

SPIS TREŚCI

Przedmowa	13
Podstawowe określenia i oznaczenia	15
1. WSTĘP.....	25
2. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z ELEKTROTECHNIKI	29
2.1. Typowe napięcia pokładowe	29
2.2. Podstawowe elementy elektryczne	32
2.2.1. Układy liniowe	32
2.2.2. Przyczyny nieliniowości sygnałów elektrycznych.....	38
2.2.3. Wykorzystanie wykresu widma Fouriera do analizy sygnałów elektrycznych.....	40
2.3. Trójkąty oporności oraz wykresy wskazowe prądu przemiennego dla cewki indukcyjnej i kondensatora, podstawowe prawa elektrotechniki	42
2.3.1. Opis matematyczny oporności stawianej przez elementy pojemnościowe i indukcyjne bez zastosowania liczb zespolonych	42
2.3.2. Opis matematyczny układów elektrycznych czynnych i biernych z zastosowaniem liczb zespolonych	48
2.3.3. Opis matematyczny oporności stawianej przez elementy pojemnościowe i indukcyjne z zastosowaniem liczb zespolonych	55
2.3.4. Podstawowe prawa elektrotechniki	56
2.3.4.1. Obwody prądu stałego	56
2.3.4.2. Obwody prądu przemiennego	59
2.4. Podstawowe pojęcia wykorzystywane w analizie sygnałów	63
3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA LUE – BUDOWA I WYMAGANIA	69
3.1. Budowa i funkcje typowego układu energoelektrycznego	69
3.2. Charakterystyka wymagań oraz obowiązujących norm dotyczących układów elektroenergetycznych statków powietrznych.....	74
3.2.1. Podstawowe definicje i wymagania dotyczące LUE.....	74

3.2.2. Charakterystyka typowych napięć oraz wymagań i norm jakościowych	77
3.2.2.1. Charakterystyki typowych napięć prądu przemiennego o stabilizowanej częstotliwości	80
3.2.2.2. Charakterystyki typowych napięć prądu przemiennego o niestabilizowanej częstotliwości	91
3.2.2.3. Charakterystyki układu zasilania elektrycznego prądu stałego (DC) 28 V.....	94
3.2.3. Warunki pracy LUE.....	99
3.2.3.1. Ogólne warunki pracy urządzeń elektrycznych	99
3.2.3.2. Wymagania dotyczące rozmieszczenia elementów sterujących w kabinie	101
3.3. Podsumowanie	104
4. LOTNICZE ŹRÓDŁA ENERGII ELEKTRYCZNEJ	107
4.1. Podział lotniczych źródeł energii elektrycznej	107
4.2. Prądnice prądu stałego	108
4.2.1. Ogólna charakterystyka prądnic prądu stałego.....	108
4.2.1.1. Komutatorowa prądnica prądu stałego w lotnictwie	108
4.2.1.2. Konstrukcja i działanie komutatorowej prądnicy prądu stałego.....	110
4.2.2. Kompensacja oddziaływania twornika.....	120
4.2.3. System elektroenergetyczny prądu stałego.....	132
4.2.4. Charakterystyki prądnic prądu stałego	142
4.2.5. Dane prądnicy komutatorowej na przykładzie prądnicy komutatorowej prądu stałego GS-12T z samolotu Su-22.....	145
4.2.6. Chłodzenie prądnic komutatorowych prądu stałego	156
4.2.6.1. Wiadomości ogólne – warunki pracy urządzeń wyposażenia elektrycznego.....	156
4.2.6.2. Podstawowe systemy układu nadmuchu powietrznego w lotnictwie	159
4.2.6.3. Proces nagrzewnia się i schładzania prądnicy.....	162
4.3. Prądnice prądu przemiennego	168
4.3.1. Wiadomości ogólne dotyczące prądnic prądu przemiennego w lotnictwie – rys historyczny	168
4.3.2. Fizyczne podstawy działania prądnic prądu przemiennego	172
4.3.3. Konstrukcja prądnic prądu przemiennego – wiadomości ogólne	175
4.3.4. Schematy prądnic prądu przemiennego.....	177

