

Załącznik nr 2

**Szczegółowy opis przedmiotu dialogu technicznego:**

Akademia Morska w Gdyni  
Wydział Elektryczny  
Katedra Elektroenergetyki Okrętowej

Symulator elektrowni okrętowej

Gdynia 15-03-2017 r.

#### Cel:

Symulator elektrowni okrętowej ma służyć do realizacji pełnego programu nauczania wynikającego z Rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju w DU 2014 poz.536 zał 5. dla kształcenia zgodnie z ramowym program szkolenia i wymaganiami egzaminacyjnymi na poziomie operacyjnym w dziale maszynowym w specjalności elektrycznej (zgodnie z konwencją STCW).

Program ten jest realizowany na Wydziale Elektrycznym w specjalności Elektroautomatyka Okrętowa o profilu praktycznym na studiach 1-stopnia oraz dodatkowo od września 2015 roku również łącznie na specjalnościach: Elektronika Morska studia 1-stopnia i Elektronika i Automatyka Morska studia 2-stopnia.

Dodatkowo ma umożliwić realizację ramowego programu przeszkolenia w zakresie obsługi i konserwacji układów zasilania o napięciu przekraczającym 1 kV.

Jednocześnie symulator pozwoli stworzyć miejsce egzaminowania praktycznego na potrzeby egzaminów prowadzonych przez Centralną Morską Komisję Egzaminacyjną.

#### Zakres:

Uwaga wstępna: Przedłożone założenia dotyczą symulatora pracującego z częstotliwością 60Hz.

Symulator okrętowej elektrowni składa się z:

Rozdzielniczy RSN (rozdzielnica średniego napięcia) 3\*3,3kV AC, 60Hz

Rozdzielniczy niskiego napięcia RNN (rozdzielnica niskiego napięcia) 3\*440V AC, 60Hz

Rozdzielniczy bardzo niskiego napięcia RBNN (rozdzielnica bardzo niskiego napięcia) 3\*230VAC, 60Hz

Rozdzielniczy awaryjnej RA (rozdzielnica awaryjna) 3\*440V AC /230V AC 60Hz

Pola prądnic walewowej 3\*440VAC, 60Hz

Pola zasilania z lądu 3\*440VAC, 60Hz

Zespołów prądotwórczych z napędem elektrycznym symulującym napędy mechaniczne z możliwością regulacji częstotliwości 60Hz +/-5Hz.

Zespołów odbiorników czynnych (zestaw rezystorów na zewnątrz budynku) i biernych.

Zestawu transformatorów WN i NN.

PMS,

System monitoringu, zdalnego sterowania i kontroli.

Oprządowania bezpieczeństwa i pomiarowego niezbędnego do prowadzenia zajęć dydaktycznych

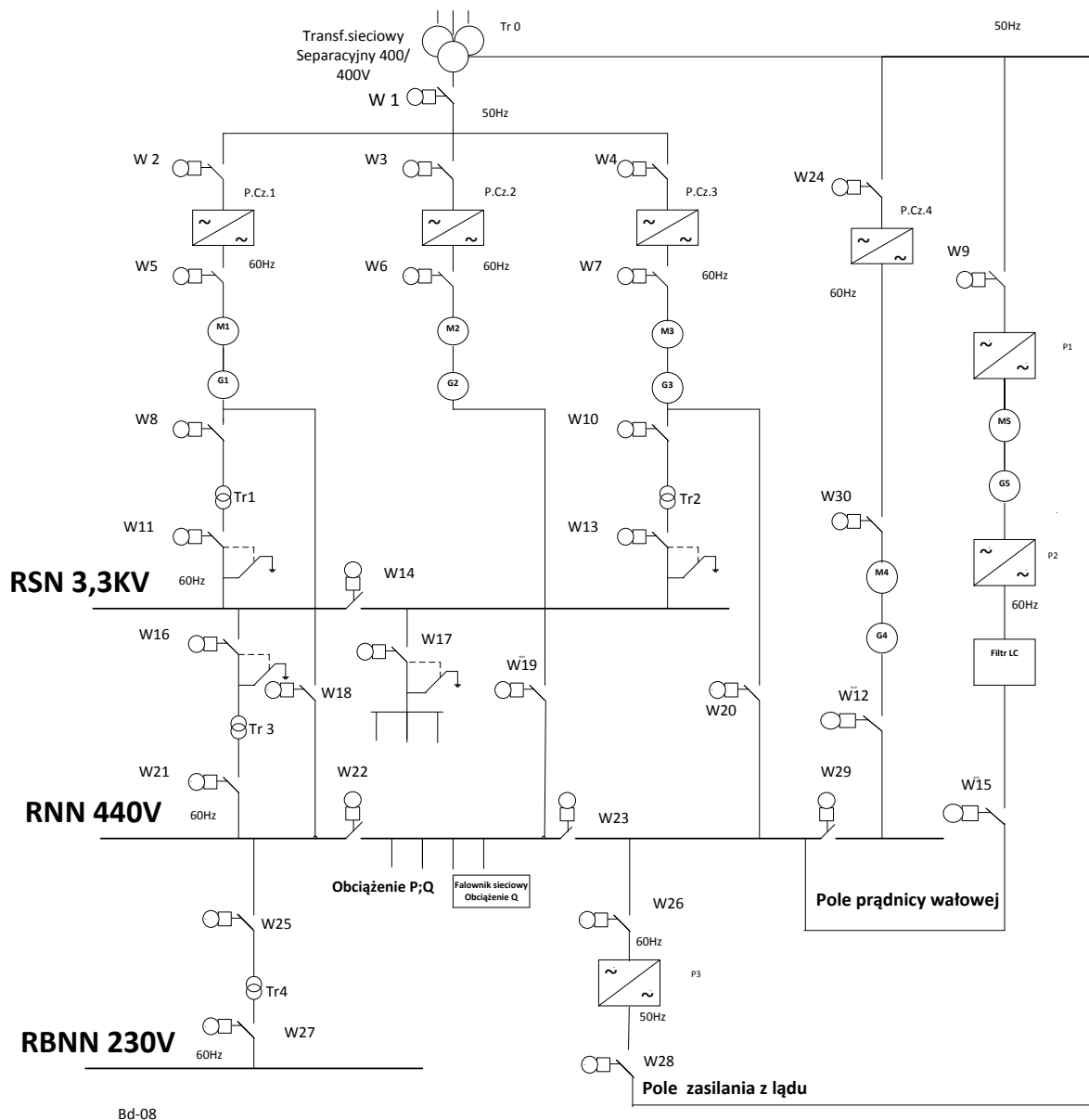
Umeblowanie (stoły, krzesła)

