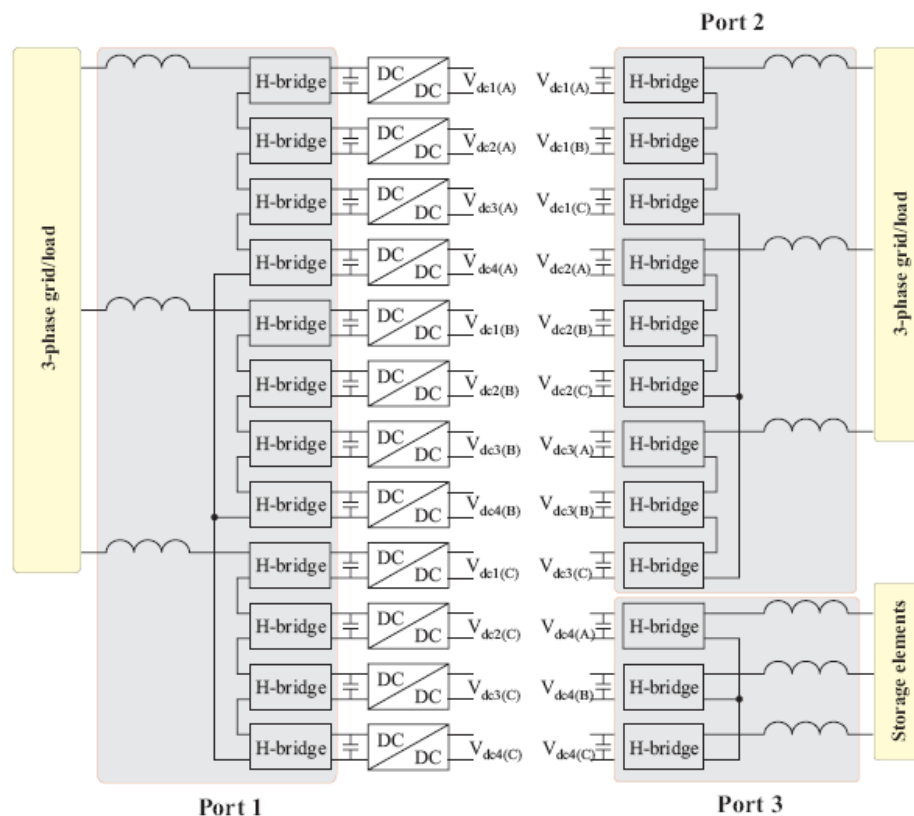


## Falownik wielopoziomowy z transformatorami dużej częstotliwości

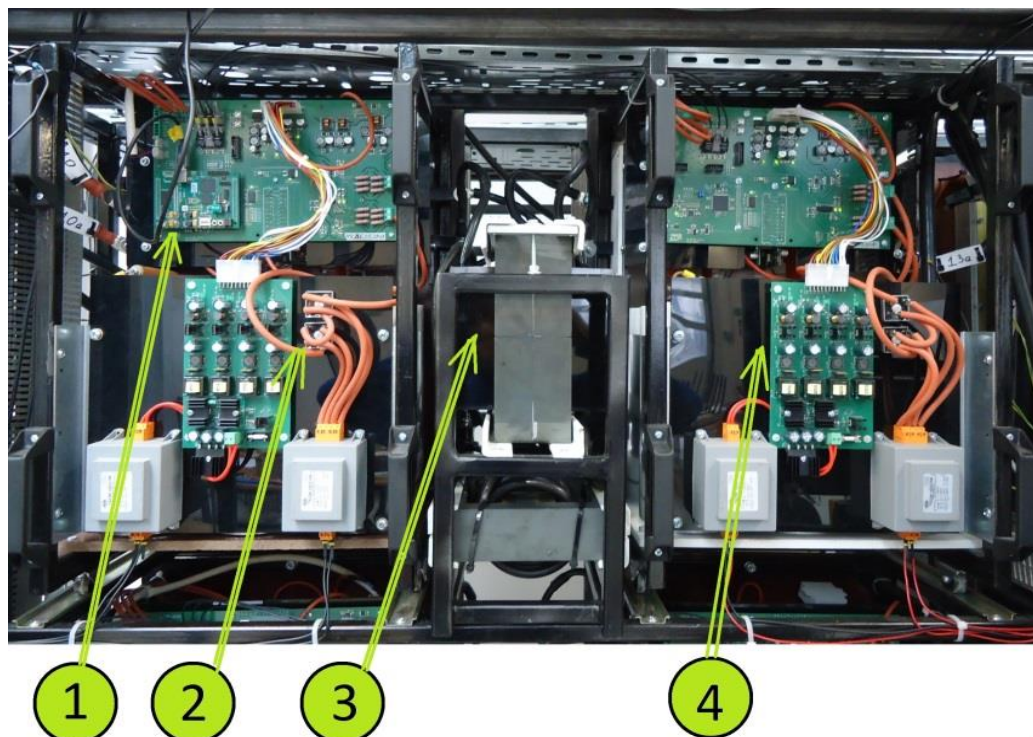


(ang. Double Active Bridge)

### Pełny schemat



## Konstrukcja pojedynczej komórki falownika napięcia



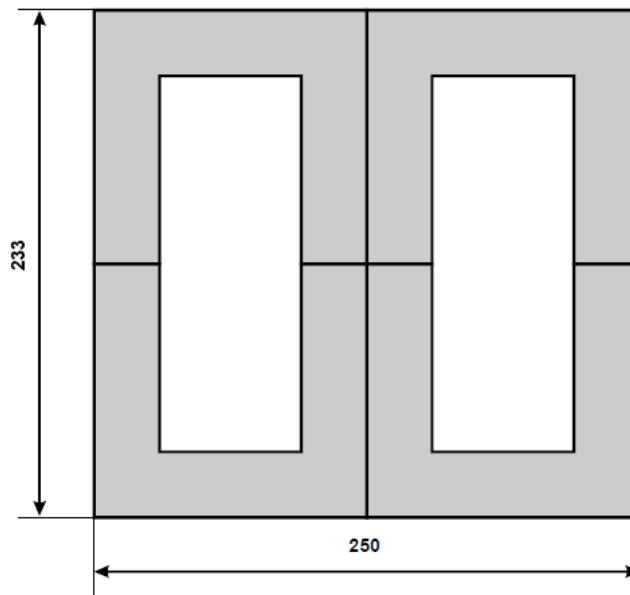
### Transformator o mocy 60 kVA

Straty w miedzi transformatora	
Długość zwoju [mm]	531,33
Liczba zwoi	20,00
Przekrój [mm <sup>2</sup> ]	44,00
Prąd [A]	95,05
Rezystancja [om]	0,004154
Straty [W]	75,06

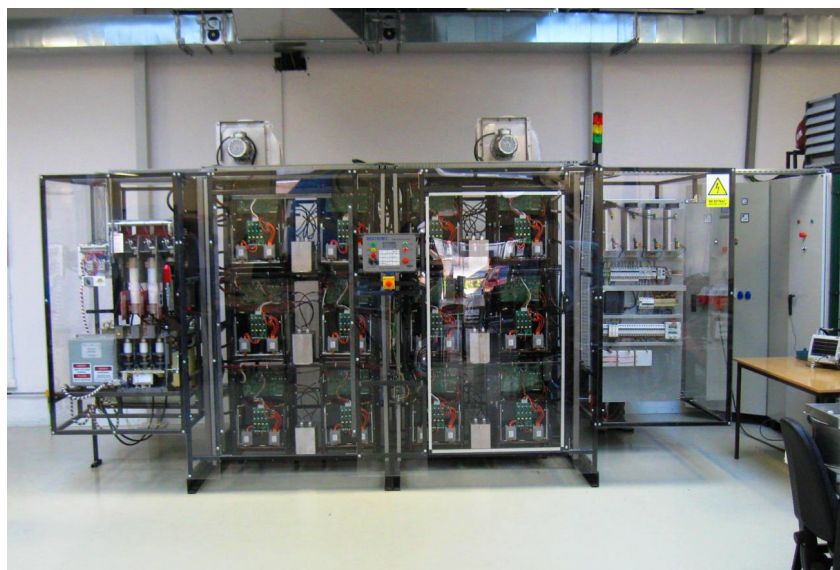
**0,12%**



## Rdzenie transformatora

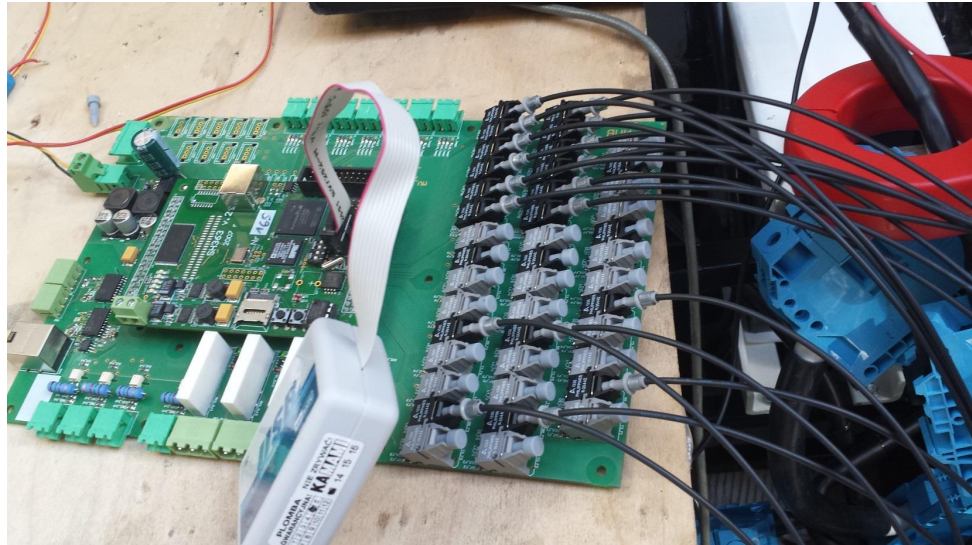


## Model laboratoryjny przekształtnika



Dwukierunkowe przekształtniki średniego napięcia 3,3kV, 600kW typu „Active Front End” z izolacją realizowaną na wysokiej częstotliwości w obwodzie pośredniczącym  
– nie wymagające stosowania transformatora od strony sieci zasilającej

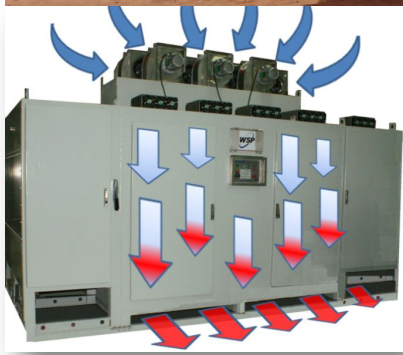
## Główna płyta sterująca



## Dławiki filtra wyjściowego



## Wersja komercyjna przekształtnika



Sposób chłodzenia przekształtnika

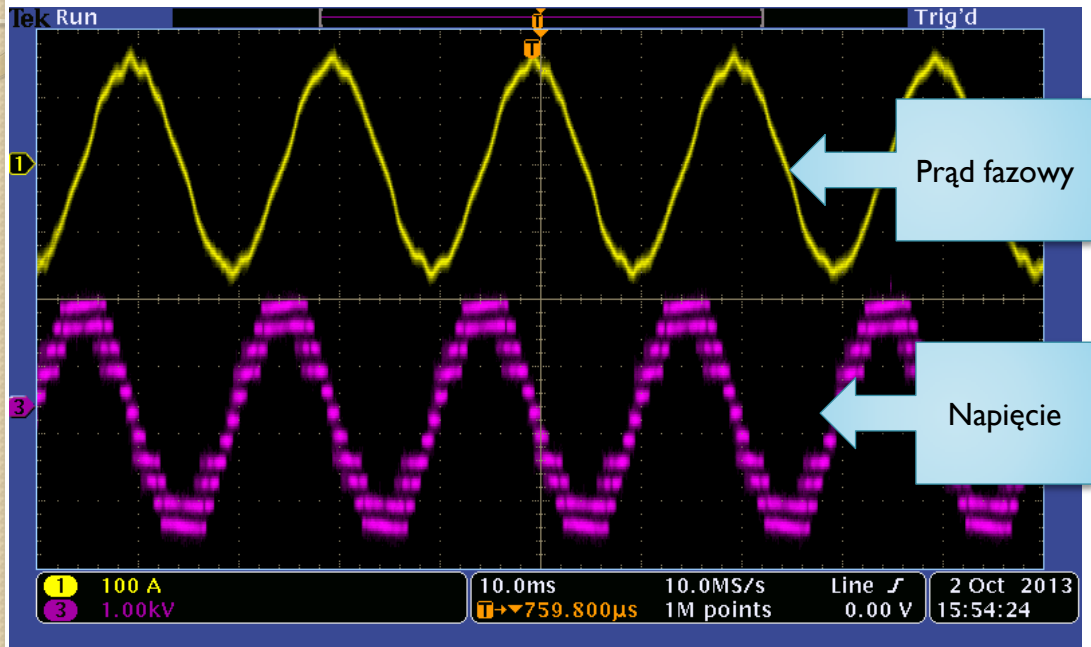
Zastosowany do zasilania silnika indukcyjnego napędzającego pompę głębinową w otworze wydobywczym ropy naftowej

## Właściwości falownika opartego na DAB

- Wielopoziomowe topologia z kaskadowymi połączeniami falowników niskiego napięcia.
- Falownik MMB600IM3.3kV-01 jest przeznaczony do stosowania bez transformatora izolującego.
- Sprawność konwersji energii ponad 95%.
- Niższy koszt inwestycji w porównaniu z falownikiem niskonapięciowym i transformatorem.
- Izolacja galwaniczna zrealizowana za pomocą transformatorów wysokiej częstotliwości wykonanych z ferrytów.
- Nadaje się do pracy w wysokich temperaturach otoczenia dzięki zastosowaniu zaawansowanego systemu chłodzenia.
- Sinusoidalne prądy zasilania silników i sieci o małej zawartości harmonicznych (mniej niż 4%).
- Minimalne straty izolowanych przetwornic DC/DC przy sterowaniu z wykorzystaniem zaawansowanym algorytmów.
- Modułowa konstrukcja zapewniająca wysoką niezawodność i niskie koszty eksploatacji.



