

SPIS TREŚCI

Andrzej Gębura

Przedmowa	11
------------------------	-----------

Podstawowe definicje i oznaczenia	13
--	-----------

Andrzej Gębura, Tomasz Tokarski

Wprowadzenie.....	23
--------------------------	-----------

Andrzej Gębura, Mariusz Masiewicz

1. OPIS METOD FAM-C I FDM-A	27
1.1. Geneza metod.....	27
1.2. Podstawa działania metod FAM-C i FDM-A.....	31
1.2.1. Sposób pomiaru i analizy sygnału z wykorzystaniem prądnic-przetworników prądu przemiennego	31
1.2.2. Pomiary częstotliwości chwilowej	36
1.2.3. Sposób tworzenia punktów na płaszczyźnie (f_p , ΔF).....	37

Jarosław Florczak, Tadeusz Kwiatkowski

2. WŁAŚCIWOŚCI METROLOGICZNE METOD FAM-C I FDM-A.....	45
2.1. Informacje ogólne	45
2.2. Wybrane zagadnienia z teorii i praktyki pomiaru częstotliwości.....	48
2.2.1. Techniki pomiaru częstotliwości	48
2.2.2. Teoretyczne parametry okna widzialności poszczególnych kanałów pomiarowych.....	49
2.2.3. Rzeczywiste parametry okna widzialności poszczególnych kanałów pomiarowych.....	50
2.2.4. Właściwości elementów mechanicznych wykorzystywane przy pozyskiwaniu sygnałów diagnostycznych w metodzie FAM-C	51
2.2.5. Próbkowanie wtórne w metodzie FAM-C	53
2.3. Współczynnik krotności.....	54

Henryk Kowalczyk, Michał Poradowski

3. OPIS OBIEKTÓW BADAŃ DIAGNOSTYCZNYCH	57
3.1. Podstawowe informacje o zespole napędowym śmigłowców	57

3.1.1. Krótka historia śmigłowców.....	57
3.1.2. Silniki turbinowe w historii lotnictwa	65
3.1.3. Zespoły napędowe śmigłowców – wybrane problemy zużyciowe i eksploatacyjne – możliwości rozwiązywania problemów metodami FAM-C i FDM-A.....	68
3.2. Opis badanych zespołów napędowych śmigłowców	72
3.2.1. Informacje ogólne o zespołach napędowych badanych śmigłowców	72
3.2.2. Zespół napędowy śmigłowca Mi-2.....	76
3.2.2.1. Opis ogólny zespołu napędowego śmigłowca Mi-2	76
3.2.2.2. Współczynnik krotności zespołu napędowego śmigłowca Mi-2	87
3.2.3. Zespół napędowy śmigłowca Mi-8.....	113
3.2.3.1. Opis ogólny zespołu napędowego śmigłowca Mi-8	113
3.2.3.2. Współczynnik krotności zespołu napędowego śmigłowca Mi-8	131
3.2.4. Zespół napędowy śmigłowca Mi-17.....	157
3.2.4.1. Opis ogólny zespołu napędowego śmigłowca Mi-17	157
3.2.4.2. Współczynnik krotności zespołu napędowego śmigłowca Mi-17A	167
3.2.5. Zespół napędowy śmigłowca Mi-24.....	167
3.2.5.1. Opis ogólny zespołu napędowego śmigłowca Mi-24	167
3.2.5.2. Współczynnik krotności zespołu napędowego śmigłowca Mi-24	192
3.3. Tarcze sterujące – zasada działania i problemy eksploatacyjne.....	208
3.3.1. Opis funkcji tarczy sterującej w procesie sterowania śmigłowcem.....	208
3.3.2. Wprowadzenie do problemu zużywania się elementów tarczy sterującej śmigłowca.....	213
3.4. Sprzęgła i połączenia wielowypustowe	218
3.4.1. Sprzęgła jednokierunkowe	218
3.4.2. Połączenia wielowypustowe.....	222

Piotr Michałowski, Kacper Handzel, Andrzej Cieślak

4. UKŁADY POMIAROWE DO MONITOROWANIA ZESPOŁÓW NAPĘDOWYCH METODAMI FAM-C I FDM-A..... 225

4.1. Nieautomatyczne układy pomiarowe FAM-C i FDM-A i ich właściwości	227
4.1.1. Wprowadzenie do idei techniki pomiarowej FAM-C i FDM-A – porównanie z systemem SNDŁ	227
4.1.2. Identyfikacja wad węzłów mechanicznych w metodzie FAM-C...	229

4.1.3. Układ pomiarowy zespołu napędowego śmigłowca Mi-8 i jego właściwości.....	230
4.1.4. Układ pomiarowy zespołu napędowego śmigłowców Mi-14 oraz Mi-17 i jego właściwości.....	237
4.1.5. Układ pomiarowy zespołu napędowego śmigłowca Mi-24 i jego właściwości.....	239
4.1.5.1. Możliwości monitorowania podzespołów mechanicznych śmigłowca Mi-24 przez poszczególne kanały pomiarowe	239
4.1.5.2. Problemy niezawodności i dokładności pomiarowej w przypadku śmigłowca Mi-24	240
4.2. Półautomatyczne testery diagnostyczne do pomiarów FAM-C i FDM-A.....	247
4.2.1. Tester diagnostyczny DIA-KSA-CM	248
4.2.2. Tester diagnostyczny DIA-SO3	249
4.2.3. Tester diagnostyczny DIA-Mi24	253
4.2.4. Podsumowanie możliwości wykorzystania testerów diagnostycznych w eksploatacji śmigłowców	256