Oprządowania informatycznego - komputery, monitory drukarka, projektor.

Całość musi uzyskać certyfikat dopuszczenia do eksploatacji PRS.

Monitoring telewizyjny maszynowni i zestawu obciążeń.(w pomieszczeniu maszynowni dodatkowa jedna kamera przenośna na kablu i statywie, umożliwiająca obserwację dowolnej maszyny).

Schemat symulatora elektrowni okrętowej przedstawia rys.1. 4

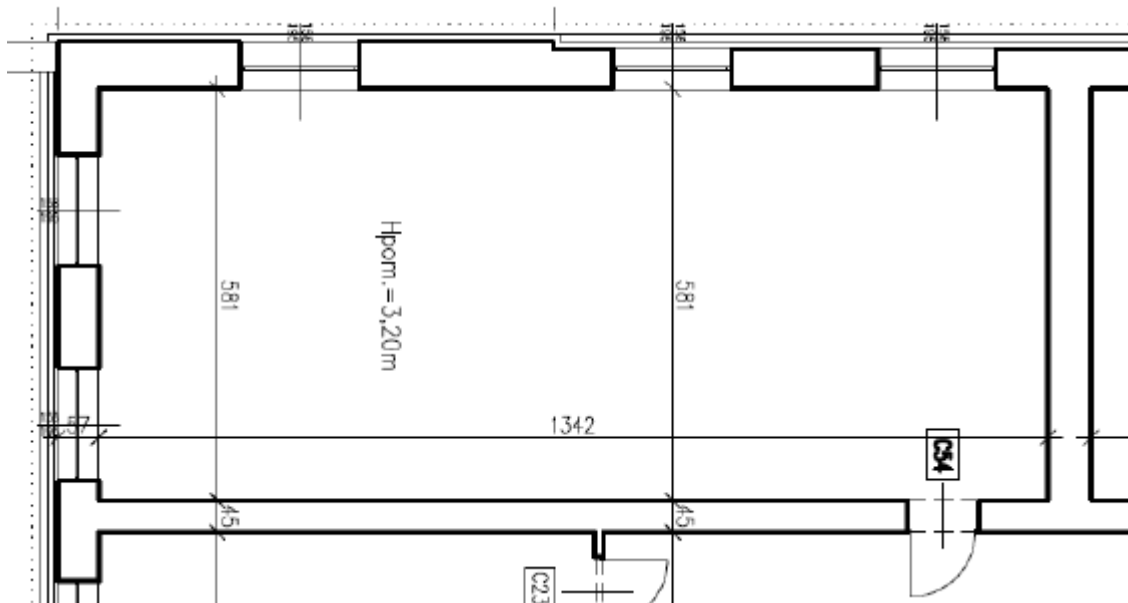


Rys 1. Schemat symulatora

Opis:

Symulator systemu elektroenergetycznego rozmieszczony zostawanie w kilku pomieszczeniach.