## Zarejestrowane przebiegi



## Zawartość harmoniczných w prądzie

Tablica 1

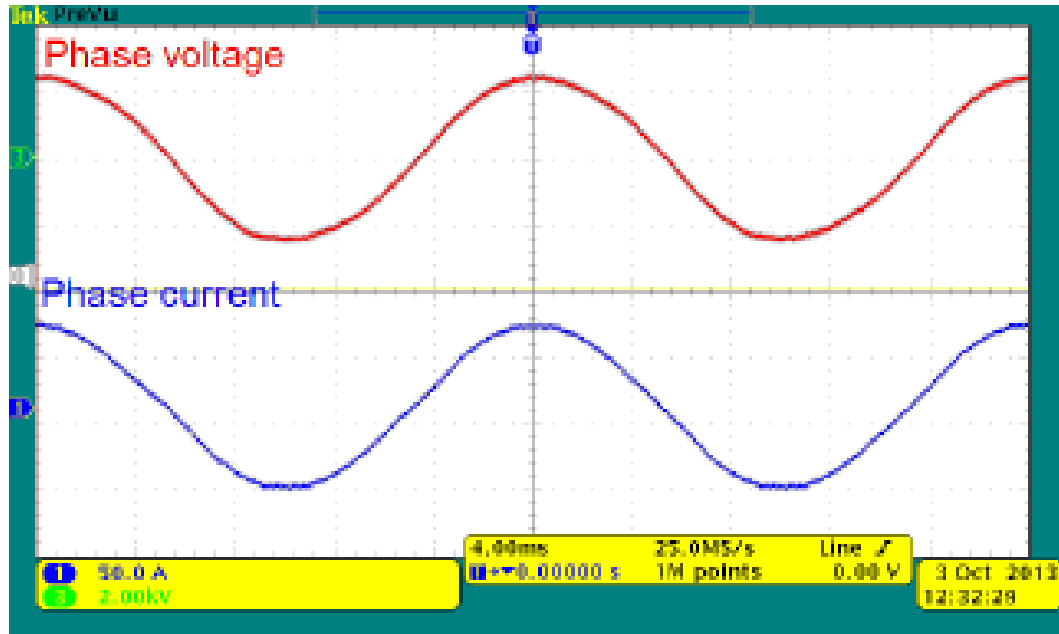
Power	[kW ]	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600
Current	[A]	10.5	21	31.5	42	52.5	63	74	84.5	95	105
THDI	[%]	8.8	4.8	3.5	2.5	2.5	3	3	3.1	3.2	3.4

Widmo amplitudowe prądu od strony sieci zasilającej

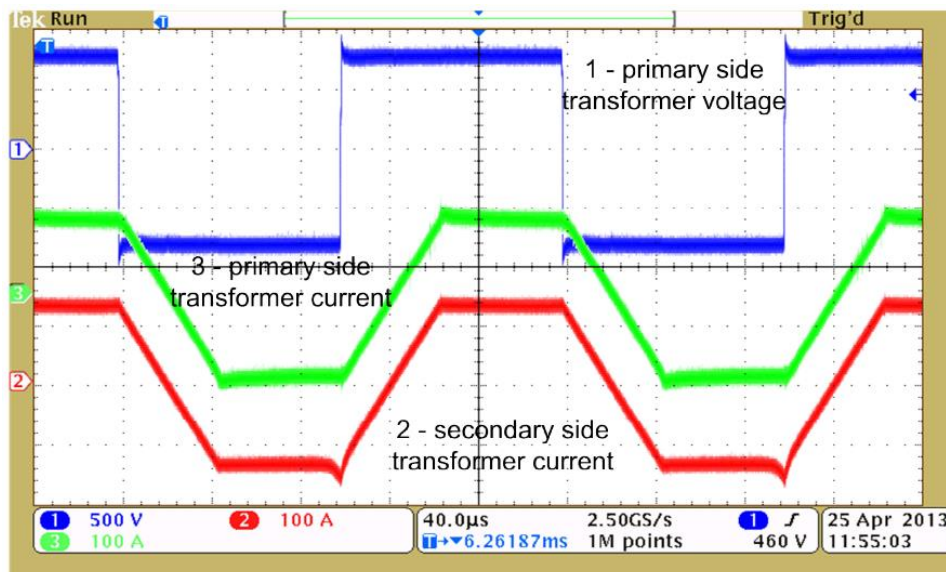




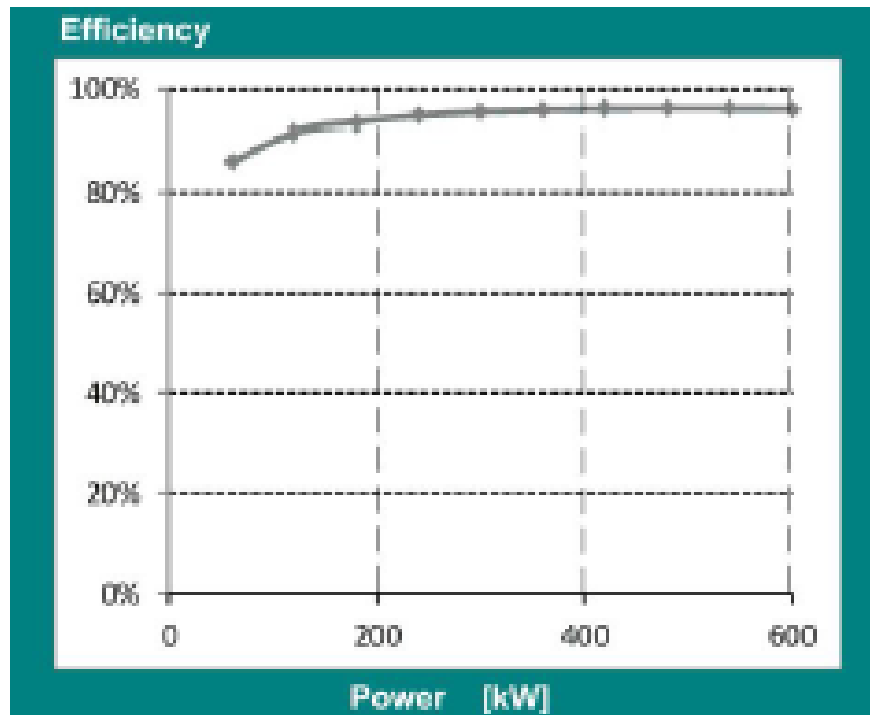
## Zarejestrowane przebiegi



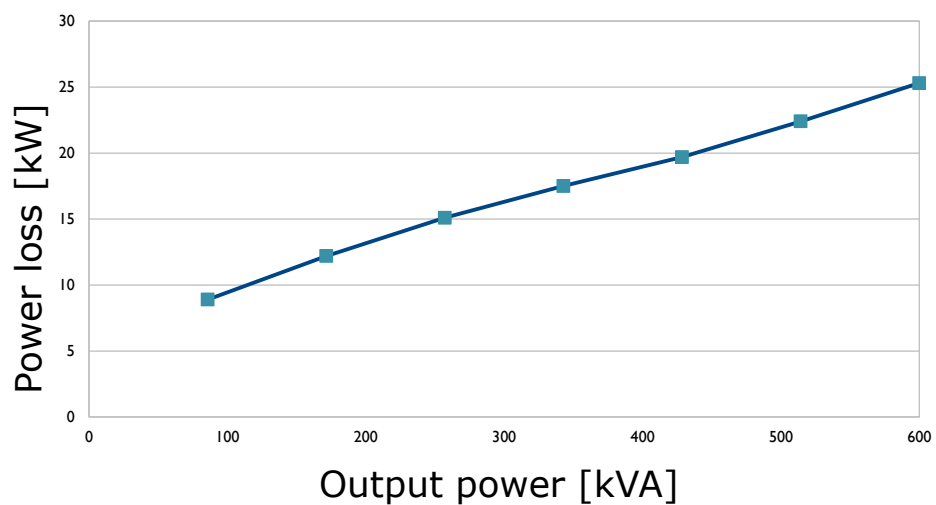
## Zarejestrowane przebiegi napięcie i prądy DAB

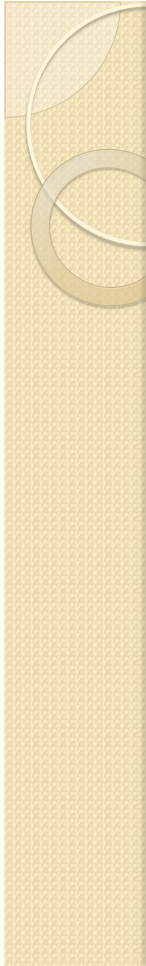


## Sprawność



## Straty w przekształtniku





## **Rozwój konstrukcji**

**Rewolucja w energoelektronice  
- węgiel krzemu (SiC)**

**Optymalizacja liczby celek  
- minimalizacja strat**

**Optymalizacja transformatorów  
- minimalizacja kosztów**

**Rozbudowa oprogramowania  
- sterowanie rozkładem strat**

# Rozwiązania układów przekształtnikowych w układach zasilania statków z lądu

Ryszard STRZELECKI



Gdynia, 21 listopada 2014

2

## Wprowadzenie

Potrzeba instalacji systemów zasilania statków z nadbrzeży portowych (**S2SP - Shore to Ship Power**) wiąże się bezpośrednio z ilościowym i jakościowym rozwojem transportu morskiego w powiązaniu ze wzrostem tonażu oraz rodzaju jednostek pływających.

Wyłączenie w czasie postoju zespołów prądotwórczych i zastosowanie systemów S2SP prowadzi do:

- istotnego zmniejszenia negatywnego oddziaływanie statków cumujących w porcie na środowisko poprzez ograniczenie emisji gazów spalinowych i oraz cząsteczek stałych nawet o ok.90%,
- ograniczenia hałasu generowanego przez agregaty prądotwórcze, dochodzący niekiedy nawet do poziomu 140dB



## Zakres prezentacji

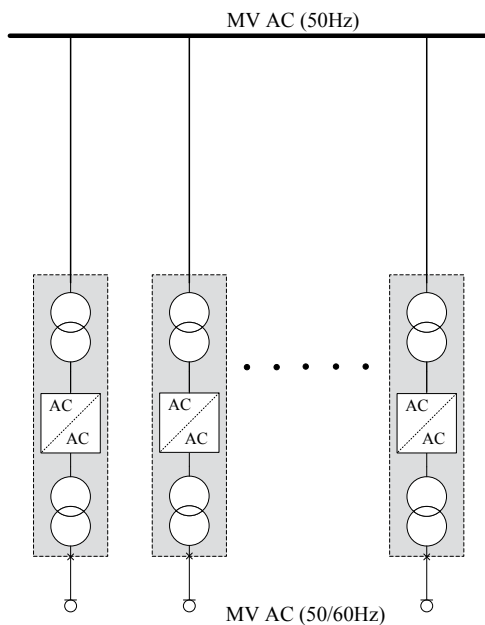
1. Problemy wprowadzania systemów S2SP do portów
2. Konfiguracje systemów S2SP
3. Wymiarowanie mocy systemów S2SP
4. Potencjał zastosowania zasobników energii do linii DC
5. Przekształtnik 4-poziomowy 4L-DC 1MVA/6kV (IEL Warszawa)
6. Koncepcja systemu S2SP z linią dystrybucyjną DC i mobilnym terminalem DC/AC
7. Podsumowanie

## Problemy wprowadzania systemów S2SP

Nieujednoliczone parametry sieci lądowych (50/60Hz) i **zastosowanie na statkach sieci o różnych parametrach**. Częstotliwość sieci okrętowych wynosi na ogół 60Hz, ale zdarza się również 50Hz. Najczęściej różnice dotyczą napięć znamionowych i mocy systemów elektroenergetycznych, **co zależy od rodzaju i wielkości statków**.

Rodzaj statku		Moc średnia	Moc szczytowa dla 95% statków	Systemy napięć w %			
				380V 460V	6,6kV	10kV	11kV
Kontenerowce	l<140m	0,2 MW	0,8 MW	100 %	-	-	-
	l>140m	1,2 MW	5,0 MW	88 %	12 %	-	-
Ro-Ro		1,5 MW	1,8 MW	100 %	-	-	-
Zbiornikowce		1,4 MW	2,5 MW	-	-	-	-
Wycieczkowce		6,0 MW	7,3 MW	53%	26%	2%	19%

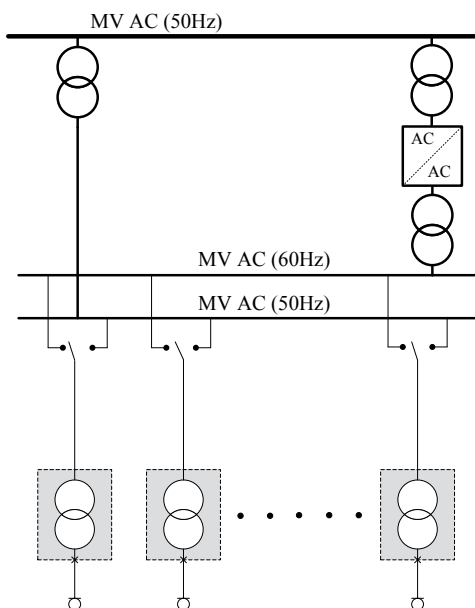
## Konfiguracja systemu S2SP z przekształtnikami indywidualnymi



**Zaleta:** brak wpływu awarii/serwisowania przekształtnika w jednym z terminali na możliwość zasilania statków z terminali pozostałych.