4.3.5. Charakterystyki prądnicy prądu przemiennego.....	180
4.4. Napędy prądnic lotniczych	185
4.4.1 Napęd prądnicy prądu stałego	185
4.4.2. Napęd prądnicy prądu przemiennego.....	188
4.5. Prostowniki	196
4.5.1. Ogólna charakterystyka	196
4.5.1.1. Rola bloku transformatorowo-prostowniczego w systemie elektroenergetycznym statku powietrznego	196
4.5.1.2. Fizyczne podstawy działania prostownika jednopołówkowego i dwupołówkowego.....	197
4.5.1.3. Podstawy działania transformatora	205
4.5.1.4. Możliwości kształtowania przesunięć fazowych poprzez zmianę konfiguracji geometrii połączeń pomiędzy uzwojeniami.....	210
4.5.1.5. Rola biernego filtra elektrycznego w strukturze bloku transformatorowo-prostowniczego.....	217
4.5.1.6. Schematy i charakterystyki prostowników.....	224
4.5.1.7. Dane techniczne bloku transformatorowo- -prostowniczego	231
4.6. Lotnicze baterie akumulatorowe	237
4.6.1. Rys historyczny	237
4.6.2. Pojęcia podstawowe i zasada działania lotniczych baterii akumulatorowych	240
4.6.3. Podział lotniczych baterii akumulatorowych	242
4.6.4. Rola, przeznaczenie baterii akumulatorowych w lotnictwie	244
4.6.5. Warunki pracy i przechowywania baterii akumulatorowych w lotnictwie	247
4.6.6. Złącza wysokoprądowe pokładowych baterii akumulatorowych	252
4.6.7. Charakterystyka akumulatorów kwasowych	256
4.6.8. Charakterystyka akumulatorów zasadowych kadmowo-niklowych	262
4.6.9. Charakterystyki akumulatorów zasadowych srebrowo-cynkowych.....	263
4.6.10. Charakterystyki akumulatorów litowo-jonowych.....	267
4.7. Praca równoległa źródeł prądu.....	269
4.7.1. Informacje ogólne o pracy równoległej źródeł prądu.....	269

4.7.1.1. Początki stosowania prądnic i sieci elektrycznej na pokładach statków powietrznych.....	269
4.7.1.2. Podstawowe struktury pokładowej sieci elektroenergetycznej w powojennym rozwoju lotnictwa	273
4.7.1.3. Praca równoległa prądnicy z akumulatorem	279
4.7.1.4. Praca równoległa prądnic prądu stałego.....	283
4.7.2. Praca równoległa prądnic prądu przemiennego.....	284
4.8. Współpraca naziemnego źródła zasilania LZE z pokładową siecią elektroenergetyczną statku powietrznego	285
4.8.1. Podział LZE.....	285
4.8.2. Podstawowe zasady współpracy LZE z siecią elektroenergetyczną WSP	289

5. PROBLEMATYKA EKSPLOATACJI POKŁADOWEJ SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ	301
5.1. Sieci elektroenergetycznej statku powietrznego	301
5.1.1. Podstawowe rodzaje sieci elektroenergetycznej statku powietrznego	301
5.1.2. Podstawowe parametry jakościowe energii elektrycznej dostarczanej do odbiorników pokładowych	303
5.1.2.1. Związek jakości energii elektrycznej ze stanem struktury metalizacji statku powietrznego.....	303
5.1.2.2. Podstawowe problemy stanu ustalonego.....	305
5.1.2.3. Podstawowe problemy stanu przejściowego.....	306
5.1.3. Droga powrotna prądu elektrycznego – przewodowy minusowy i neutralne	308
5.2. Struktura metalizacji konstrukcji płatowca.....	312
5.2.1. Przyczyny wprowadzenia metalizacji płatowca statku powietrznego	312
5.2.1.1. Informacje ogólne o metalizacji kadłuba	312
5.2.1.2. Powstawanie wyładowań elektrostatycznych w atmosferze.....	314
5.2.1.3. Porażenia statków powietrznych piorunem – opis przypadków	318
5.2.1.4. Zabezpieczenie przeciwpiorunowe statków powietrznych	323