1. Pomieszczenie C-54, parter, powierzchnia 78m<sup>2</sup>, wymiary długość 1342cm, szerokość 581cm, wysokość 320 cm.



Rys 2. Pomieszczenie C-54

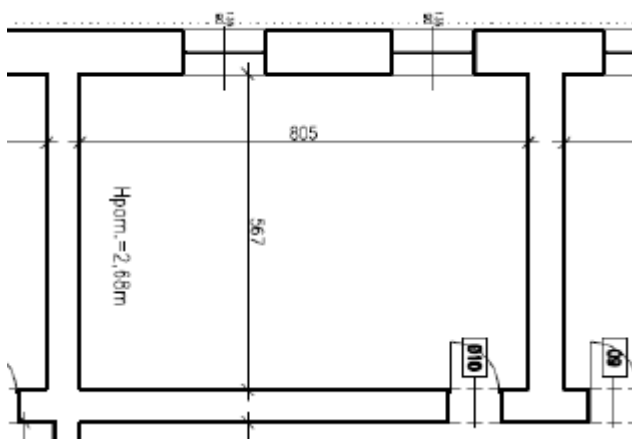
W tym pomieszczeniu planuje się rozmieszczenie rozdzielnic. Pomieszczenie to jest głównym pomieszczeniem dydaktycznym.

Proponowane rozmieszczenia wyposażenia w pomieszczeniu C-54 przedstawione jest na rys 3.

2. Pomieszczenie C-010, znajduje się w piwnicy, bezpośrednio pod pomieszczeniem C-54.

Wymiary: długość 805cm, szerokość 567cm, wysokość 268cm, powierzchnia 45,6m<sup>2</sup>.

W tym pomieszczeniu planuje się umieścić transformatory, zespoły napędowe silniki-prądnice, i urządzenia przekształtnikowe do sterowania silnikami napędzających prądnice.

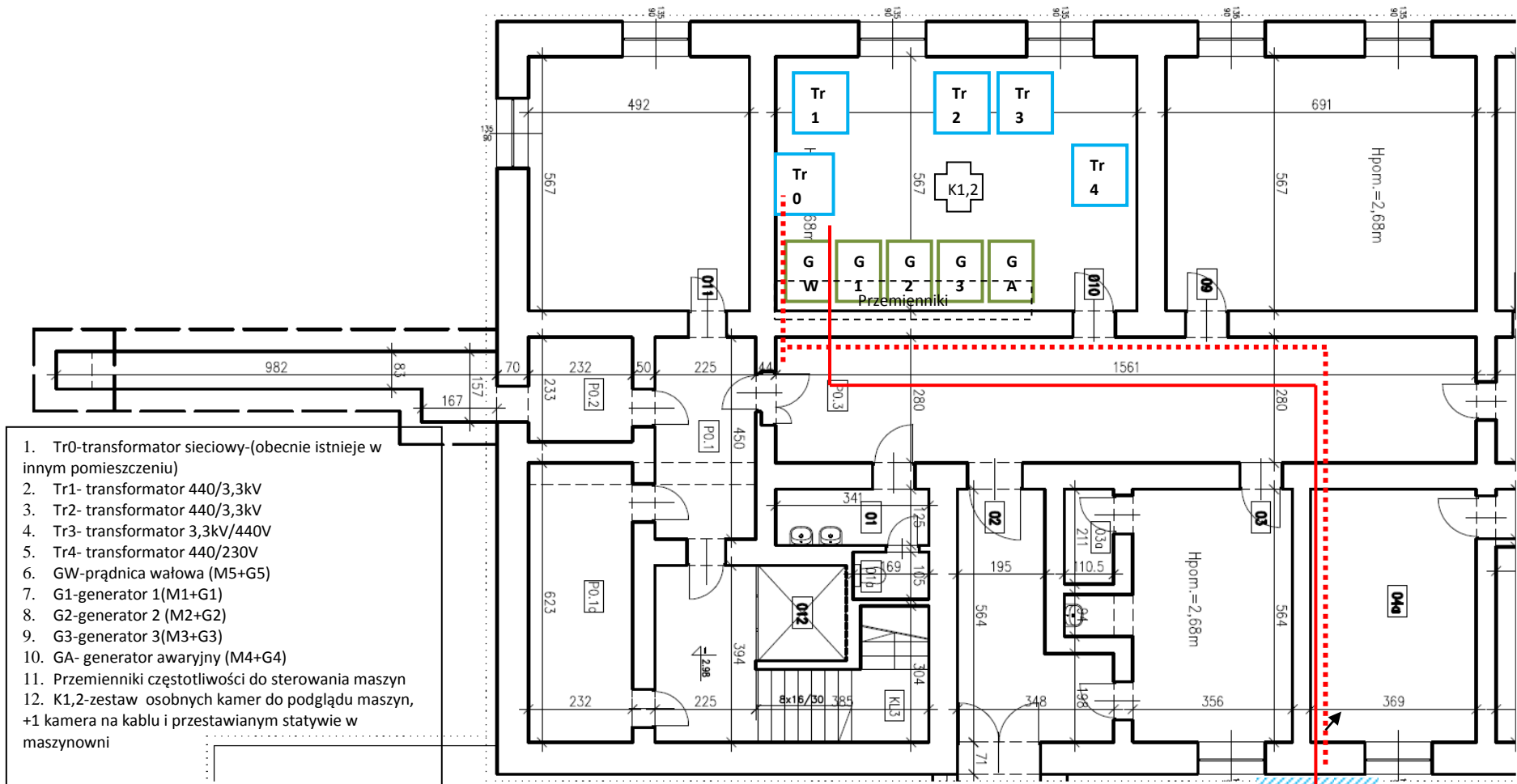


Rys 3. Pomieszczenie C-010

Propozycja rozmieszczenia urządzeń w pomieszczeniu C010 przedstawiona jest na rys 5