**Wady:** duża powierzchnia posadowienia terminalu; duża moc przekształtników dobierana na podstawie najwyższej mocy statków w miejscu cumowania; duża ilość transformatorów koniecznych ze względu na wymóg wstępnego obniżania napięcia, a następnie jego podwyższania do poziomu wymaganego dla statku.

## Konfiguracja systemu S2SP z przekształtnikiem centralnym

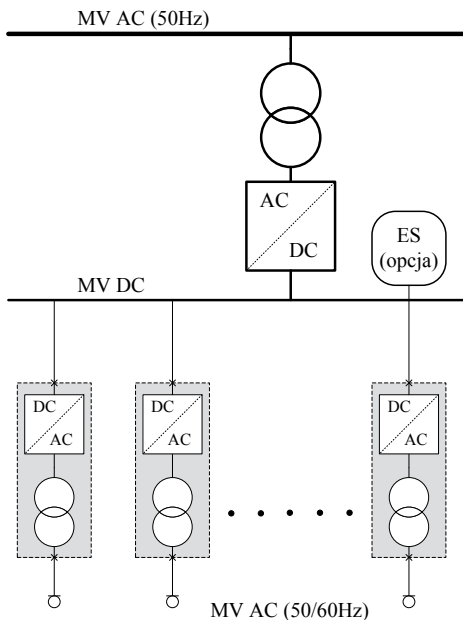


**Zalety:** możliwość użycia przekształtnika tylko w przypadku zasilania 60 Hz; mniejsza powierzchnia wymagana do posadowienia terminalu (ok. 8-razy) oraz ogólnie wyższa sprawność niż przypadku poprzedniej konfiguracji systemu S2SP.

**Wady:** system bardziej podatny na awarię (awaria przekształtnika uniemożliwia zasilanie 60Hz); konieczność zastosowania podwójnych szyn w rozdzielni; znaczna powierzchnia zajmowana przez centralną podstację.

## Konfiguracja systemu S2SP

### z szyną dystrybucyjną DC

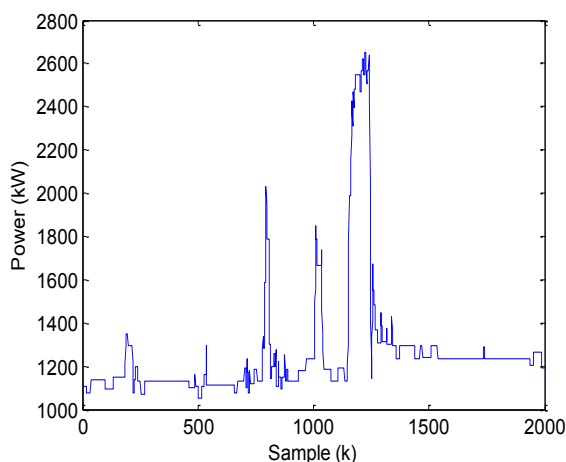


**Zalety:** nieduża powierzchnia terminalu; wyższa sprawność ze względu na mniejsze straty w szynie i liniach kablowych DC; możliwość uśredniania mocy w przypadku opcji systemu z zasobnikiem energii (ES), co zmniejsza koszty zakupu energii; modułowość ułatwiająca rozbudowę;

**Wady:** większa powierzchnia zajmowana przez podstację zbiorczą AC/DC (oddaloną od nadbrzeża); awaria przekształtnika AC/DC, aczkolwiek mało prawdopodobna w przypadku przekształtnika diodowego, uniemożliwia pracę terminali.

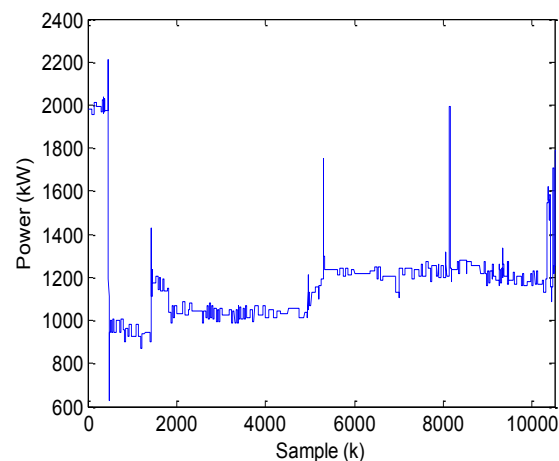
## Zapotrzebowanie statków na moc dostarczaną z systemu S2SP

### Przykładowe przebiegi mocy w przypadku kontenerowca

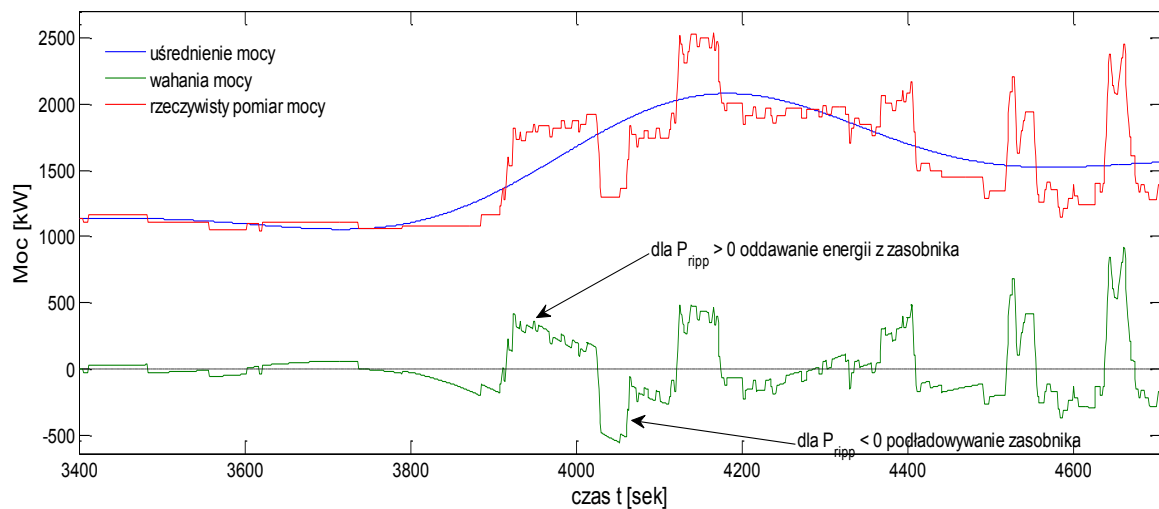


Uruchamianie pomp kompensacji przechyłów porzecznych

### Praca wind cumowniczych w trybie automatycznej kontroli napięcia lin



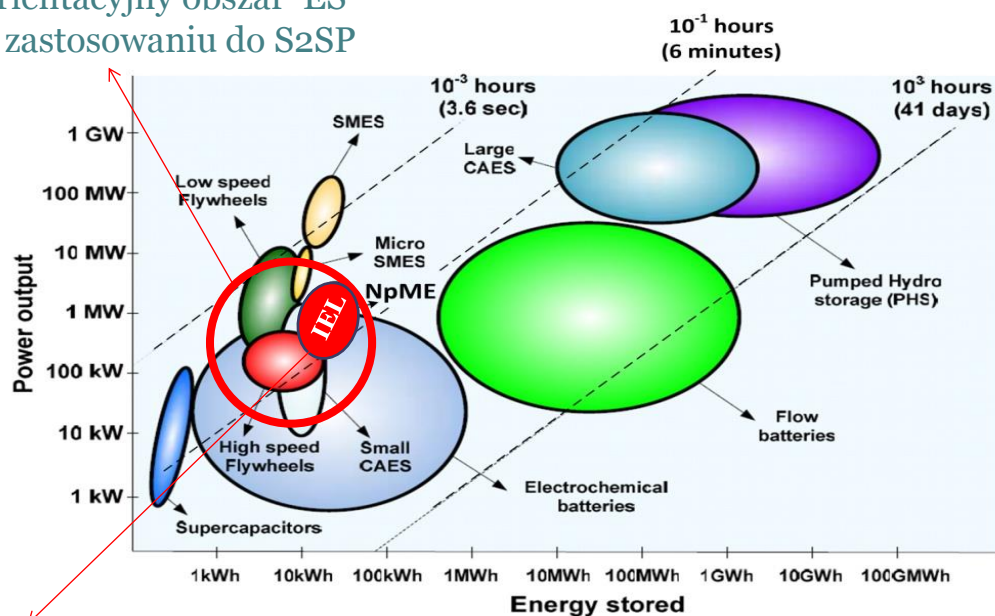
## Wpływ zasobnika energii na system S2SP z szyną dystrybucyjną DC



Efekt łagodzenia uderów mocy z zastosowaniem zasobnika energii

## Obszary aplikacyjne zasobników energii

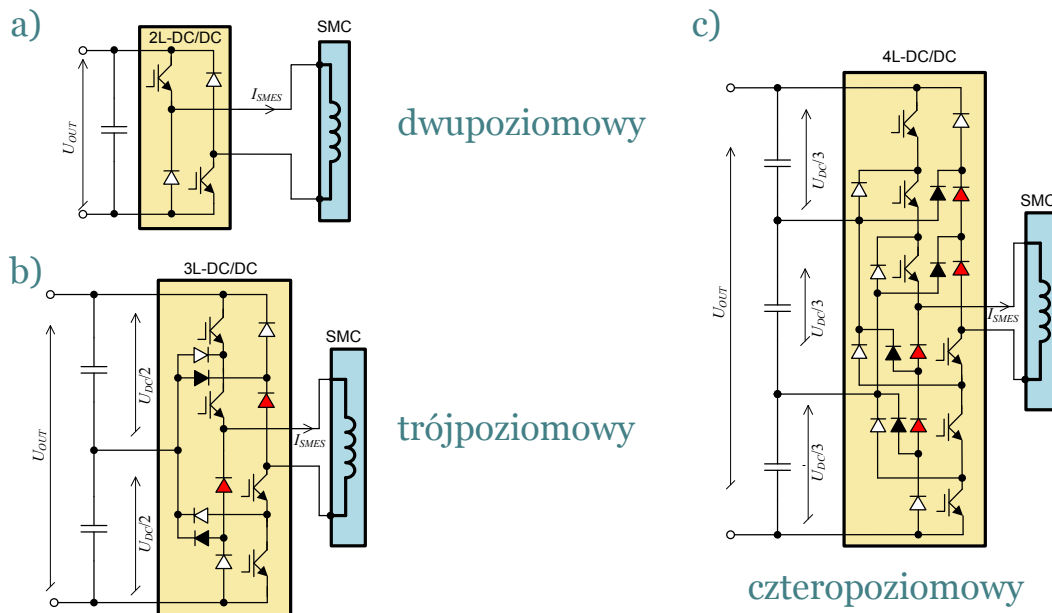
Orientacyjny obszar ES w zastosowaniu do S2SP



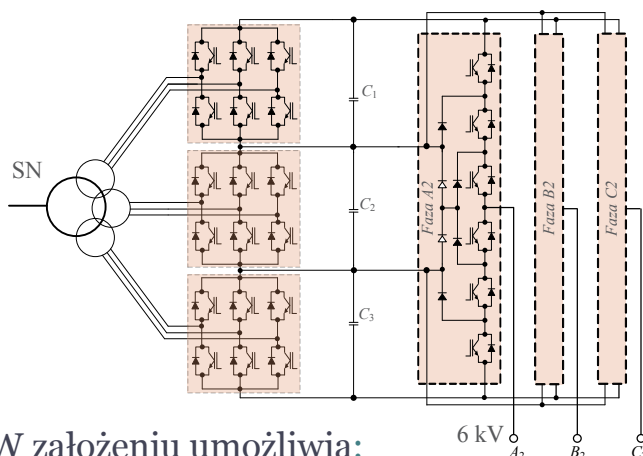
Umiejscowienie opracowywanego krajowego układu SMES (NpME)



