

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	13
1.1. Wprowadzenie	14
1.2. Przegląd treści pracy	19
1.3. Podstawowe pojęcia i definicje teorii drgań mechanicznych	21
1.4. Podstawowe pojęcia mechaniki analitycznej, stosowane w opisie drgań mechanicznych	27
1.5. Uwagi na temat linearyzacji układów nieliniowych	41
1.6. Model fenomenologiczny układu drgającego	43
1.7. Elementy przekształcenia Laplace’a	50
1.8. Transmitancja operatorowa liniowego, stacjonarnego układu dynamicznego	55
1.9. Transmitancja widmowa liniowego, stacjonarnego układu dynamicznego	59
1.10. Równania stanu	64
2. Drgania układów zdyskretyzowanych, liniowych, o jednym stopniu swobody	71
2.1. Drgania swobodne, nietłumione	72
2.1.1. Drgania swobodne, nietłumione – oscylator harmoniczny	73
2.1.2. Drgania swobodne, nietłumione – wahadło matematyczne	79
2.1.3. Drgania swobodne, nietłumione – wahadło fizyczne	83
2.2. Drgania wymuszone, nietłumione	86
2.2.1. Drgania nietłumione, wymuszane siłą harmonicznie zmienną	87
2.2.2. Drgania nietłumione, wymuszane kinematycznie	103
2.2.3. Drgania nietłumione, wymuszane bezwładnościowo	107
2.3. Drgania swobodne, tłumione	115
2.3.1. Drgania swobodne, tłumione wiskotycznie	117

2.3.2. Drgania swobodne, tłumione tarcie suchym.....	129
2.4. Drgania wymuszone, tłumione wiskotycznie	135
2.4.1. Drgania tłumione wiskotycznie, wymuszane siłą harmonicznie zmienną	136
2.4.2. Drgania tłumione wiskotycznie, wymuszane kinematycznie.....	156
2.4.3. Drgania tłumione wiskotycznie, wymuszane bezwładnościowo	165
2.5. Drgania wymuszone, tłumione tarcie suchym.....	173
2.5.1. Drgania tłumione tarcie suchym, wymuszane siłą harmonicznie zmienną	173
2.6. Uwagi na temat amortyzacji drgań	177
2.7. Uwagi na temat opisu drgań skrętnych.....	181
3. Drgania swobodne układów zdyskretyzowanych, liniowych, o wielu stopniach swobody	183
3.1. Model matematyczny swobodnego układu drgającego o wielu stopniach swobody, bez tłumienia	183
3.2. Drgania swobodne układu o dwóch stopniach swobody, nietłumione.	186
3.3. Przykłady analizy drgań układów zdyskretyzowanych, swobodnych, o dwóch stopniach swobody	190
3.3.1. Przykład opisu i analizy drgań dwóch sprzężonych wahadeł matematycznych.....	190
3.3.2. Przykład opisu i analizy drgań swobodnych układu dwu punktów materialnych, sprzężonych sprężystości	195
3.3.3. Przykład opisu i analizy drgań bryły sztywnej o dwóch stopniach swobody	197
3.3.4. Dynamiczny eliminator drgań	208
3.4. Analogie elektromechaniczne	215
4. Grafy przepływu sygnałów w modelowaniu, analizie i symulacji układów drgających.....	220
4.1. Czwórnik grafów przepływu sygnałów podstawowych elementów mechanicznego układu drgającego	222

5. Symulacja drgań w programie Working Model 2D	242
5.1. Symulacja drgań swobodnych, nietłumionych układu o jednym stopniu swobody.....	243
5.1.1. Symulacja ruchu drgającego oscylatora harmonicznego.....	243
5.1.2. Symulacja ruchu drgającego wahadła matematycznego	249
5.1.3. Symulacja ruchu drgającego wahadła fizycznego	250
5.2. Symulacja drgań wymuszonych, nietłumionych, układu o jednym stopniu swobody.....	252
5.2.1. Symulacja drgań nietłumionych, wymuszanych siłą harmonicznie zmienną	253
5.2.2. Symulacja drgań nietłumionych, wymuszanych kinematycznie	255
5.2.3. Symulacja drgań nietłumionych, wymuszanych bezwładnościowo	257
5.3. Symulacja drgań swobodnych, tłumionych, układu o jednym stopniu swobody	260
5.3.1. Symulacja drgań swobodnych, tłumionych wiskotycznie.....	260
5.3.2. Symulacja drgań swobodnych, tłumionych tarciem suchym	262
5.4. Symulacja drgań wymuszonych, tłumionych wiskotycznie	267
5.4.1. Symulacja drgań tłumionych wiskotycznie, wymuszanych siłą harmonicznie zmienną.....	267
5.4.2. Symulacja drgań tłumionych wiskotycznie, wymuszanych kinematycznie	268
5.4.3. Symulacja drgań tłumionych wiskotycznie, wymuszanych bezwładnościowo	270
5.4.4. Symulacja drgań wymuszonych, tłumionych tarciem suchym, układu o jednym stopniu swobody	271
5.5. Symulacja drgań układu o dwóch stopniach swobody	272
5.5.1. Symulacja drgań dwóch sprzężonych wahadeł matematycznych.....	272
5.5.2. Symulacja drgań dwóch punktów materialnych, sprzężonych sprężyscie	276
5.5.3. Symulacja drgań bryły sztywnej o dwóch stopniach swobody ..	278