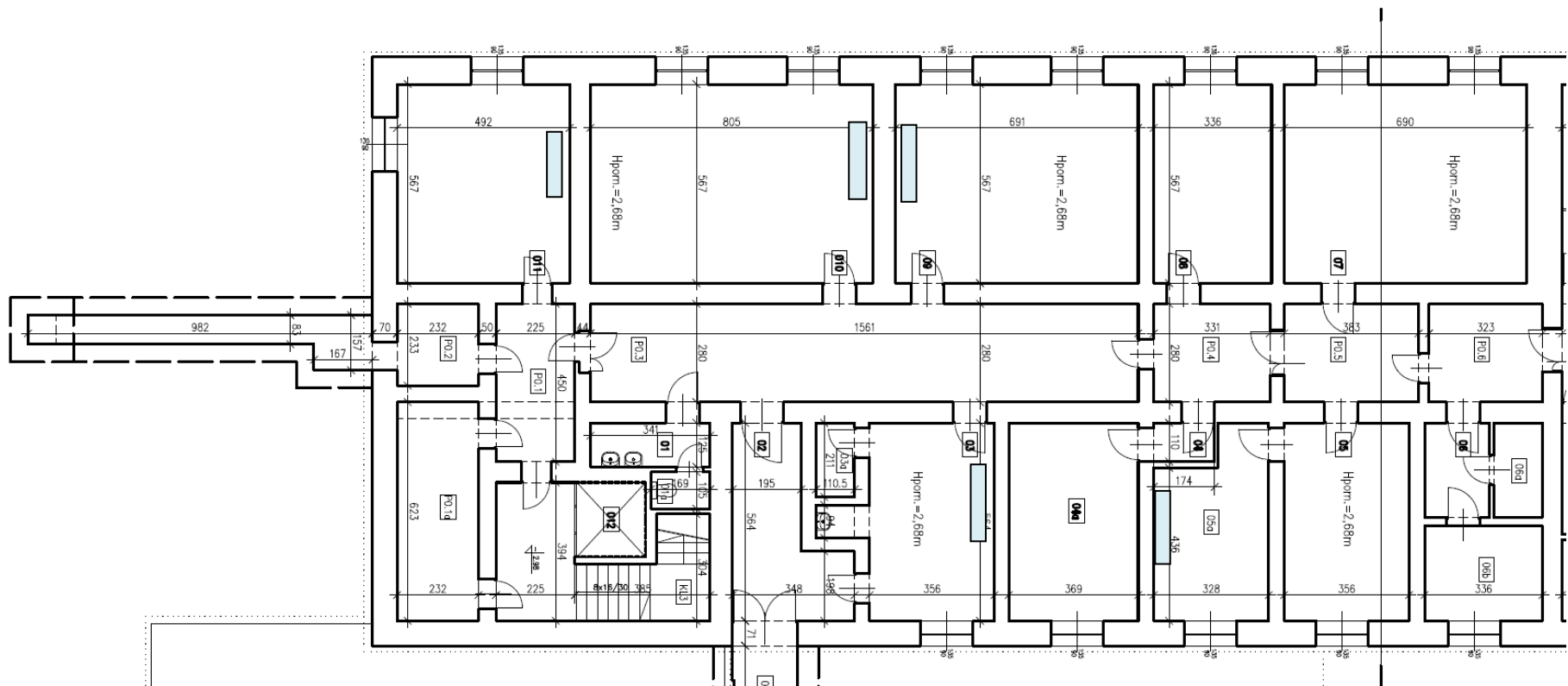
3. Wiaty zbudowanej na zewnątrz budynku z obciążeniami czynnymi. (Rys 4) –Pomieszczenie rezystorów.
4. Dodatkowo z rozdzielnic w pomieszczeniu C-54 byłyby zasilane podrozdzielnice umieszczone w okolicznych laboratoriach zarówno na poziomie parteru jak i piwnicy. (rys 3, rys 4)





Rys 4. Rozmieszczenie urządzeń w pomieszczeniu C010 oraz pomieszczenie rezystorów.

Wiata obok parkingu.  
 Pomieszczenie rezystorów (K1-kamera)



Rys 5 Rozmieszczenie podrozdzielnic w pomieszczeniach piwnicznych.

5. Opis techniczny i funkcjonalny obejmuje elektrownię okrętową szkolną w układzie symulacyjnym w skład której wchodzi następujące rozdzielnice.