## Przekształtniki sprzęgające cewkę nadprzewodnikową (SMC) z obwodem DC

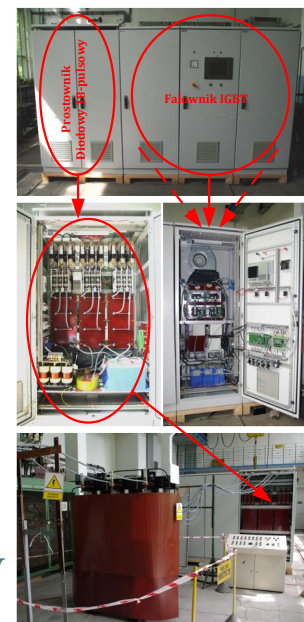


## Przekształtnik back-to-back SN/6,6kV 1MVA na bazie topologii 3×2L-DC oraz 4L-DC



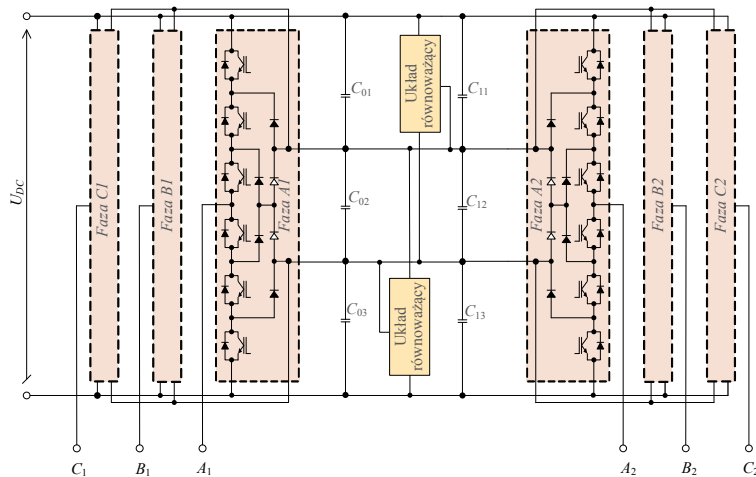
W założeniu umożliwia:

- przyłączenie do sieci 60-15kV (możliwe do WN);
- można zastosować prostownik diodowy;
- nieduże zmiany konstrukcyjne i IGBT 750A/6,5kV umożliwiają uzyskanie mocy ok. 3,75 MVA



## Przekształtnik podwójny $2 \times (6,6\text{kV}/1\text{MVA})$ na bazie topologii 4L-DC

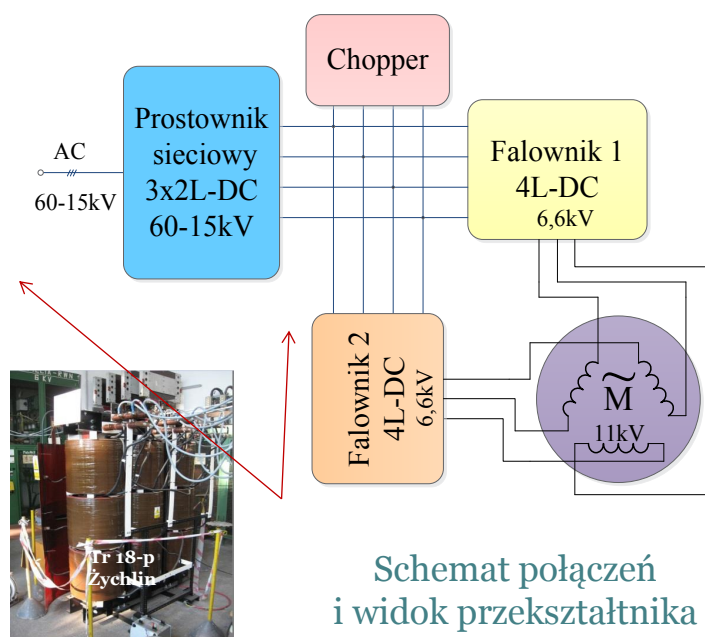
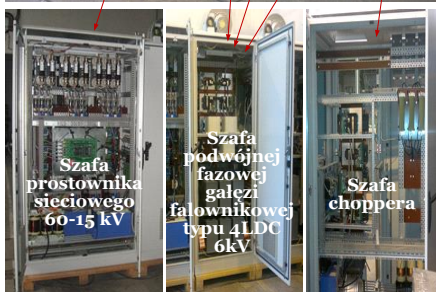
Przekształtnik podwójny był budowany jako sprzęg back-to-back 6kV/6kV, 1 MVA z możliwością pracy jako STATCOM 6kV/2MVA



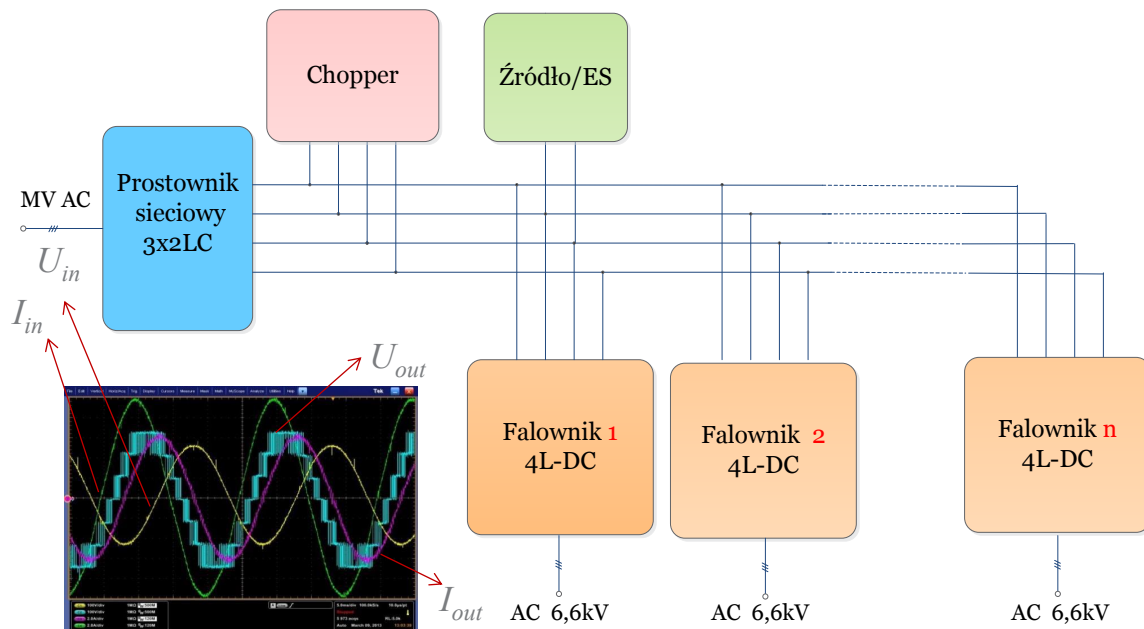
W założeniu umożliwia

- osiągnięcie mocy ok. 7MVA w wyniku zmian konstrukcji (głównie chłodzenie), zastosowania IGBT 750A/6,5kV oraz pracy równoległej
- bezpośrednie zasilanie silnika 11kV z niepołączonymi uzwojeniami stojana

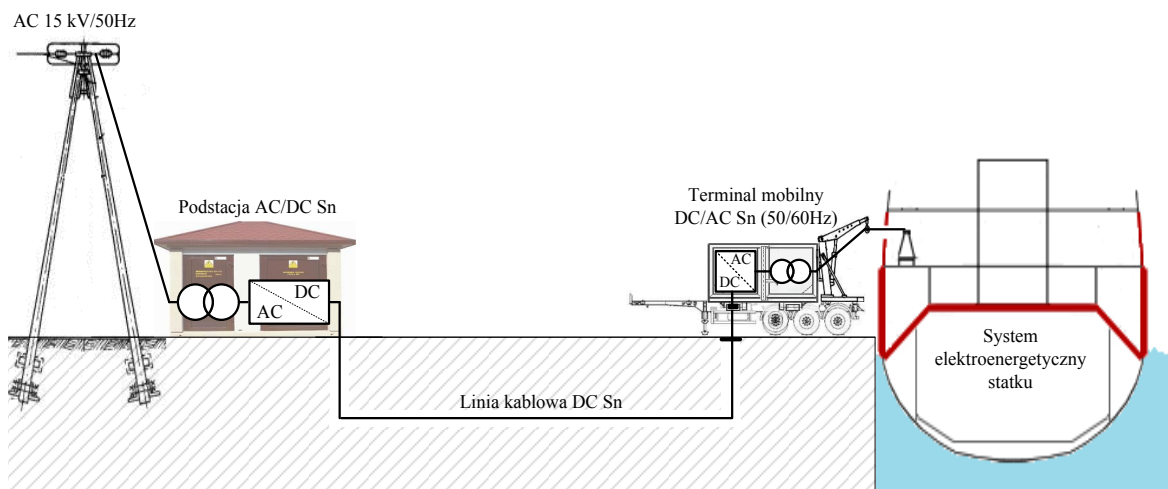
## Przekształtnik o podwójny $2 \times (6,6\text{kV}/1\text{MVA})$ w aplikacji z silnikiem 11 kV



## System S2SP z szyną dystrybucyjną DC z zastosowaniem falowników 4L-DC

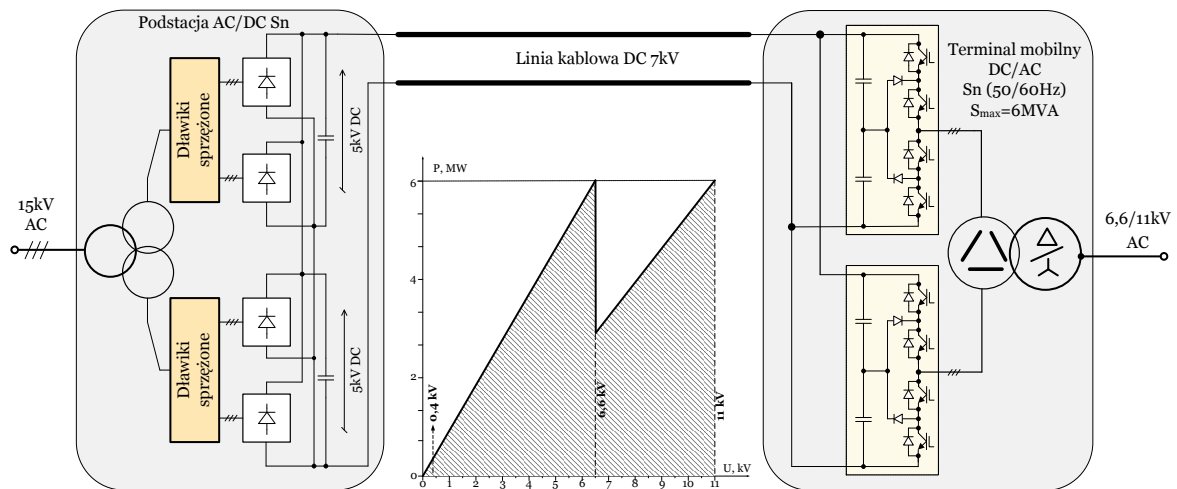


## Proponowany system S2SP z szyną dystrybucyjną DC



### System S2SP z terminalem DC/AC na ruchomej platformie

## Przykład rozwiązania obwodów głównych proponowanego systemu S2SP



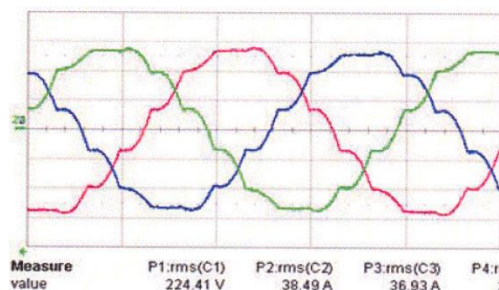
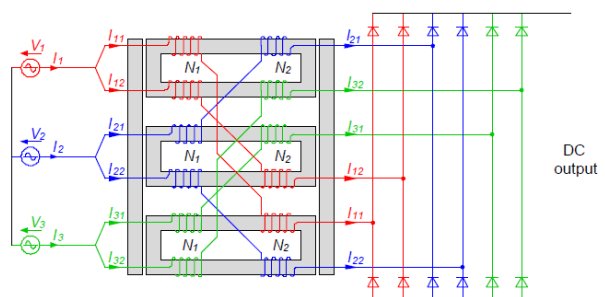
Obszar zmian mocy wyjściowej w funkcji napięcia wyjściowego

System S2SP 6MVA o wyjściowym napięciu znamionowym 6,6/11kV

## Zastosowanie dławików sprzężonych w prostownikach 12-p podstacji AC/DC

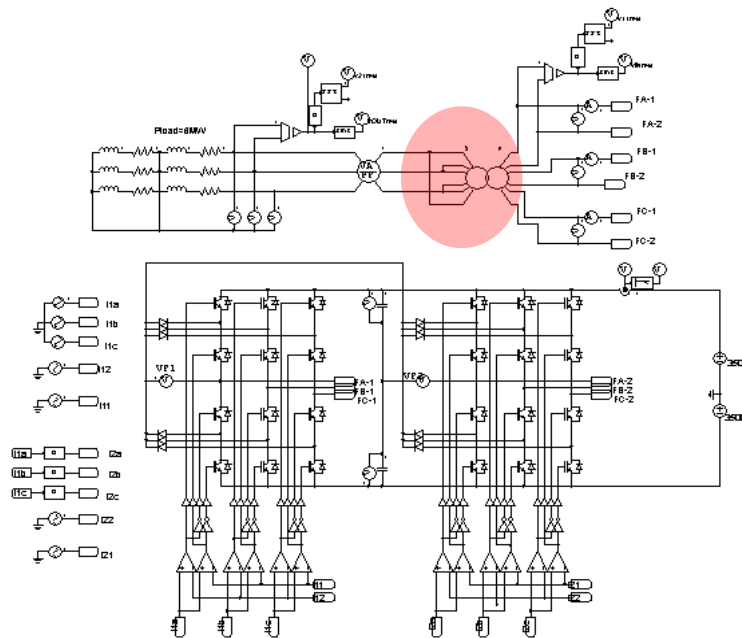


Zasada działania, model laboratoryjny 60kW oraz eksperymentalne prądy wejściowe prostownika 12-p z wejściowymi dławikami sprzężonymi