5.2.1.5. Wstępny algorytm oceny odporności metalowego płatowca na uderzenie pioruna	326
5.2.2. Metalizacja metalowej struktury statku powietrznego	333
5.2.3. Właściwości elastycznych łączników metalizacji	339
5.2.4. Uziemienia statku powietrznego	341
6. ĆWICZENIA.....	343
6.1. Pytania kontrolne z części opisowej monografii.....	344
6.1.1. Powtórzenie z elektrotechniki	344
6.1.2. Ogólna charakterystyka lotniczych urządzeń elektrycznych.....	345
6.1.3. Lotnicze baterie elektryczne.....	346
6.1.4. Lotnicze prądnice prądu stałego	347
6.1.5. Lotnicze źródła prądu przemiennego i prostowniki	347
6.1.6. Podstawowe wymagania na sieć elektroenergetyczną – obwód powrotny – metalizacja.....	348
6.2. Zadania z podstaw elektrotechniki, matematyki i fizyki.....	349
6.2.1. Obwody prądu stałego	349
6.2.1.1. Prawo Ohma dla odcinka oraz dla całego obwodu prądu stałego.....	350
6.2.1.2. Równoległe łączenie oporników	351
6.2.1.3. Szeregowe łączenie oporników	352
6.2.1.4. Prawa Kirchhoffa dla prądu stałego i ich zastosowanie...353	
6.2.2. Obwody prądu przemiennego.....	356
6.2.2.1. Krótki wykład o liczbach zespolonych	356
6.2.2.2. Prawo Ohma dla odcinka obwodu prądu przemiennego – spadek napięcia na pojedynczej impedancji	359
6.2.2.3. Prawo Ohma dla odcinka obwodu prądu przemiennego – spadek napięcia na obwodzie szeregowym impedancji	362
6.2.2.4. Prawo Ohma dla całego obwodu prądu przemiennego bez użycia liczb zespolonych	368
6.2.2.5. Prawo Ohma dla całego obwodu prądu stałego z zastosowaniem liczb zespolonych.....	369
6.2.2.6. Równoległe łączenie modułów impedancji.....	374
6.2.3. Obwody RLC.....	375
6.2.1.1. Filtr pasywny RC – charakterystyki częstotliwościowe	375
6.2.1.2. Filtry rezonansowe RLC	380

6.3. Zadania związane z ogólną charakterystyką lotniczych urządzeń elektrycznych	392
6.3.1. Ogólna charakterystyka LUE – obwody prądu stałego	392
6.3.1.1. Typowe wartości napięć prądu stałego	392
6.3.1.2. Przerwy w zasilaniu	392
6.3.1.3. Pulsacja napięcia	392
6.3.1.4. Szeregowe łączenie źródeł napięcia jako szczególny przypadek prawa Ohma dla całego obwodu	395
6.3.2. Ogólna charakterystyka LUE – obwody prądu przemiennego	399
6.3.2.1. Wartość napięcia fazowego, przewodowego, wartość skuteczna, szczytowa i międzyszczytowa dla obwodu trójfazowego prądu przemiennego	399
6.3.2.2. Prawa Ohma i Kirchhoffa dla obwodu trójfazowego prądu przemiennego	400
6.4. Zadania związane z eksploatacją i konstrukcją baterii elektrycznych ...	414
6.4.1. Współdziałanie baterii akumulatorowych z siecią pokładową prądu stałego	414
6.4.1.1. Praca baterii akumulatorowej w czasie awarii podstawowego źródła zasilania prądu stałego	414
6.4.1.2. Praca baterii akumulatorowej jako wsparcie podstawowego źródła zasilania prądu stałego przy chwilowym wzroście zapotrzebowania prądowego	423
6.4.2. Bateria akumulatorowa jako obiekt obsługiwany	423
6.4.2.1. Wybrane parametry podstawowych typów baterii akumulatorowych	423
6.4.2.2. Kontrolne rozładowanie baterii akumulatorowej	427
6.5. Zadania związane z lotniczymi prądnicami prądu stałego	432
6.5.1. Podstawowe parametry prądnicy prądu stałego	432
6.5.1.1. Obliczanie rozptywu prądów dla bocznikowej prądnicy prądu stałego pod obciążeniem	432
6.5.1.2. Obliczanie strumienia magnetycznego stojana maszyny prądu stałego	436
6.5.1.3. Obliczanie SEM twornika	449
6.6. Zadania związane z lotniczymi prądnicami prądu przemiennego i prostownikami	452
6.6.1. Transformatory	452
6.6.2. Prostowniki	455

6.7. Zadania związane z podstawowymi wymaganiami na sieć elektroenergetyczną.....	457
6.7.1. Obliczanie parametrów użytkowych okablowania statku powietrznego	459
6.7.2. Skłonność odbiornika prądu stałego do wyłączania na skutek zbyt dużej oporności obwodu kablowego. Zastosowanie praktyczne szeregu AWG	466
7. PODSUMOWANIE	477
LITERATURA	483
SPIS RYSUNKÓW	497
SPIS TABEL	511