1. Rozdzielnicę średniego napięcia 3,3kV, 60Hz-RSN
2. Rozdzielnicę niskiego napięcia 440V, 60Hz -RNN
3. Rozdzielnicę awaryjną 440V, 60Hz -RA
4. Rozdzielnicę napięcia 230V, 60Hz -RBNN
5. Pole prądnicy wałowej 440V, 60Hz
6. Pole zasilania z lądu 440V, 60Hz

System energetyczny szkolnej elektrowni okrętowej zasilany jest z sieci lądowej poprzez transformator separacyjny trójfazowy Tr0-400/400V połączony w gwiazdę –transformator Tr0 istnieje i jest do wykorzystania.

System dystrybucji składa się z rozdzielnic średniego napięcia RSN zasilanego w układzie symulacji z dwóch generatorów poprzez transformatory podwyższające 440/3,3KV 60Hz.

W polach wyłączników SN umieścić uziemniki zgodnie ze schematem. Wyposażyć rozdzielnicę w system blokad uniemożliwiających nieprawidłową eksploatację. Preferowany będzie system z dostępem kluczykowym.

Rozdzielnicę niskiego napięcia RNN zasilana jest z trzech generatorów 440V, 60Hz. Generatory napędzane są silnikami sterowanymi z przemienników częstotliwości P.Cz.1-3. Przemienniki częstotliwości z filtrem harmonicznym mają być przystosowane do pracy, która będzie symulowała pracę napędu mechanicznego wyposażonego w regulator obrotów, który będzie dodatkowo zapewniał regulację statyzmu poprzez następujące nastawy:

- a) stopień niestabilności określający dopuszczalne przeregulowania
- b) stopień nierównomierności określający statyzm regulacji
- c) stopień nieczułości jako strefa zmiany parametru regulowanego na który układ nie reaguje
- d) stopień nieliniowości określający odchylenie charakterystyki rzeczywistej od idealnej.

Przemiennik P1 umożliwiający symulację warunków pracy prądnicy wałowej (nagła zmiana obrotów silnika wynikająca z wynurzenia śruby okrętowej).

Rozdzielnicę musi zapewniać system blokad wynikający z aktualnych przepisów towarzystw klasyfikacyjnych.

Wszystkie maszyny elektryczne i transformatory muszą mieć uzwojenia wykonane z miedzi.

## 6. Układ obciążenia czynnego i biernego modelu elektrowni okrętowej

### A. Obciążenie czynne

Model fizyczny obciążenia czynnego należy zaprojektować i zrealizować na rezystorach w sześciu-stopniowej dekadowej regulacji prądu obciążenia. Każdy generator będzie pracował na obciążenie wydzielone w układzie trójfazowym, czyli każdy generator posiada swoje indywidualne obciążenia a w pracy równoległej obciążyc można zespoły trzema zestawami rezystancji.

Rezystory umieszczone zostaną w zbudowanym zadaszonym ażurowym pomieszczeniu bez dostępu dla osób postronnych na zewnątrz budynku Akademii Morskiej o wymiarach zależnych od rezystorów w odległości około 100m od rozdzielnic. Wyposażenie dodatkowe w podgląd TV umożliwiający obserwację pomieszczenia rezystorów w pomieszczeniu C-54.

### B. Maszynowy układ obciążenia biernego

Do układu obciążenia biernego należy wykorzystać maszyny wchodzące w skład elektrowni okrętowej. Jedną z prądnic synchronicznych nr 3 będzie pracowała jako silnik przy niedowzbudzeniu pobierająca energię z szyn rozdzielnic na którą pracują prądnice nr 1 i 2.

Przy niedowzbudzeniu prądnic będzie pobierała moc bierną indukcyjną, czyli nastąpi pogorszenie współczynnika mocy  $\cos\varphi$  oraz przy przewzbudzeniu będzie pobierać moc bierną pojemnościową



czyli nastąpi poprawa współczynnika  $\cos\phi$ . Układ przełączenia należy tak zaprojektować aby umożliwił on pracę maszyny synchronicznej jako prądnicy i jako silnika.

Przy pracy prądnicowej uzwojenie wzbudzenia jest zasilane z regulatora napięcia przy pracy obciążenia biernego uzwojenie wzbudzenia jest zasilane z obcego źródła czyli pracuje jako silnik obcowzbudny.

Prąd obciążenia biernego zależy od prądu wzbudzenia silnika.

Procedura realizacji obciążenia biernego.

1. Pracują dwa generatory w pracy równoległej
2. Montujemy przełącznik do zmiany rodzaju pracy maszyny synchronicznej
3. Uzwojenie wzbudzenia silnika jest zasilane poprzez mostek prostowniczy z autotransformatora
4. Zwiększamy prąd wzbudzenia do napięcia znamionowego
5. Przeprowadzamy synchronizację trzeciej prądnicy do pracy równoległej
6. Wyłączamy silnik napędowy trzeciego generatora
7. Zmniejszając prąd wzbudzenia silnika synchronicznego obciążamy prądnicę mocą bierną indukcyjną
8. Zwiększając prąd wzbudzenia silnika synchronicznego obciążamy prądnicę mocą bierną pojemnościową pełni więc rolę kompensatora mocy biernej

C. Układ obciążenia biernego przekształtnikowy

Zastosować należy przekształtnik statyczny sieciowy, jako aktywne obciążenie bierne pojemnościowe i indukcyjne. Stosując odpowiednią metodę sterowania przesunięciem fazowym impulsów sterujących tranzystora synchronizowanych napięciem sieci uzyskujemy przesunięcie o kąt  $-90$  stopni obciążenie bierne pojemnościowe o kąt  $+90$  stopni obciążenie bierne pojemnościowe.