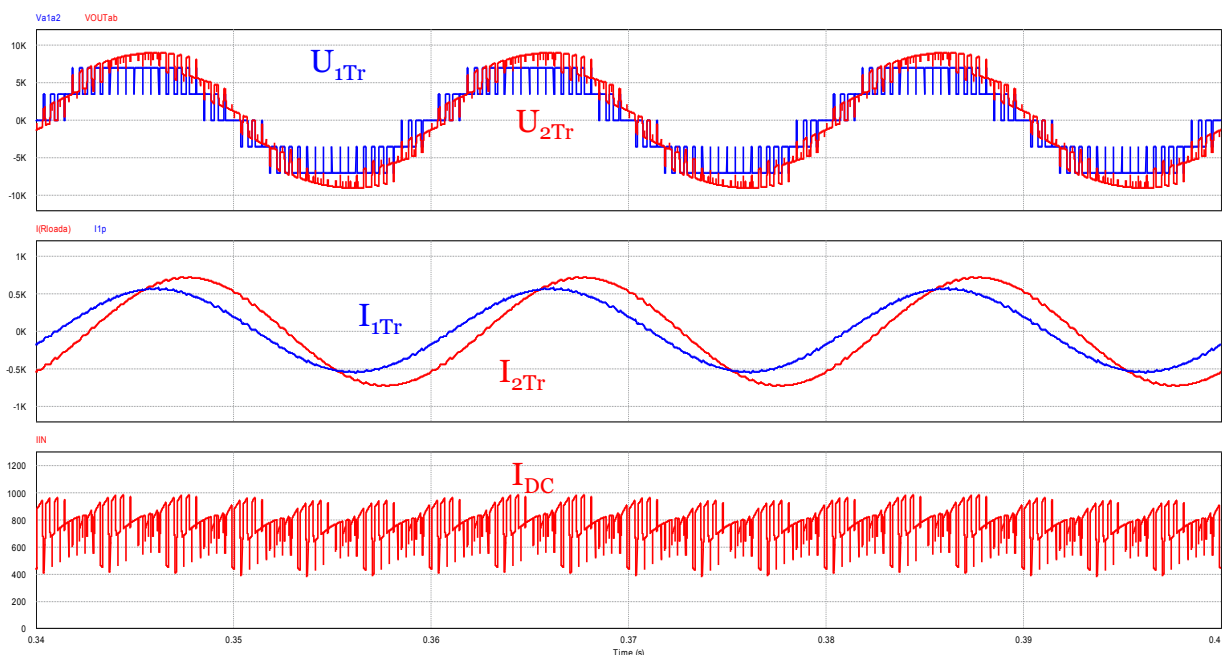
## Model symulacyjny terminalu mobilnego DC/AC w przypadku napięcia wyjściowego 6,6kV



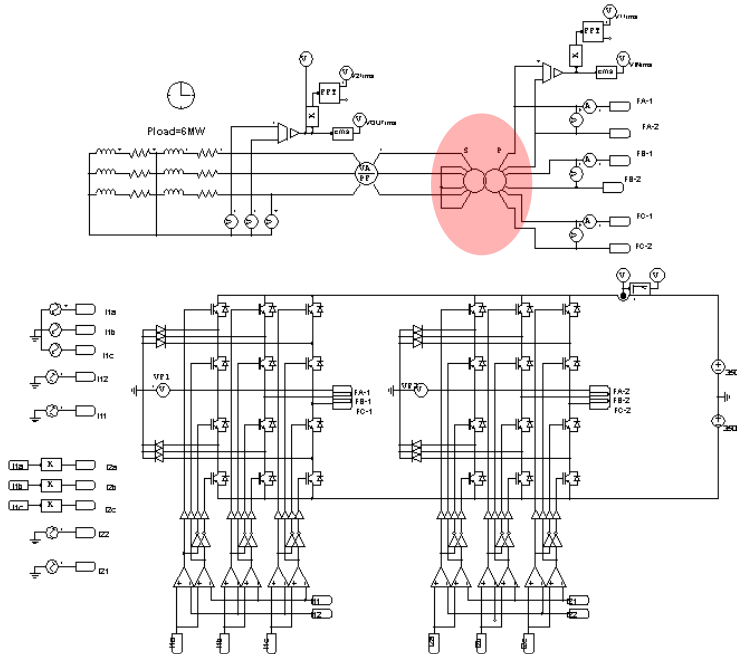
Wybrane parametry:

- $f_{imp} = 1200 \text{ Hz}$
- $U_{Z(Tr)} = 4,3\%$
- $U_{DC} = 7000 \text{ V}$
- $U_{Tr1(rms)} = 4964 \text{ V}$
- $U_{OUT1(rms)} = 6259 \text{ V}$
- $S_{OUT} = 5,550 \text{ MVA}$
- $I_{IGBT(rms)} = 280 \text{ A}$
- $I_{IGBT(max)} = 563 \text{ A}$
- $I_{DC(AV)} = 760 \text{ A}$
- $\cos(\varphi_{out}) = 0,974$
- $THD(I_{OUT}) = 1,4\% \text{ ??}$

## Przebiegi symulacyjne dla przekształtnika DC/AC w przypadku napięcia wyjściowego 6,6kV



## Model symulacyjny terminalu mobilnego w przypadku napięcia wyjściowego 11kV



Wybrane parametry:

$$f_{imp} = 1200 \text{ Hz}$$

$$U_{Z(Tr)} = 4,3\%$$

$$U_{DC} = 7000 \text{ V}$$

$$U_{Tr1(rms)} = 4964 \text{ V}$$

$$U_{OUT1(rms)} = 10980 \text{ V}$$

$$S_{OUT} = 6.028 \text{ MVA}$$

$$I_{IGBT(rms)} = 276 \text{ A}$$

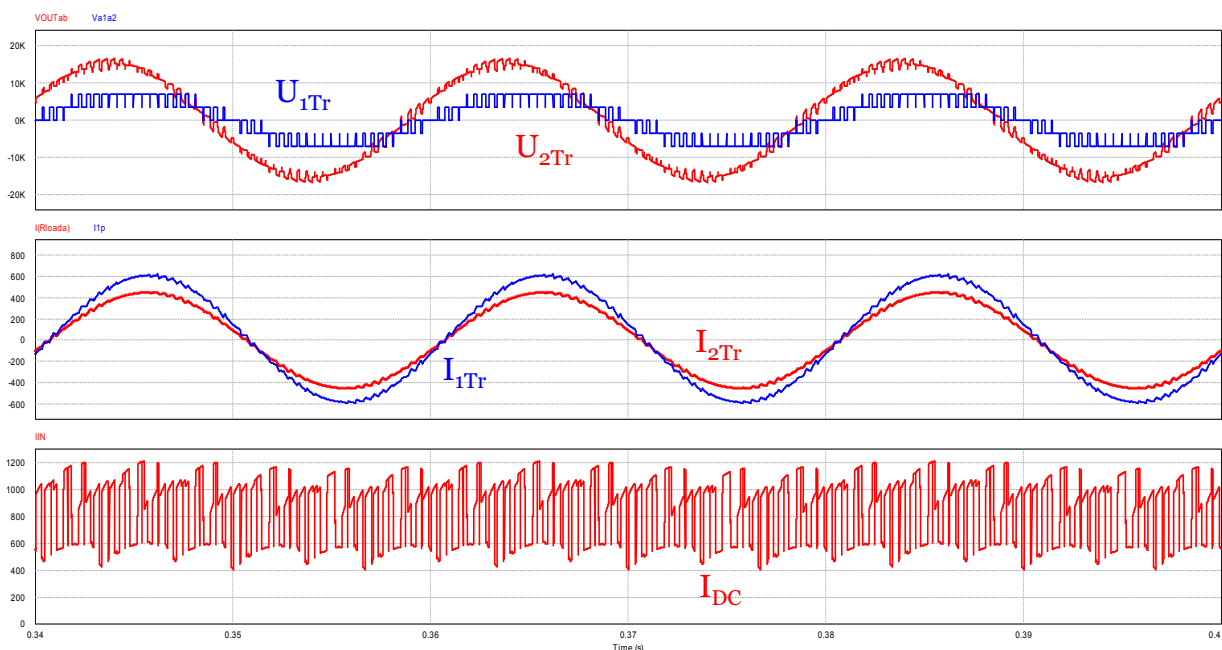
$$I_{IGBT(max)} = 610 \text{ A}$$

$$I_{DC(AV)} = 875 \text{ A}$$

$$\cos(\varphi_{out}) = 0,995$$

$$THD(I_{OUT}) = 2,0\% ??$$

## Przebiegi symulacyjne dla przekształtnika DC/AC w przypadku napięcia wyjściowego 11kV



## Wybrane porty z systemami S2SP

Port	Napięcie zasilające [V]	Częstotliwość [Hz]
Gothenburg	400/6.6k/10k	50
Stockholm	400/690	50
Helsingborg	400/440	50
Pitea	6k	50
Antwerp	6.6k	50/60
Zeebrugge	6.6k	50
Lubeck	6k	50
Kotka	6.6k	50
Oulu	6.6k	50
Kemi	6.6k	50
Los Angeles	440/6.6k	60
Long Beach	6.6k	60
Seattle	6.6k/11k	60
Pittsburg	440	60
Juneau	6.6k/11k	60

## Najważniejsze cechy omówionego systemu S2SP

Na świecie, nie są jeszcze stosowane układy S2SP podobne do pokazanego rozwiązania (aktualnie są intensywnie badane )

**Przedstawiony system S2SP wyróżnia:**

- modułowość ułatwiająca rozbudowę pod specyficzne potrzeby,
- centralna szyna DC pozwalająca na podłączenie ES,
- wykorzystanie niewielkiej powierzchni potrzeby terminalu końcowego,
- zwiększona sprawność wynikająca ze zmniejszenia strat w liniach DC.
- możliwość uśredniania mocy pobieranej przez statki zasilane z jednej podstacji, co przełoży się to na zmniejszenie mocy przyłączeniowej i obniżenie kosztów stałych zakupu energii elektrycznej .
- posadowienie terminala DC/AC na przewoźnej platformie (razem z aparaturą łączeniową, transformatorem, systemem podawania kabla) co umożliwi zasilanie statku praktycznie w dowolnym miejscu
- możliwość zwielokrotniania mocy dzięki opcji równoległego i szeregowego łączeniu wejść DC.

*Polski Rejestr Statków*



## Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

Grzegorz Pettke

Polski Rejestr Statków S.A.

© PRS S.A.

*Polski Rejestr Statków*



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie  
zasilania statków energią elektryczną z lądu

- Geneza
- Pojęcia
- Zalecenia Komisji Wspólnot Europejskich
- Norma IEC/ISI/IEEE 80005-1
- Stanowisko IMO MEPC 64/4/3
- Przepisy instytucji klasyfikacyjnych
- Przepisy Polskiego Rejestru Statków S.A.
- Podsumowanie i wnioski



© PRS S.A.



## Polski Rejestr Statków



### Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

#### Geneza

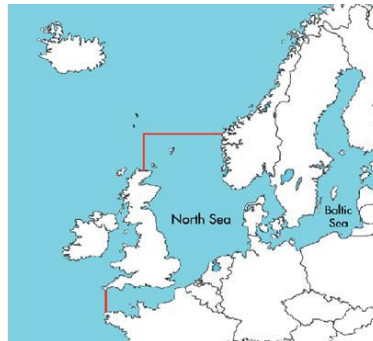
Międzynarodowe prace nad programem „Onshore Power Supply” (OPS) trwały przez ostatnich kilkanaście lat.

Działania w tym kierunku to przede wszystkim zasługa Unii Europejskiej. Program swój początek bierze z **Dyrektywy Rady 1999/32/WE** z dnia 26 kwietnia 1999 r. odnoszącej się do redukcji zawartości siarki w niektórych paliwach ciekłych oraz zmieniającej dyrektywę 93/12/EWG.

Dyrektywa 1999/32/WE zwalnia statki, wyłączając wszystkie silniki i korzystające z energii elektrycznej dostarczanej z lądu podczas cumowania w portach, z wymogu używania paliwa żeglugowego o zawartości siarki nieprzekraczającej 0,1% na jednostkę masy.

**Dyrektywa 2005/33/EC** (odnosi się do wymagań Załącznika VI do Konwencji MARPOL „Regulation for the Prevention of Air Pollution)

**Dyrektywa 2012/33/UE** wprowadza wymóg stosowania paliwa żeglugowego o niskiej zawartości siarki (poniżej 0,1 %) w strefie SECA (Sulphur Emission Control Area) od **1 stycznia 2015**.

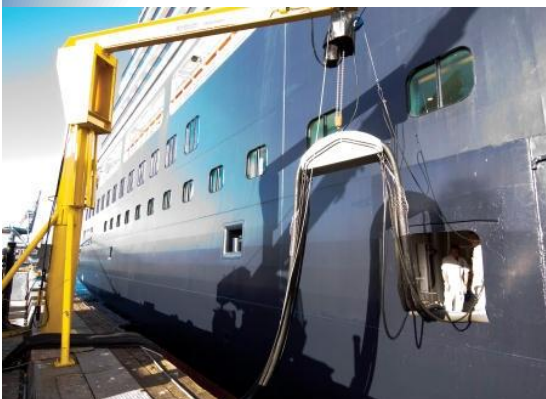


© PRS S.A.

