

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	11
1.1. Dlaczego napęd spalinowo-elektryczny?	12
1.2. Napęd bezpośredni (<i>Direct Drive</i>)	15
1.3. Napęd hybrydowy (<i>Hybrid Drive</i>)	16
1.4. Napęd spalinowo-elektryczny (<i>Diesel Electric</i>)	18
1.5. O czym będzie mowa w niniejszym opracowaniu?	20
1.6. Terminologia techniczna	21
1.7. Słowo od autora	23
1.8. Podziękowania	23
2. Wprowadzenie	25
2.1. Założenia i zasada działania systemu dynamicznego pozycjonowania statku	25
2.1.1. Ruch statku – stopnie swobody	25
2.1.2. Dynamiczne pozycjonowanie	26
2.1.3. Komponenty systemu DP	27
2.1.4. Teoretyczne podstawy sterowania automatycznego systemu DP	29
2.2. Statki dynamicznie pozycjonowane	36
2.2.1. Krótka historia systemu dynamicznego pozycjonowania	36
2.2.2. Statki DP – przykładowe etapy rozwoju pola naftowego	37
2.2.3. Pozostałe statki DP	46
3. Redundancja jednostek morskich	51
3.1. Funkcjonalne założenia morskich jednostek dynamicznie pozycjonowanych	51
3.2. Podstawowe zadania stawiane jednostkom DP	52
3.3. Redundancja – podstawowe elementy niezawodności systemu DP	54

3.4. Klasy DP jednostek morskich	58
3.4.1. Klasy DP według IMO	59
3.4.2. Klasa DP a redundancja	59
3.5. Ciągła analiza konsekwencji trybów awaryjnych	64
3.6. Tryby awaryjne i analiza wpływu na działanie systemu (<i>Failure Mode and Effect Analysis, FMEA</i>)	66
3.6.1. Przykłady trybów wspólnej awarii zidentyfikowanych podczas badań FMEA	68
3.6.2. Proces tworzenia dokumentu FMEA (zaawansowane)	71
3.7. Redundancja a systemy bezpieczeństwa	82
3.8. Dokument stwierdzający klasę DP statku (<i>Flag State Verification and Acceptance Document, FSVAD</i>)	85
3.9. Podsumowanie rozdziału	87
4. Silniki i generatory	90
4.1. Silniki okrętowe stosowane w układach spalinowo-elektrycznych	90
4.1.1. Uruchamianie silnika	93
4.1.2. System wentylacyjny	96
4.1.3. Eksploatacja silników	98
4.1.4. Awaryjne zatrzymywanie pracy silników	100
4.2. Generatory okrętowe	101
4.2.1. Podłączenie generatora do sieci energetycznej	104
4.2.2. Współdzielenie obciążenia generatorów podłączonych do wspólnej sieci	104
4.2.3. Ochrona generatorów	107
4.2.4. Zaawansowana ochrona generatorów (<i>Advanced Generator Protection, AGP</i>) (zaawansowane)	110
4.3. Podsumowanie rozdziału	112
5. System paliwowy	115
5.1. Typowy system paliwowy statku DP2	116
5.2. Najczęstsze problemy z paliwem	117
5.3. Badania FMEA/FMECA systemu paliwowego statku	119
5.4. Podsumowanie rozdziału	122
6. Dystrybucja mocy	124
6.1. Założenia struktury systemu energetycznego statku	124
6.2. Typowe konfiguracje systemu energetycznego	128
6.3. Przykłady zastosowań systemów spalinowo-elektrycznych	136
6.3.1. Połączony system spalinowy i spalinowo-elektryczny (<i>hybrid system</i>)	136

6.3.2. System spalinowo-elektryczny (<i>Diesel Electric</i> lub <i>All Electric</i>)	138
6.4. Technologia niskich strat (<i>Low Lose Concept, LLC</i>) (zaawansowane)	140
6.5. System energetyczny średnich i dużych statków DP	145
6.6. Systemy dystrybucji mocy prądu stałego	152
6.7. Konfiguracja rozdzielnic systemu dystrybucji mocy	155
6.7.1. Wspólny system energetyczny (<i>Common Power System, bustie closed</i>)	156
6.7.2. Niezależne podsystemy energetyczne (<i>Split, Independent Power Systems, Bustie open</i>)	157
6.8. Ochrona systemu energetycznego statku (zaawansowane)	160
6.9. Generator oraz zasilanie awaryjne	163
6.10. Systemy bezprzerwowego zasilania (<i>Uniterruptible Power Supply</i>) (zaawansowane)	167
6.11. Sieć dystrybucji prądu stałego	172
6.12. Podsumowanie rozdziału	176
7. Pędniki okrętowe	179
7.1. Moc pędnika a siła ciągu	184
7.2. Śruby okrętowe ze zmienną nastawą skrzydeł (<i>Variable Pitch Propeller, VPP</i>)	186
7.3. Śruby okrętowe o stałym skoku (<i>Fixed Pitch Propeller, FPP</i>)	187
7.4. Pędniki kombinowane VPP i VRPM (zaawansowane)	188
7.5. Rodzaje pędników okrętowych	190
7.5.1. Stery strumieniowe/tunelowe (<i>tunnel thrusters</i>)	191
7.5.2. Pędniki azymutalne	194
7.6. Dobór pędników	203
7.7. Ogólne założenia instalacji i pracy pędników	203
7.8. Przykładowe konfiguracje pędników	205
7.9. Sterowanie pracą pędników	208
7.9.1. Sterowanie pędnikami za pomocą manetek	213
7.9.2. Sterowanie pędnikami przez kontrolery DP (DPC) (zaawansowane)	215
7.10. Tryby współpracy pędników (<i>thruster allocation modes</i>)	210
7.11. Stany awaryjne układów sterowania pędnikami	223
7.12. Sterowanie awaryjne (<i>emergency steering</i>)	225
7.13. Inne rozwiązania	226
7.14. Podsumowanie rozdziału	227
8. Napędy pędników (<i>drives</i>)	230
8.1. Napędy oparte na technologii prądu stałego	230
8.2. Napędy pędników o stałych obrotach	231