Parametry, które są potrzebne do zaprojektowania przemiennika sieciowego są

$I_{zn} = 36A$

$U_{zn} \text{ sieci} = 440V$

8. Podrozdzielnice:

Zasilanie z RNN 3\*440V AC, możliwość sterowania:

1. sygnalizacja zasilania podrozdzielnicy (światlna),
2. sześciostopniowy układ regulacji obciążenia zrównoleglony z główną tablicą rozdzielczą,
3. regulacja prędkości obrotowej (częstotliwości) układ zrównoleglony z GTR,
4. układ pracy prądnicy jako samowzbudna i obcowzbudna,
5. zaciski wyjściowe dla podłączenia odbiornika,
6. blokada od załączenia elektrowni z podrozdzielnicy.

9. Zastosować w rozdzielnicy RSN wyłączniki co najmniej 3,3kV, trzy próżniowe, dwa SF6.

10. W pomieszczeniu rozdzielnicy powinno znajdować się stanowisko do pomiarów izolacji uzwojeń transformatora SN pozwalające na przeprowadzenie pełnej procedury pomiaru rezystancji izolacji uzwojeń. Poszczególne zaciski przystosowane do podłączenia uziemiacza z wykorzystaniem drążków izolacyjnych.

11. Uwagi dodatkowe

- a) Dwa wyłączniki (próżniowy i SF6) osobno na wózkach do prezentowania ich budowy.

- b) Rozdzielnica musi być wyposażona w taki sposób, aby można było wymienić wyłączniki SN
- c) Całość musi posiadać certyfikat PRS dopuszczający do eksploatacji.
- d) System musi posiadać wbudowany układ PMS ora system monitoringu ze zdalnym sterowaniem z dwóch stanowisk. System sterowania i monitoringu wykonany przez uznane na rynku międzynarodowym firmy (minimum 10% rynku międzynarodowego) z preferencją rozwiązań już stosowanych w AMG.
- e) Cały system ma symulować układ IT, jednakże z generatorów powinien być wyprowadzony punkt neutralny gwiazdy dostępny w rozdzielnicy, przeznaczony do celów badawczych.
- f) Dodatkowo symulator musi być wyposażony w przenośny sprzęt pomiarowy i elementy oraz wyposażenie umożliwiające naukę bezpiecznego serwisu i napraw.

**Zestawienie urządzeń i materiałów podstawowych  
Systemu energetycznego GTR**

Lp.	Nr z rys.	Wyszczególnienie	Jedn	Ilość
1	Tr 0	Transformator sieciowy separacyjny 400/400V Pzn= 100 KVA do wykorzystania jest na stanie lab.	Szt.	1
2	W1	Wyłącznik samoczynny (zwarciovowy) a) wykonanie wysuwne b) z napędem silnikowym c) wyzwalaczami prądowymi d) wyzwalaczami napięciowymi e) powietrzny f) napięcie zasilania 400V 50Hz	szt.	1
3	W2, W3, W4, W9, W24, W28	Wyłącznik samoczynny( zwarciovowy niskonapięciowy) U = 400V a) wykonanie wysuwne b) z napędem silnikowym c) wyzwalaczami prądowymi d) wyzwalaczami napięciowymi e) powietrzny f) napięcie zasilania 400V 50Hz	szt	6
4	W5, W6, W7, W8, W10, W12, W15, W18, W19 W20, W21 W22, W23 W25, W26 W27, W29, W30	Wyłącznik samoczynny( zwarciovowy niskonapięciowy) U = 440V a) wykonanie wysuwne b) z napędem silnikowym c) wyzwalaczami prądowymi d) wyzwalaczami napięciowymi e) powietrzny f) napięcie zasilania 440V 60Hz	szt.	18
5	P.cz.1, P.cz.2,	Przemiennik częstotliwości trójfazowy :sposób sterowania sofstart przez zmianę częstotliwości i napięcia z	szt.	4