## Polski Rejestr Statków



### Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu



Większość postanowień międzynarodowych ma znaczenie bardziej formalne niż dotyczące techniki, bo w rzeczywistości większość wymagań technicznych, występujących w nowych postanowieniach IMO lub w nowopowstałych normach międzynarodowych, jest obecna od lat w przepisach instytucji klasyfikacyjnych.

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### Pojęcia

Występuje wielość pojęć w różnych dokumentach wypracowanych przez organizacje morskie i towarzystwa klasyfikacyjne.

W prasie popularnym pojęciem jest **cold ironing**.



© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

Dotychczas funkcjonujące pojęcia oficjalne, techniczne w dokumentach różnych organizacji.

- *shore-side electricity* – w dokumentach UE;
- *Onshore Power Supply (OPS)* – w dokumentach IMO;
- *High Voltage Shore Connection (HVSC)* – w normie międzynarodowej (IEC/ISO/IEEE 80005-1 Edition 2012-07 określono zakres od 1 000 V a.c. do 15 000 V a.c.).

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

Ponadto w poszczególnych opracowaniach producentów, informacjach, warunkach i wymaganiach technicznych występują również pojęcia takie jak:

- *Alternative Maritime Power (AMP)*,
- *shore-side power supply*,
- *shore to ship connection*



© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

**Zalecenie (*Recommendations*) Komisji Wspólnot Europejskich z dnia 8 maja 2006 r. (2006/339/WE)** jest podstawowym dokumentem w sprawie wsparcia pobierania energii elektrycznej z lądu przez statki zacumowane w portach Wspólnoty.

Zalecenie, jak większość dokumentów UE, zawiera załącznik techniczny.

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

Załącznik techniczny jest **Zestawieniem porad dotyczących pobierania energii elektrycznej z lądu.**

Został on podzielony na 5 rozdziałów:

1. Wymagania techniczne – typowy układ;
2. Korzyści – ograniczenie emisji;
3. Koszty – wydatki kapitałowe i koszty operacyjne;
4. Porównanie korzyści i kosztów;
5. Wnioski.



© PRS S.A.

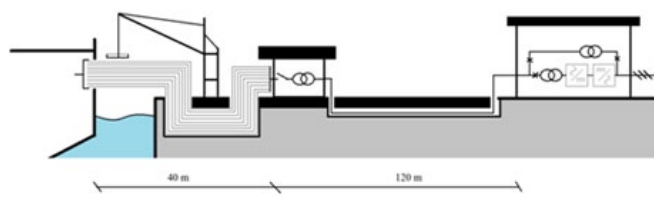


Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### Rozdział 1 Wymagania techniczne

przedstawia system typowy zgodny ze standardowym układem:

- 1 – podłączenie do krajowego systemu energetycznego 20–100 kV poprzez lokalną transformatorową stację energetyczną 6–20 kV;
- 2 – kable 6–20 kV do przesyłu mocy ze stacji energetycznej do terminalu portowego;
- 3 – tam, gdzie to konieczne, przetwarzanie częstotliwości 50/60Hz;
- 4 – kable WN do przesyłu energii elektrycznej bezpośrednio w pobliże cumowania statku;
- 5 – system zwijania kabli WN, zapewniający bezpieczeństwo użytkownika;
- 6 – złącze kablowe na pokładzie statku;
- 7 – transformator pokładowy WN/400 V;
- 8 – zasilanie statku z zewnętrznego źródła energii elektrycznej.



© PRS S.A.





Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### Rozdział 2 Korzyści

jest poświęcony korzyściom środowiskowym w zmniejszeniu emisji zanieczyszczeń powietrza oraz emisji hałasu

### Rozdział 3 Koszty

przedstawia koszty przedsięwzięcia



### Rozdział 4. Porównanie korzyści i kosztów

przedstawia analizę koszty i korzyści, w tym finansowych,

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### Rozdział 5. Wnioski

Wnioski wskazują, że korzyści i koszty mogą być zróżnicowane w zależności od układów zasilających, lokalizacji portu, miejsca postoju statku itp., jednocześnie podkreślając niepodważalne korzyści dla środowiska. Potwierdzono także wniosek, wypływający z wcześniejszych rozdziałów, o szczególnych korzyściach ekonomicznych dla statków regularnie zawijających do tych samych portów i wyposażonych w większe silniki.



© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z łądu

### Norma międzynarodowa IEC/ISO/IEEE 80005-1 :2012-07 Utility connections in port – Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems – General requirements.

Jeden z najważniejszych, z technicznego punktu widzenia, dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania z łądu. Stanowi dokument wyjściowy dla wymagań innych przepisów technicznych, a w rezultacie stanowi podstawę projektu, konstrukcji.

Norma ISO/IEC/IEEE 80005-1 zastępuje wcześniej wydaną normę IEC/PAS 60092-510:2009 Electrical installations in ships – Special features – High Voltage Shore Connection Systems (HVSC Systems)

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z łądu



Nowa norma składa się z **12 rozdziałów** oraz **6 załączników**, z których **5 normatywnych** określa wymagania dodatkowe w zakresie różnych typów jednostek pływających, od wycieczkowców poprzez ro-ro i kontenerowce, a skończywszy na zbiornikowcach oraz gazowcach LNG.

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### Norma ISO/IEC/IEEE 80005-1 w podziale na rozdziały

1. Zakres;
2. Odniesienia normatywne;
3. Terminy i definicje;
4. Wymagania ogólne;
5. Wymagania dotyczące systemu zasilania z lądu WN;
6. Instalacja po stronie lądowej;
7. Połączenie statku z lądem i wyposażenie łączeniowe;
8. Wymagania dotyczące statku;
9. Monitoring i sterowanie systemem HVSC;
10. Weryfikacja i badania;
11. Badania okresowe i konserwacja;
12. Dokumentacja.

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

**Rozdz. 1 Zakres** ma zastosowanie do projektu, instalacji i badań systemów HVSC w zakresie: lądowych układów rozdziału WN, połączeń statku z lądem i wyposażenia łączeniowego, transformatorów/dławików, przetwornic półprzewodnikowych/obrotowych, statkowych układów rozdziału energii oraz układów sterowania, monitoringu, blokowania i zarządzania energią elektryczną. Nie dotyczy natomiast dokowań statku w czasie awarii, konserwacji i remontów oraz instalacji połączenia z lądem NN.

**Rozdz. 2 Odniesienia normatywne** obejmuje normy z serii IEC 60092 dotyczące instalacji elektrycznych na statkach, normy związane z wyposażeniem elektrycznym statków, część norm na temat wyposażenia pow. 1 kV, np. kabli, złącz kablowych itp., oraz kilka norm militarnych.

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z łądu

**Rozdz. 3 Terminy i definicje** zawiera określenia typowe dla systemu zasilania z łądu, m.in.: system zarządzania przyłączem kablowym, połączenia wyrównawcze potencjałów, układy awaryjnego wyłączania.

**Rozdz. 4 Wymagania ogólne** opisuje system rozdziału energii elektrycznej, pokazując schemat blokowy typowego systemu HVSC, bliski temu, jaki przedstawiono w zaleceniu UE, tj.

**IEC 61936-1** w zakresie łądowego systemu energetycznego o napięciu pow. 1 kV; i

**IEC 60092-503** w zakresie okrętowych instalacji elektrycznych o napięciu pow. 1 kV.

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z łądu

### Rozdz. 4 cd.

Jako część systemu rozdzielczego potraktowano również zagadnienie wyrównywania potencjałów między łądem a statkiem, co ma wielkie znaczenie w przypadku statków zasilanych WN, o wielkich mocach zainstalowanych. Dużo miejsca poświęcono zagadnieniom oceny zgodności przed zawinięciem statku do portu, jak również projektowaniu instalacji portowych przystosowanych do zasilania statków energią elektryczną. W ostatniej części tego rozdziału przedstawiono wymagania bezpieczeństwa, związane z awaryjnym wyłączeniem i rozłączeniem zasilania z łądu oraz z dostępem do urządzeń wysokonapięciowych.

© PRS S.A.





Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z łądu

**Rozdz. 5 Wymagania dotyczące systemu zasilania z łądu WN** opisują zasadniczo jakości energii elektrycznej, jaką statek ma być zasilany z łądu. Można w nim znaleźć wymagania dotyczące napięć i częstotliwości, kierunku wirowania faz, tolerancji ciągłych i chwilowych napięcia i częstotliwości oraz ograniczenia zniekształceń harmonicznym napięcia

**Rozdz. 6 Instalacja po stronie łądowej** dotyczy instalacji WN zasilającej statki w części łądowej, przedstawia wymagania wobec wysokonapięciowej aparatury łączeniowej, transformatorów, elementów instalacji uziemieniowej oraz wymagania w stosunku do systemu zabezpieczeń.

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z łądu

**Rozdz. 7 Połączenie statku z łądem i wyposażenie łączeniowe** dotyczy części buforowej, jaką jest nabrzeże, przedstawia wymagania dotyczące układu połączenia kablowego, wymagania w zakresie monitorowania naciągu i długości kabla oraz stanu połączeń wyrównawczych, a także określono wymagania wobec złącz kablowych i przekazu danych między łądem a statkiem.

**Rozdz. 8 Wymagania dotyczące statku** dotyczy części okrętowej, jaką jest pokład statku, opisuje wymagania do zabezpieczeń systemu rozdziału energii elektrycznej na statku, do rozdzielnic połączenia z łądem oraz transformatora pokładowego, a także wymagania wobec okrętowego punktu poboru energii elektrycznej, jego aparatury łączeniowej i oprzyrządowania oraz układu zabezpieczeń, jak również procesu przywracania zasilania statku z sieci okrętowej.

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

**Rozdz. 9 Monitoring i sterowanie systemem HVSC** określa wymagania dotyczące transferu mocy poprzez black-out lub synchronizację automatyczną

**Rozdz. 10 Weryfikacja i badania** dotyczą badań typu i rutynowych instalacji zarówno po stronie lądowej, jak i okrętowej

**Rozdz. 11 Badania okresowe i konserwacja** dotyczy wymagań szczególnie wobec badań i konserwacji instalacji okrętowej, np. konieczność zapisów z corocznych konserwacji, napraw i ewentualnych modyfikacji oraz wyników badań pokonserwacyjnych.

**Rozdz. 12 Dokumentacja** przedstawia zakres dokumentacji dostępnej na lądzie i na statku .

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

Norma oprócz pięciu załączników normatywnych, wymienionych na wstępie jej opisu, zawiera jeden **załącznik informacyjny** dotyczący szczegółów na temat kabla połączeniowego lądu ze statkiem .



© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### Stanowisko IMO MEPC 64/4/3

Bardzo ważnym dokumentem o zasięgu światowym w dziedzinie zasilania z lądu jest Nota Sekretariatu **MEPC 64/4/3** (październik 2012) pt. **Air Pollution and energy efficiency: Onshore Power Supply** wydana przez IMO, która przedstawia, między innymi, różnorodność nazw oraz historię działań w tej dziedzinie takich organizacji, jak **International Association of Ports and Harbours (IAPH)** oraz powołanej przez nią **World Ports Climate Initiative**.

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

Pozytywnie wyróżnia się inicjatywa Niemiec i Szwecji, wyrażona w dokumencie **IMO MEPC 55/4/13** z 18 sierpnia 2006 r., na temat **normalizacji On-shore Power Supply**.

Część zasadniczą noty kończą między innymi informacje pt. **Industry Guidance** na temat dwu interesujących z technicznego punktu widzenia dokumentów wydanych przez instytucje klasyfikacyjne.

**Bureau Veritas (BS)** opublikowało w 2010 r. poradnik **High Voltage Shore Connection System**,

podczas gdy **American Bureau of Shipping (ABS)** wydało w lipcu 2011 r. poradnik **High Voltage Shore Connection**

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

**MEPC 64/4/3** kończą dwa ciekawe załączniki:

### LIST OF PORTS USING ONSHORE POWER SUPPLY

z aktualną na koniec 2012 r., informacją o inwestycjach w zakresie zasilania z lądu, oraz

### DRAFT REGULATION FOR CONSIDERATION AND POSSIBLE INCLUSION IN MARPOL ANNEX VI: Regulation XX Onshore power supply for ships (w sferze zamierzeń)

które wprowadza przepisy wobec statków / użytkowników i portów / i oferentów takich usług.



© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### ANNEX 1 LIST OF PORTS USING ONSHORE POWER SUPPLY

Port name	Country	Capacity (MW)	Frequency (Hz)	Voltage (kV )	ship types	number of berths
Gothenburg	Sweden	1.25-2.5	50 & 60	6.6 & 11	RoRo, ROPAX	6
Zeebrugge	Belgium	1.25	50	6.6	RoRo	1
Juneau	U.S.A	7-9	60	6.6 & 11	cruise	1
Los Angeles	U.S.A	7.5-60	60	6.6	container, cruise	24
Seattle	U.S.A	12.8	60	6.6 & 11	cruise	2
Kemi	Finland		50	6.6	ROPAX	
Kotka	Finland		50	6.6	ROPAX	
Oulu	Finland		50	6.6	ROPAX	
Antwerp	Belgium	0.8	50 & 60	6.6	container	
Lübeck	Germany	2.2	50	6	ROPAX	
Vancouver	Canada	16	60	6.6 & 11	cruise	2
San Diego	U.S.A	16	60	6.6 & 11	cruise	3
San Francisco	U.S.A	16	60	6.6 & 11	cruise	1
Verkö, Karlskrona	Sweden	2.5	50		cruise	
Long Beach	U.S.A	16	60	6.6 & 11	cruise	1
Oslo	Norway	4.5	50	11	cruise	1
Prince Rupert	Canada	7.5	60	6.6		1
Rotterdam	Netherlands	2.8	60	11	ROPAX	2
Ystad	Sweden	6.25-10	50 & 60	11	cruise	
Trelleborg	Sweden	0-3.2	50	10.5		6

© PRS S.A.





Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### Przepisy instytucji klasyfikacyjnych

Brak ujednoczonych wymagań Międzynarodowego Stowarzyszenia Towarzystw Klasyfikacyjnych (IACS).

Część instytucji klasyfikacyjnych wydała, w okresie ostatnich 3 lat, własne publikacje przepisowe na temat zasilania z lądu statków o instalacjach wielkich mocy, rzędu kilku–kilkunastu MW i większych.

Część towarzystw przewiduje dodatkowe znaki w klasie statku.

Przykłady:

BV - poradnik High Voltage Shore Connection System,

DNV - Standard for Certification No. 2.25 oraz Electrical Shore Connection

ABS - Guide for High Voltage Shore Connection

**Polski Rejestr Statków – Publikacja 106/P (06 październik 2014) „Przepisy ekologicznego znaku klasy / ECO Class Rules”**

© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### Publikacja PRS 106/P „Ekologiczny znak klasy”

#### Wymagania dla uzyskania symbolu klasy ACO AIR

#### Rozdział 4.7 Systemy zasilania energią elektryczną z lądu

- uziemienie systemu oraz uziemienie ochronne systemu;
- izolacja galwaniczna;
- wytrzymałość zwarciowa;
- selektywność zabezpieczeń;
- elastyczne połączenie statku z lądem;
- system nadzoru nad kablem;
- rozdzielnica;



S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### Publikacja PRS 106/P „Ekologiczny znak klasy” Wymagania dla uzyskania symbolu klasy **ACO AIR** Rozdział 4.7 Systemy zasilania energią elektryczną z lądu

- blokady;
- odłączenie awaryjne;
- sterowanie i monitoring;
- prowadzenie instalacji;
- nadzór nad próbami;
- wymagania dotyczące podlegającej zatwierdzeniu.



© PRS S.A.



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### BV poradnik High Voltage Shore Connection System,

który stanowi „notę przepisową NR 557 DT R00 E” składającą się z 5 działów i określa warunki, jakie statek powinien spełniać, by otrzymać dodatkowy znak HVSC w swojej klasie. Publikacja nie ogranicza się jedynie do wymagań w stosunku do statku, ponieważ w swej części zatytułowanej **Shore installation** wymienia warunki, jakie powinna spełniać instalacja lądowa, by mógł być do niej podłączony statek. Dwie inne sekcje poradnika określają wymagania wobec połączenia statku z lądem i jego interfejsu oraz do instalacji okrętowej. Ostatnia część książki, zatytułowana **Testing and trials**, wymienia wszystkie badania, jakim powinna być poddana wysokonapięciowa część statkowej instalacji elektrycznej, by można podłączyć ją do lądowego systemu zasilającego .

© PRS S.A.



### Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

**Det Norske Veritas (DNV)** wydał natomiast na początku 2012 r. publikację określoną jako **Standard for Certification No. 2.25** i nazwaną **Electrical Shore Connection** składa się z 4 rozdziałów:

1. Zasady Ogólne, standard ten odnosi się do projektu, instalacji oraz weryfikacji połączenia elektrycznego z lądem do stałego stosowania w porcie w przypadku statków wszelkiego rodzaju. Zasadniczym celem jest statek odbywający regularne podróże i często odwiedzający te same porty, z cumowaniem trwającym w porcie więcej niż 4 godziny. Ponieważ dostępność energii elektrycznej w tym przypadku zależy od systemu energetycznego na lądzie, wymaganiem standardu jest to, by w sytuacji zasilania zewnętrznego okrętowy generator rezerwowy był przygotowany do automatycznego rozruchu i przejęcia obciążenia w razie utraty zasilania z lądu.

© PRS S.A.



### Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

2. Verification and certification określono wymagania wobec dokumentacji, certyfikacji podzespołów oraz inspekcji na pokładzie statku, np. kabel zasilający ma być certyfikowany, inne składniki instalacji mogą być certyfikowane na żądanie zamawiającego.
3. System design requirements, 3.1. Rezerwowy zespół prądowórczy, 3.2. Przerzut zasilania, 3.3. Rozdzielnica podłączenia z lądem, 3.4. Napięcie i częstotliwość, 3.5. Selektowność / Wyłączanie wybiórcze, 3.6. Uziemienie systemu, 3.7. Doziemianie ochronne, 3.8. Izolowanie galwaniczne, 3.9. Aparatura łączeniowa (w tym: wyłączniki i łączniki uziemieniowe), 3.10. Wtyki i gniazda wtykowe, 3.11. System zarządzania kablem, 3.12. Blokady, 3.13. System zabezpieczeń, monitoringu alarmów, obejmujący m.in. awaryjne rozłączanie, 3.14. Oprzyrządowanie.
4. Installation requirements – między innymi, wymogi oznakowania symbolami ostrzegawczymi wszystkich elementów wyposażenia wysokonapięciowego

© PRS S.A.



## ABS Guide for High Voltage Shore Connection

publikacje przepisowe na temat zasilania z lądu statków o instalacjach wielkich mocy, rzędu kilku–kilkunastu MW i większych również obejmuje notację klasyfikacyjną HVSC, jednak amerykański przewodnik nie tylko stawia wymagania wobec instalacji elektrycznych na lądzie, w strefie buforowej między lądem a statkiem oraz na pokładzie statku, ale również zwraca uwagę na organizację pracy (w rozdziałach *Maintenance Plan* oraz *Operation Manual*). Zakończeniem książki są, podobnie jak w poprzednim przypadku, próby rozdzielnicy WN, transformatora oraz przyłączeniowej instalacji kablowej.

© PRS S.A.



## Podsumowanie, wnioski

- w sferze przepisów jesteśmy przygotowani do przystosowania portów oraz statków do operacji zasilania z lądu
- Większość wymagań dotyczących aparatury łączeniowej, zabezpieczeń i oprzyrządowania rozdzielnic zasilania z lądu można znaleźć w przepisach klasyfikacyjnych
- Nowe publikacje instytucji klasyfikacyjnych, podają przejrzyste wytyczne w jaki sposób należy przygotować nabrzeża portowe oraz statek, by oba obiekty mogły być kompatybilne do współpracy w zakresie zasilania z lądu i by statek mógł otrzymać dodatkową notyfikację w swej klasie.
- Większość wymagań z tych publikacji można znaleźć w dotychczasowych przepisach wszystkich instytucji klasyfikacyjnych IACS, szczególnie w częściach tych przepisów dotyczących zasilania statku z lądu oraz występowania wysokich napięć na jego pokładzie.

© PRS S.A.



## Polski Rejestr Statków



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

### Podsumowanie, wnioski cd.

- Większość wymagań z tych publikacji można znaleźć w dotychczasowych przepisach wszystkich instytucji klasyfikacyjnych IACS, szczególnie w częściach tych przepisów dotyczących zasilania statku z lądu oraz występowania wysokich napięć na jego pokładzie.
- Novum we wszystkich przepisach technicznych, w tym w normie IEC/ISO/IEEE 80005-1, są bardzo szczegółowe wymagania dotyczące połączenia statku ze stacją zasilającą na nabrzeżu.
- Trwa szeroka dyskusja na forum Institut of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) na temat wyrównywania potencjałów między statkiem a jego otoczeniem w porcie.



© PRS S.A.

## Polski Rejestr Statków



Postanowienia i wymagania oficjalnych dokumentów międzynarodowych w zakresie zasilania statków energią elektryczną z lądu

Z formalno-prawnego punktu widzenia szczególnie dwa dokumenty mają natomiast poważne znaczenie, dając impuls środowiskom portowców i żegludowców do zatrzymania silników zespołów prądotwórczych w porcie.

**Zalecenie Komisji Wspólnot Europejskich z dnia 8 maja 2006 (2006/339/WE) w sprawie wspierania pobierania energii elektrycznej z lądu przez statki zacumowane w portach Wspólnoty;**  
**Nota Sekretariatu MEPC 64/4/3 p/t. Air Pollution and energy efficiency: Onshore Power Supply,**



© PRS S.A.