5.5.4. Symulacja drgań układu z dynamicznym eliminatorem drgań ..	282
5.6. Uwagi na temat symulacji drgań skrętnych	283
6. Symulacja drgań w programie LabVIEW	285
6.1. Opis użytkowania środowiska graficznego LabVIEW	285
6.2. Zastosowanie programu LabVIEW w analizie i modelowaniu drgań układów mechanicznych	291
6.2.1. Metody zapisu modelu układu	291
6.2.2. Zmiana metody zapisu modelu	294
6.2.3. Podstawowe narzędzia analizy	297
6.3. Sposoby modelowania drgań w środowisku LabVIEW	302
6.3.1. Modelowanie blokowego układu dynamicznego po dekompozycji	302
6.3.2. Modelowanie układu dynamicznego, zapisanego w postaci jego transmitancji operatorowej	309
6.3.3. Modelowanie układu dynamicznego, zapisanego w postaci równań stanu	312
6.3.4. Tworzenie programu symulacyjnego z zastosowaniem grafów Masona	319
6.3.5. Modelowanie drgań układu z elementem nieliniowym	324
6.4. Przykłady modelowania i symulacji drgań swobodnych, nietłumionych, układu o jednym stopniu swobody, w środowisku LabVIEW	328
6.4.1. Symulacja ruchu drgającego oscylatora harmonicznego	328
6.4.2. Symulacja ruchu drgającego wahadła matematycznego	328
6.4.3. Symulacja ruchu drgającego wahadła fizycznego	330
6.5. Przykłady modelowania i symulacji drgań wymuszonych, nietłumionych, układu o jednym stopniu swobody, w środowisku LabVIEW	331
6.5.1. Symulacja drgań nietłumionych, wymuszanych siłą harmonicznie zmienną	331
6.5.2. Symulacja drgań nietłumionych, wymuszanych kinematycznie	332

6.5.3. Symulacja drgań nietłumionych, wymuszanych bezwładnościowo	332
6.6. Przykłady modelowania i symulacji drgań swobodnych, tłumionych, układu o jednym stopniu swobody, w środowisku LabVIEW	333
6.6.1. Symulacja drgań swobodnych, tłumionych wiskotycznie.....	333
6.6.2. Symulacja drgań swobodnych, tłumionych tarciem suchym	334
6.7. Przykłady modelowania i symulacji drgań wymuszonych, tłumionych wiskotycznie, w środowisku LabVIEW	335
6.7.1. Symulacja drgań tłumionych wiskotycznie, wymuszanych siłą harmonicznie zmienną.....	335
6.7.2. Symulacja drgań tłumionych wiskotycznie, wymuszanych kinematycznie	336
6.7.3. Symulacja drgań tłumionych wiskotycznie, wymuszanych bezwładnościowo	337
6.7.4. Symulacja drgań wymuszonych, tłumionych elementem o charakterystyce tarcia suchego	338
6.8. Przykłady modelowania i symulacji drgań układu o dwóch stopniach swobody, w środowisku LabVIEW	339
6.8.1. Symulacja drgań dwóch sprzężonych wahadeł matematycznych.....	339
6.8.2. Symulacja drgań dwóch punktów materialnych, sprzężonych sprężystości	340
6.8.3. Symulacja drgań bryły sztywnej o dwóch stopniach swobody ..	341
6.8.4. Symulacja drgań układu z dynamicznym eliminatorem drgań ..	342
7. Podsumowanie	345
SKOROWIDZ	347
SPIS RYSUNKÓW W JĘZYKU ANGIELSKIM	351
LITERATURA	363
Streszczenie	367