	P.cz.3, P.cz.4	<p>możliwością ręcznej zmiany częstotliwości wokół 60 Hz +; - 5Hz napięcie wyjściowe <math>U = 440V</math>.</p> <p>Przebiegiem w układzie napędowym ma pełnić też rolę regulatora prędkości obrotowej a zatem stawiane wymagania to:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stopień nierównomierności czyli uchyb regulacji w zależności od obciążenia tzw. statyzm nachylenie charakterystyki mechanicznej <math>W=f(P)</math></li> <li>2. Stopień nieczułości układu regulacji jest to wartość zmian regulowanego parametru na który układ nie reaguje.</li> <li>3. Stopień niestabilności określający wielkość ustalonych kołysań po których system energetyczny wraca do pracy stabilnej.</li> <li>4. Stopień nieliniowości który określa odchylenie charakterystyki <math>w = F(P)</math> rzeczywistej od idealnej (prostoliniowej).</li> </ol> <p>Wymagania eksploatacyjne dla regulatora prędkości obrotowej.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) wahania prędkości obrotowej 1 %</li> <li>b) statyzm 5 %</li> <li>c) maksymalne przeregulowanie przy pełnej zmianie obciążenia 10 %</li> <li>d) zmiana wartości zadanej prędkości obrotowej od wartości zadanej 10%</li> </ol> <p>Zasilanie przebiegiem <math>U_z = 400V</math> 50Hz</p>		
6	M1, M2, M3, M5	<p>Silnik napędowy trójfazowy indukcyjny asynchroniczny</p> <p><math>P_{zn} = 37KW</math></p> <p><math>U_{zn} = 400V - 440V</math></p> <p><math>F = 50 - 60Hz</math></p> <p><math>\cos f = 0,85</math></p> <p><math>N = 1500</math> obr/min</p> <p>Klasa izolacji F</p> <p>Praca S1</p> <p>Stopień ochrony <math>Ip23</math></p> <p>Temp.40 C</p>	szt.	4
7	G1, G2, G3, G5	<p>Prądnicą synchroniczną bez szczotkowa</p> <p><math>S_{zn} = 25KVA</math></p> <p><math>U_{zn} = 400V - 440V</math></p> <p><math>F = 50 - 60Hz</math></p> <p><math>\cos = 0,8</math></p> <p><math>U_{wzb} = 30V</math></p> <p><math>I_{zb} = 1,5A</math></p> <p><math>N = 1500</math> obr/min</p> <p>Klasa izolacji H</p> <p>Praca S1</p> <p>Wyprowadzony punkt zerowy</p>	szt.	4

8	Tr1; Tr2	<p>Transformator trójfazowy suchy</p> <p>Pzn = 60KVA</p> <p>UG = 440V</p> <p>UD = 3,3KV</p> <p>F = 50 – 60Hz</p> <p>Typ połączeń Yzn5</p> <p>Klasa izolacji F</p> <p>Tryb pracy S1</p> <p>Napięcie zwarcia 6%</p>	szt.	2
9	W11, W13,	<p>Wyłącznik samoczynny (zwarciov) średniego napięcia próżniowy w polu z uziemnikiem</p> <p>a) wykonanie wysuwne</p> <p>b) z napędem silnikowym</p> <p>c) wyzwalaczami napięciowymi</p> <p>d) realizacja zabezpieczenia zwarciovego</p> <p>e) napięcie znamionowe min.3.3KV</p> <p>f) częstotliwość 60 Hz</p>	szt.	2
10	W14	<p>Wyłącznik samoczynny (zwarciov) średniego napięcia próżniowy</p> <p>a) wykonanie wysuwne</p> <p>b) z napędem silnikowym</p> <p>c) wyzwalaczami napięciowymi</p> <p>d) realizacja zabezpieczenia zwarciovego</p> <p>e) napięcie znamionowe min.3.3KV</p> <p>f) częstotliwość 60 Hz</p>	szt.	1
11	W16, W17	<p>Wyłącznik samoczynny (zwarciov) średniego napięcia w izolacji SF6 w polu z uziemnikiem</p> <p>a) wykonanie wysuwne</p> <p>b) z napędem silnikowym</p> <p>c) wyzwalaczami napięciowymi</p> <p>d) realizacja zabezpieczenia zwarciovego</p> <p>e) napięcie znamionowe mim. 3,3KV</p> <p>f) częstotliwość 60Hz</p>	szt.	2
12	Tr3	<p>Transformator trójfazowy suchy</p> <p>Pzn =60KVA</p> <p>UG = 3,3KV</p> <p>UD = 440V</p> <p>F = 60 Hz</p> <p>Typ połączeń Yzn5</p> <p>Klasa izolacji F</p> <p>Tryb pracy S1</p> <p>Napięcie zwarcia 6%</p>	szt.	1
13	Tr4	<p>Transformator Trójfazowy suchy</p> <p>Pzn = 14KVA</p> <p>UG = 440V</p> <p>UD = 230 V</p> <p>F = 60Hz</p> <p>Klasa izolacji F</p>	szt.	1