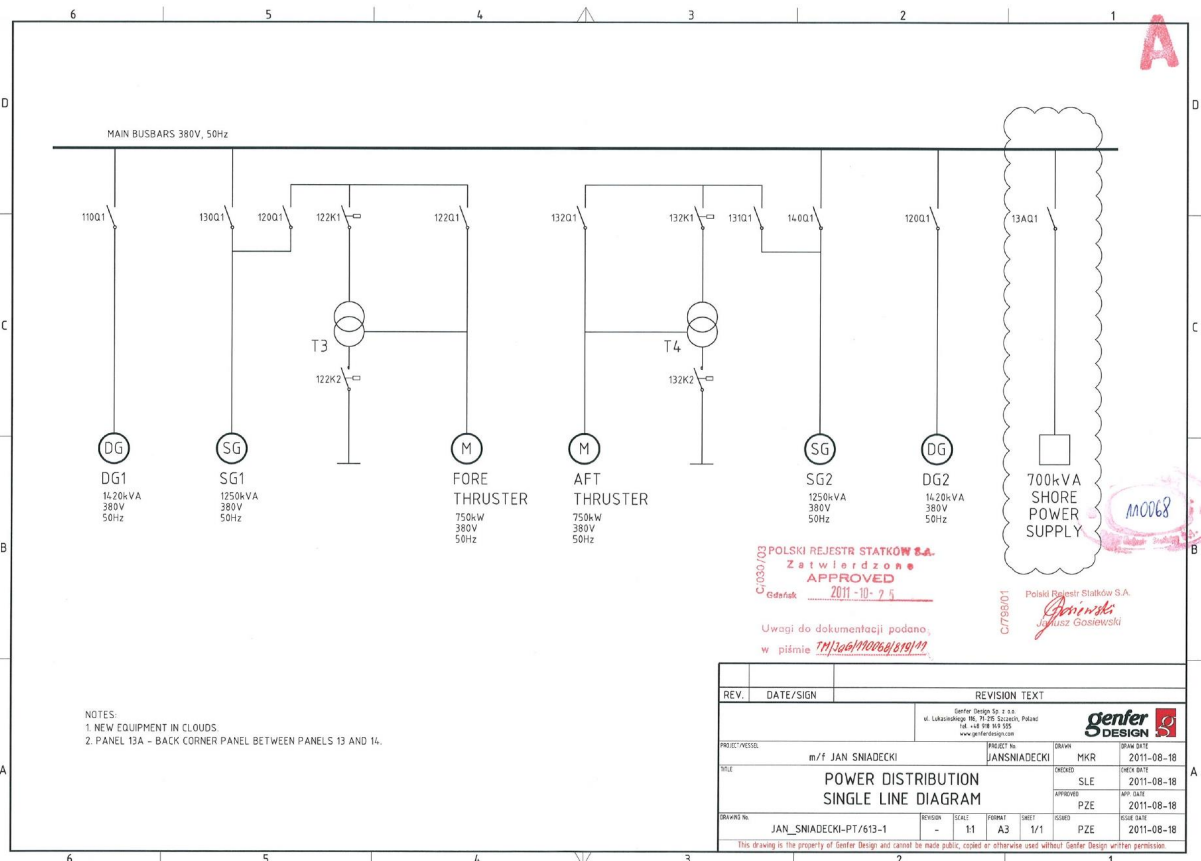
Polski Rejestr Statków



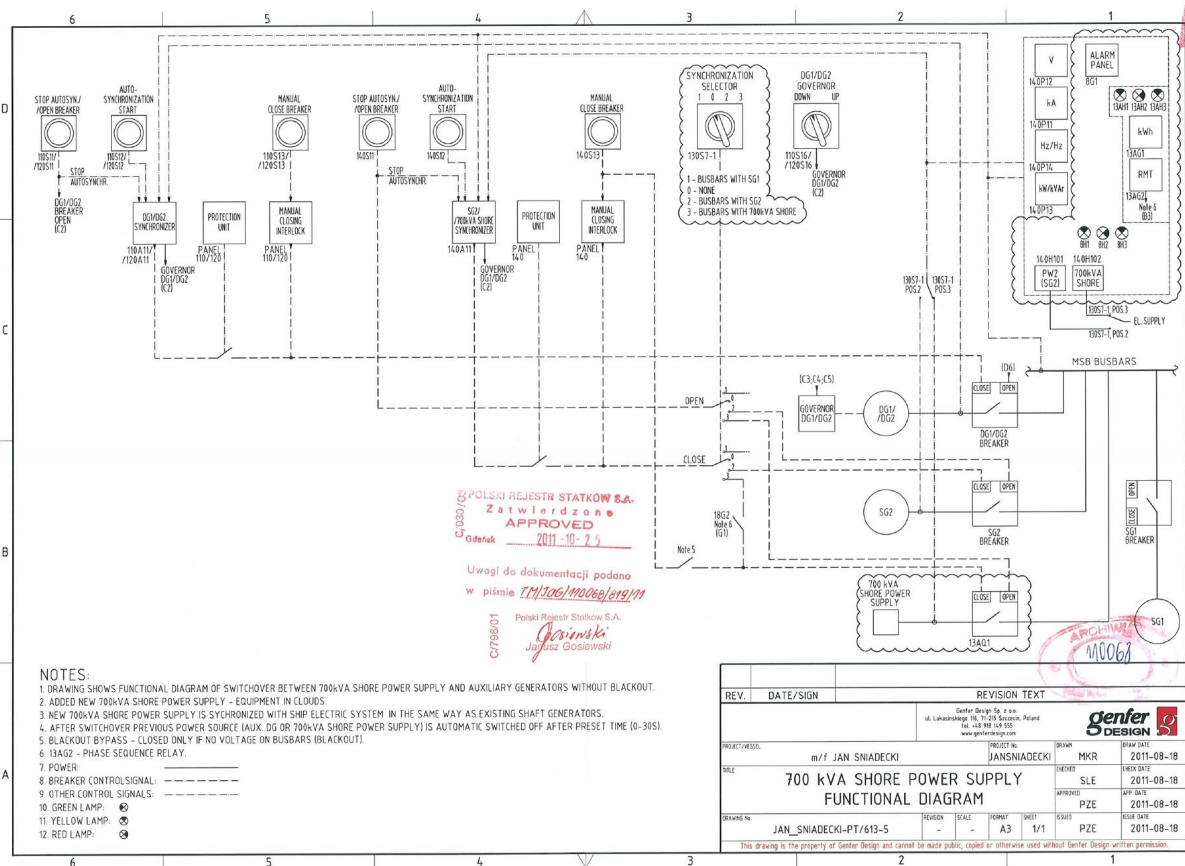
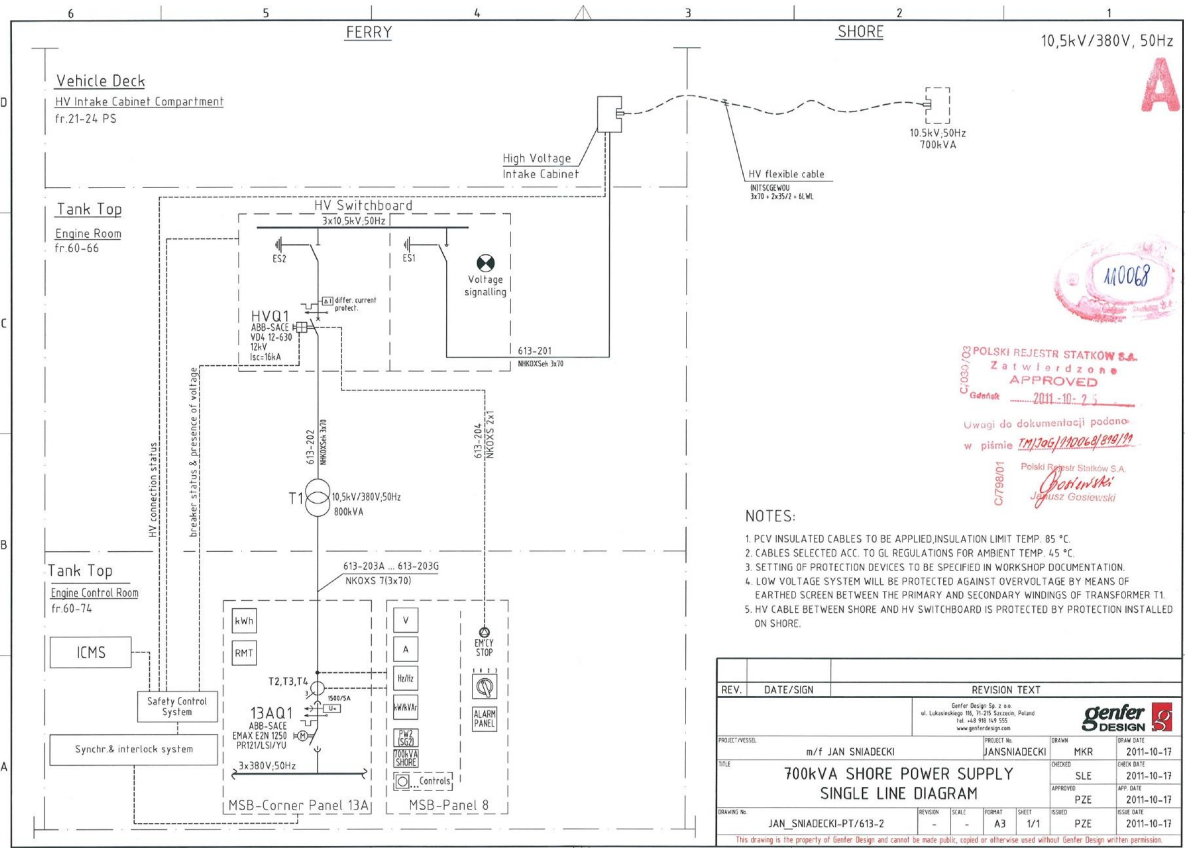
## Przykłady realizacji



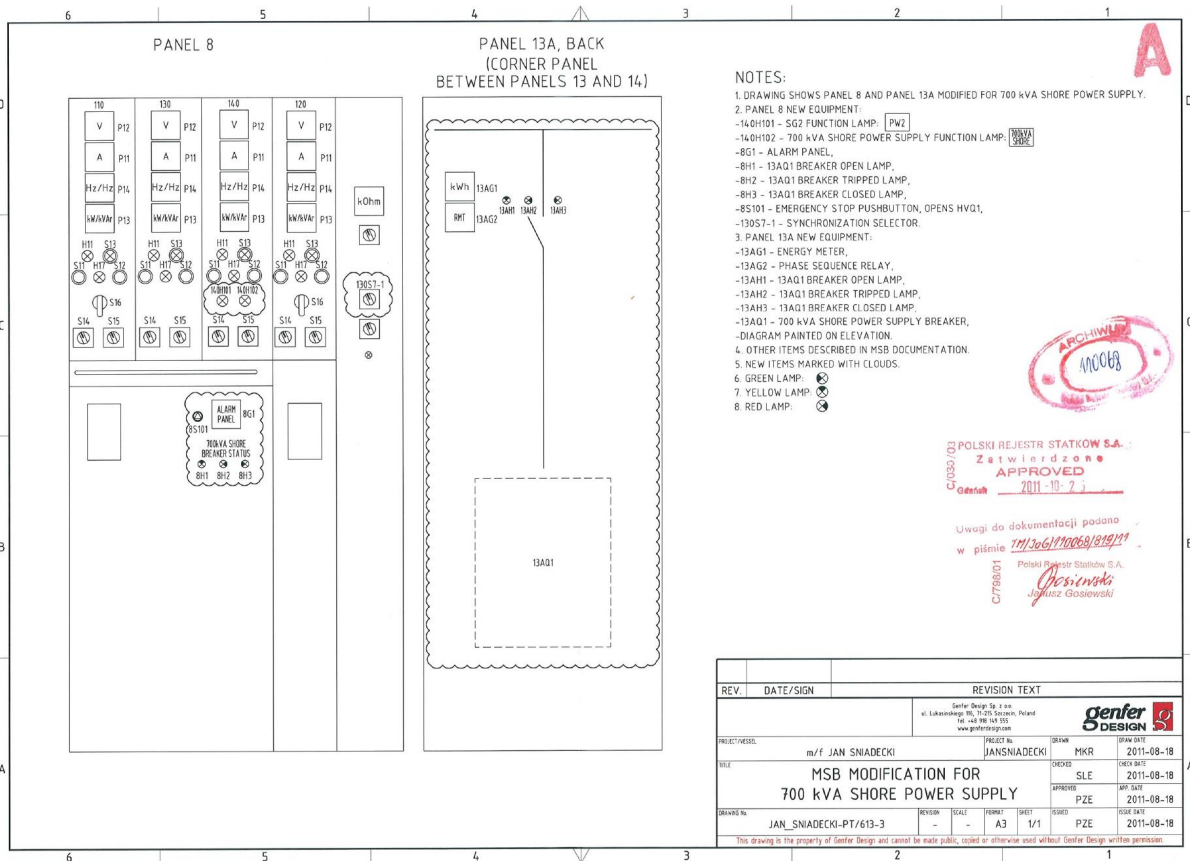
© PRS S.A.



# ZASILANIE ELEKTRYCZNE Z ŁĄDU STATKÓW W PORCIE - GDYNIA 21.11.2014



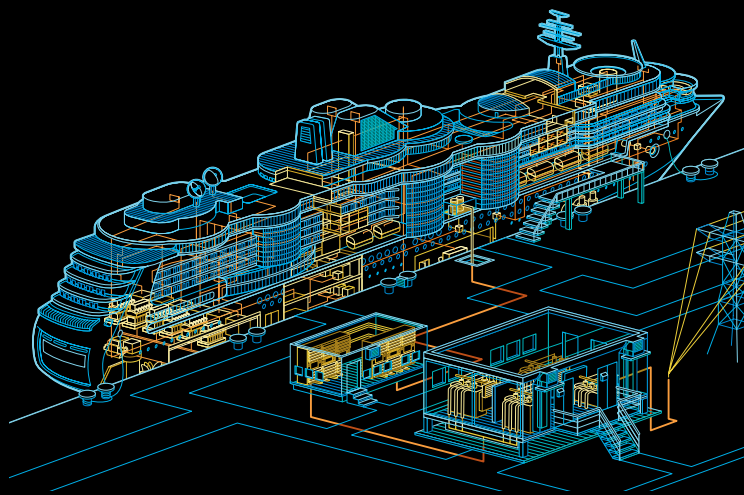
# ZASILANIE ELEKTRYCZNE Z ŁĄDU STATKÓW W PORCIE - GDYNIA 21.11.2014





Pokonać barierę  
częstotliwości?

Naturalnie.



Rozwiązanie ABB, umożliwiające dostarczanie energii z nabrzeża na statek, pomaga ograniczyć emisję dwutlenku węgla o 98 procent i w znaczącym stopniu zmniejszyć poziom hałasu i drgań w portach. Oferta firmy obejmuje zarówno przemienniki częstotliwości, jak i zintegrowane systemy „pod klucz” oraz usługi począwszy od stacji elektroenergetycznych aż po modernizację elektrycznych systemów statków, po to, by możliwe było dostarczenie energii elektrycznej z lądu na pokład. To tylko jeden ze sposobów, dzięki którym ABB, wiodący dostawca technologii energetyki i automatyki, pomaga ograniczyć negatywny wpływ na środowisko naturalne oraz społeczności lokalne.

[www.abb.com/ports](http://www.abb.com/ports)

ABB Sp. z o.o.

E-mail: [michal.ciacka@pl.abb.com](mailto:michal.ciacka@pl.abb.com)

[jacek.kossowski@pl.abb.com](mailto:jacek.kossowski@pl.abb.com)

Tel.: +48 783 836 994, +48 601 899 641

ABB Contact Center: +48 2222 3 7777

Power and productivity  
for a better world™

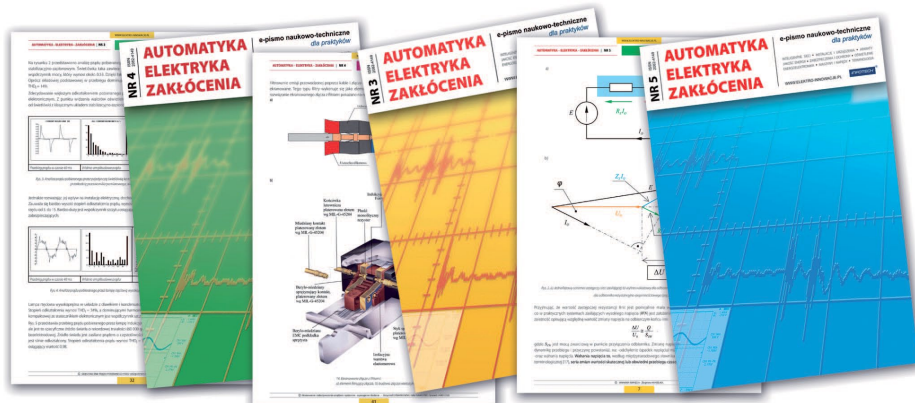


# e-pismo naukowo-techniczne

*dla praktyków*

INTELIĞENTNE SIECI  
INSTALACJE I URZĄDZENIA  
JAKOŚĆ ENERGII  
ZABEZPIECZENIA I OCHRONY  
OŚWIETLENIE  
ENERGOELEKTRONIKA  
APARATY  
MASZYNY I NAPĘDY  
TERMINOLOGIA  
ENERGETYKA  
TEORIE MOCY  
KABLE  
ENERGIA ODNAWIALNA  
SIECI INTELIĞENTNE  
POWTÓRKA Z TEORII

# AUTOMATYKA ELEKTRYKA ZAKŁÓCENIA



INFOTECH®

CZYTAJ ONLINE NA STRONIE:

[WWW.EPISMO-AEZ.PL](http://WWW.EPISMO-AEZ.PL)

# Z Eaton UPS Marine każdy ocean będzie SPOKOJNY

## Zasilacze UPS w wykonaniu morskim:

- sprawność do 99% w trybie oszczędzania energii ESS
- opatentowana technologia równoległego podziału obciążenia Hot Sync eliminuje pojedynczy punkt awarii,
- system zmiennego zarządzania modułami (VMMS) pozwala uzyskać maksymalną efektywność UPS w zakresie najmniejszych obciążeń
- technologia zarządzania bateriami ABM pozwala wydłużyć żywotność baterii akumulatorów nawet o 50%
- bezpieczeństwo zasilania dzięki rozbudowanemu, profesjonalnemu serwisowi
- inteligentne oprogramowanie IPM i IPP pozwala na zarządzanie i monitoring zasilanych urządzeń
- Eaton posiada zatwierdzenia typu dla modeli UPS do 15 kVA



# EATON

Powering Business Worldwide