8.3. Napędy pędników o zmiennych obrotach	231
8.4. Podsumowanie rozdziału	236
9. Systemy zarządzania mocą (Power Management Systems, PMS)	237
9.1. Automatyczne startowanie i zatrzymywanie generatorów mocy w zależności od obciążenia systemu (<i>load dependent start/stop</i>)	240
9.2. Odtworzenie systemu energetycznego po zaniku zasilania (<i>blackout recovery</i>)	242
9.3. Autonomiczne, ponowne załączanie pędników (<i>autonomous restart of thrusters</i>)	243
9.4. Funkcja ograniczenia obciążenia (<i>load shedding function</i>)	244
9.4.1. Praktyczne aspekty działania funkcji ograniczenia mocy (zaawansowane)	245
9.4.2. Funkcja kontroli załączania urządzeń energochłonnych (<i>heavy consumer start prevention</i>)	251
9.4.3. Funkcja ograniczenia zużycia mocy przez odłączanie pracujących urządzeń (<i>load shedding – preferential trips</i>)	252
9.4.4. Funkcja priorytetu utrzymania pozycji lub podtrzymania pracy innych urządzeń (<i>thrusters/drilling priority</i>)	252
9.4.5. Funkcja ograniczenia mocy i ochrony przed blekautem realizowana przez system DP	253
9.5. Podsumowanie rozdziału	256
10. Okresowe próby DP	257
10.1. Badania według DNV GL	259
10.2. Badania według American Bureau of Shipping, ABS	260
10.3. Klient, czarter statku	261
10.4. Zakres badań	262
10.4.1. Testy działania i wydajności systemu (<i>performance</i>)	265
10.4.2. Ochrona systemu (<i>protection</i>)	268
10.4.3. Wykrywanie niepożądanych stanów (<i>detection</i>)	270
10.4.4. Raport końcowy	272
10.5. Podsumowanie rozdziału	275
11. Konfiguracja i statusy operacyjne systemu DP	278
11.1. Tryb operacji niekrytycznych (<i>Task Appropriate Mode of Operations, TAM</i>)	280
11.2. Tryb operacji krytycznych (<i>Critical Activity Mode of Operation, CAMO</i>)	281

11.3. Zalecenia konfiguracji i statusy dla planowanych prac (<i>Activity Specific Operating Guideline, ASOG</i>)	285
11.4. Podsumowanie rozdziału	289
12. Awarie zasilania na statkach DP. Analiza incydentów	291
12.1. Roczne zestawienia incydentów na statkach DP według IMCA	291
12.2. Wybrane przypadki awarii zasilania na statkach DP	295
12.2.1. Całkowity błąd na statku klasy DP3 – zanieczyszczone paliwo	295
12.2.2. Całkowity zanik zasilania w wyniku próby podłączenia niezsynchronizowanego generatora do sieci energetycznej	300
12.2.3. Częściowy zanik zasilania (<i>over speed/frequency</i>)	301
12.2.4. Częściowy zanik zasilania (<i>partial blackout</i>) w wyniku braku kooperacji załogi maszynowej	303
13. Słownik skrótów i określeń technicznych	306
14. Załączniki	328
14.1. Załącznik 1. Klasy DP według wybranych towarzystw klasyfikacyjnych	328
14.1.1. Klasy DP statków według Det Norske Veritas, DNV GL	328
14.1.2. Klasy DP statków według American Bureau of Shipping, ABS ...	329
14.1.3. Klasy DP statków według Lloyd's Register, LR	331
14.1.4. Klasyfikacja według Norweskiej Administracji Morskiej	332
14.2. Załącznik 2. Elektrotechnika w pigułce	333
Bibliografia	344