		Tryb pracy S1		
14	M4	Silnik napędowy trójfazowy indukcyjny asynchroniczny Pzn = 10KW Uzn = 440V F = 60Hz Cos = 0,85 N = 1500 obr/min Klasa izolacji F Praca S1 IP 23	szt.	1
15	G4	Prądnicza synchroniczna bez szczotkowa Pzn = 5KVA Uzn = 440V F = 60Hz Cos = 0,8 N = 1500 obr/min Klasa izolacji F Praca S1 IP 23	szt.	1
16	P1	Przeziennik częstotliwości z modulacją PWM symulacja prądnicy wałowej, okresowe zmiany prędkości obrotowej śruby napędowej zasilanie przeziennika $U_z = 400V, 50Hz$ zmiana częstotliwości na wyjściu w zakresie 55 – 65Hz dla napięcia 440V. Przeziennik powinien być wyposażony w dodatkowy układ programowy umożliwiający symulację prądnicy wałowej poprzez wymuszenia zmiany częstotliwości wyjściowej według zadanego programowo algorytmu opisującego okresowe zmiany prędkości obrotowej śruby napędowej.	szt.	1
17	P2	Przeziennik częstotliwości z modulacją PWM współpracujący z PMS	szt.	1
18	F1	Filtr trójfazowy LCL jako układ sprzęgający falownik z siecią za P2- przeziennik częstotliwości (kształt sinusoidalny napięcia)	szt.	1
19		Rozdzielnica wyposażona w układ zasilania z lądem poprzez przeziennik P3		
20	P3	Przeziennik częstotliwości z modulacją PWM 400V,50Hz/440V,60Hz, S 10KVA	szt	1
21		Rozdzielnica wyposażona w układy PMS		
22		System energetyczny poszczególnych rozdzielnic wyposażony w układ automatycznego i ręcznego sterowania elektrownią okrętowa		
23		Wizualizacja parametrów elektrycznych i mechanicznych		

		systemu energetycznego według. najnowszych rozwiązań		
24		System energetyczny zabezpieczeń prądnic oraz napędu zrealizować w układzie podwójnym (zrefundowanym) zgodnie z przepisami towarzystw kwalifikacyjnych zastosować najnowsze rozwiązania w zakresie bezpieczeństwa przeciwpożarowego.		
25		Pola obsługi generatorów wyposażać w układy pomiarowe i regulacyjne parametrów elektrycznych i mechanicznych sieci zgodnie z przepisami towarzystw kwalifikacyjnych		
26		Układ obciążenia czynnego Rzeczywisty układ obciążenia czynnego należy zaprojektować na rezystorach w sześciu stopniowej dekadowej regulacji obciążenia .Każdy generator będzie pracował na obciążenie wydzielone w układzie trójfazowym czyli każdy generator posiada swoje indywidualne obciążenie w pracy równoległej		
27		Dane techniczne modelu obciążenia czynnego Uzn = 400 – 440V Układ trójfazowy Izn = 45A Układ połączeń – gwiazda System chłodzenia – konwekcja Element łączenia – Stycznik Rezystory powinny zapewnić prąd obciążenia prądnicy. 0,2Izn ; 04Izn ; 06Izn ; 08Izn ; 1Izn ; 1,2Izn Moc na poszczególnych stopniach 1. 5KW 2. 10KW 3. 15KW 4. 20KW 5. 25KW 6. 30KW Rezystory należy umieścić w zabudowanym zadaszonym pomieszczeniu bez dostępu dla osób postronnych na zewnątrz budynku Akademii Morskiej. Przewody należy układać częściowo w ziemi.		
28		System powinien zapewniać realizację obciążenia biernego. Do układu obciążenia biernego należy wykorzystać maszyny wchodzące w skład elektrowni okrętowej Prądnica nr 3 będzie pracowała jako silnik przy niedowzbudzeniu pobierając energię z szyn rozdzielnicy na którą pracują prądnice 1 i 2		
29		Układ obciążenia biernego przekształtnikowy Należy zastosować przekształtnik statyczny sieciowy jako aktywne obciążenie biernie pojemnościowe i indukcyjne. Stosując metodę sterowania przesunięcia fazowego		

		impulsami sterującymi tranzystora synchronizowanych napięciem sieci uzyskujemy przesunięcie między prądem a napięciem kątem - 90 stopni jest to obciążenie bierno pojemnościowe, a kątem +90 stopni obciążenie bierno indukcyjne		
30		Regulator napięcia cyfrowy	szt.	5
31		Rozdzielnicę wyposażyc w zabezpieczenie łukochronne oparte na światłowodach niezależne dla SN i NN. Dla NN możliwość symulacji zadziałania z zewnątrz.		

Wyposażenie dodatkowe:

Stanowisko do sprawdzania stanu izolacji maszyny wirnikowej SN (w oparciu o skrzynkę przyłączeniową generatora lub silnika).

Oprządowanie do zarabiania kabli i zakładania głowic SN do kabli (obcinarka izolacji, „korownik”, zaciskarka -praska).

Dywaniki wzdłuż rozdzielnic

Ubranie antylukowe 2 kompletów (spodnie, kurtka)

Buty dielektryczne 2 pary

Rękawice dielektryczne 3 pary wraz z wkładkami bawełnianymi.

Drażki izolacyjne 2 szt.

Wskaźnik napięcia SN pasujący do drążka izolacyjnego 2 szt.

Uziemiacz trójfazowy z uchwyty odpowiadającymi instalacji symulatora 2 szt.

Hełm z przyłbicą antylukową z ochroną szyi 2szt.

Miernik izolacji co najmniej do 10kV stałoprądowy-2szt

Miernik izolacji co najmniej do 10kV zmiennoprądowy -2szt.