Edward Rokicki, Andrzej Kolcon

5. TEORIA SYGNAŁÓW A ZOBRAZOWANIA FAM-C ORAZ FDM-A ... 257

5.1. Wprowadzenie do teorii sygnałów z perspektywy wdrożenia metod FAM-C i FDM-A.....	257
5.2. Zastosowanie przekształcenia Hilberta w diagnostyce	263
5.3. Okresowe zmiany amplitudy drgania wypadkowego – dudnienia	267
5.4. Symulacje elektroniczne	274
5.5. Wpływ zakłóceń na wyniki pomiaru diagnostycznego FAM-C	277

Andrzej Gębura, Tomasz Tokarski

6. WYBRANE ZAGADNIENIA Z PRAKTYKI DIAGNOZOWANIA ZESPOŁÓW NAPĘDOWYCH ŚMIGŁOWCÓW WOJSKOWYCH METODĄ FAM-C 281

6.1. Wstęp – omówienie podstawowych systemów transmisji mocy mechanicznej śmigłowców i ich problemów diagnostycznych.....	281
6.1.1. Podstawowe systemy układu nośnego śmigłowców	281
6.1.2. Wybrane problemy diagnozowania zespołów napędowych śmigłowców	286
6.1.2.1. Systemy monitorowania typu HUMS.....	286
6.1.2.2. Metody diagnostyczne oparte na parametrach napięcia prądnic pokładowych – informacje ogólne.....	287

6.2. Podstawowe problemy dotyczące układów transmisji mocy mechanicznej śmigłowców oraz systemów sterowania	291
6.2.1. Diagnostowanie podzespołów przekładni głównej śmigłowca....	293
6.2.1.1. Dobór prędkości obrotowej wirnika nośnego do możliwości aerodynamicznych łopat.....	293
6.2.1.2. Wyważenie dynamiczne konstrukcji wirnika nośnego..	294
6.2.1.3. Zabezpieczenie przed wysunięciem się wirnika nośnego w czasie działania siły nośnej.....	294
6.2.1.4. Diagnostowanie łożyska górnego przekładni głównej śmigłowca Mi-24	297
6.2.1.5. Diagnostowanie elementów przekładni głównej z wykorzystaniem analizy parametrów zbiorów charakterystycznych.....	298
6.2.2. Diagnostowanie skrzynki napędów agregatów	304
6.2.2.1. Rola skrzynki napędów agregatów w systemie transmisji mocy mechanicznej.....	304
6.2.2.2. Monitorowanie skrzynki napędów agregatów metodą FAM-C	308
6.2.2.3. Pomiar mechaniczne skrzynki napędów agregatów – weryfikacja pomiarów FAM-C	311
6.2.3. Diagnostowanie przekładni tylnej oraz wałów transmisji.....	328
6.2.3.1. Parametry wału wyjściowego przekładni tylnej otrzymane z pomiarów metodą FAM-C	328
6.2.3.2. Parametry wału wejściowego przekładni tylnej otrzymane z pomiarów metodą FAM-C	335
6.2.3.3. Parametry łożyska tocznego ŁPK1 podtrzymującego koło zębate napędzane Z44 wału śmigła ogonowego przekładni tylnej otrzymane z pomiarów metodą FAM-C	337
6.2.3.4. Parametry łożyska tocznego ŁPK4 podtrzymującego wał wejściowy przekładni tylnej otrzymane z pomiarów metodą FAM-C	342
6.2.3.5. Oględziny zewnętrzne systemu transmisji.....	344
6.2.4. Diagnostowanie tarcz sterujących wirnika nośnego.....	345
6.2.4.1. Wprowadzenie do problematyki – konstrukcja tarczy sterującej	345
6.2.4.2. Problemy mechaniczne związane z eksploatacją tarcz sterujących	352
6.2.4.3. Problemy eksploatacyjne związane z łożyskiem głównym tarczy sterującej	354

6.2.4.4. Monitorowanie zużycia głównego łożyska tocznego tarczy sterującej metodą FAM-C	358
6.2.4.5. Wykrycie zwiększonego luzu obwodowego wódzika synchronizatora talerza ruchomego tarczy sterującej śmigłowca Mi-17 metodą FAM-C	360
6.2.5. Diagnostowanie sprzęgieł jednokierunkowych	362

Andrzej Gębura, Mariusz Masiewicz

7. PODSUMOWANIE	367
7.1. Zawartość monografii	367
7.2. Istota metod FAM-C i FDM-A	369
7.3. Metody FAM-C i FDM-A jako element nowatorski w teorii naukowej	373
7.3.1. Metody FAM-C i FDM-A a teoria sygnałów	373
7.3.2. Prądnicą pokładowa jako przetwornik diagnostyczny	376
7.4. Praktyczne aspekty metod FAM-C i FDM-A – znaczenie dla techniki i diagnostyki maszyn	376

LITERATURA	379
-------------------------	------------

SPIS RYSUNKÓW	403
----------------------------	------------

SPIS TABLIC	415
--------------------------	------------