

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	40
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	104
2.2.3. Drgania nietłumione, wymuszane bezwładnościowo	108
2.3. Drgania swobodne, tłumione	116

2.3.1. Drgania swobodne, tłumione wiskotycznie	117
2.3.2. Drgania swobodne, tłumione tarciem 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	155
2.4.3. Drgania tłumione wiskotycznie, wymuszane bezwładnościowo	164
2.5. Drgania wymuszone, tłumione tarciem suchym	172
2.5.1. Drgania tłumione tarciem suchym, wymuszane siłą harmonicznie zmienną	172
2.6. Uwagi na temat amortyzacji drgań	177
2.7. Uwagi na temat opisu drgań skrętnych	180
3. Drgania swobodne układów zdyskretyzowanych, liniowych, o wielu stopniach swobody	182
3.1. Model matematyczny swobodnego układu drgającego o wielu stopniach swobody, bez tłumienia	182
3.2. Drgania swobodne układu o dwóch stopniach swobody, nietłumione	185
3.3. Przykłady analizy drgań układów zdyskretyzowanych, swobodnych, o dwóch stopniach swobody	189
3.3.1. Przykład opisu i analizy drgań dwóch sprzężonych wahadeł matematycznych	189
3.3.2. Przykład opisu i analizy drgań swobodnych układu dwu punktów materialnych, sprzężonych sprężystości	194
3.3.3. Przykład opisu i analizy drgań bryły sztywnej o dwóch stopniach swobody	196
3.3.4. Dynamiczny eliminator drgań	207
3.4. Analogie elektromechaniczne	214
4. Grafy przepływu sygnałów w modelowaniu, analizie i symulacji układów drgających	219
4.1. Czwórniki grafów przepływu sygnałów podstawowych elementów mechanicznego układu drgającego	221

5. Symulacja drgań w programie Working Model 2D	240
5.1. Symulacja drgań swobodnych, nietłumionych układu o jednym stopniu swobody	241
5.1.1. Symulacja ruchu drgającego oscylatora harmonicznego	241
5.1.2. Symulacja ruchu drgającego wahadła matematycznego	247
5.1.3. Symulacja ruchu drgającego wahadła fizycznego	249
5.2. Symulacja drgań wymuszonych, nietłumionych, układu o jednym stopniu swobody	251
5.2.1. Symulacja drgań nietłumionych, wymuszanych siłą harmonicznie zmienną	251
5.2.2. Symulacja drgań nietłumionych, wymuszanych kinematycznie	253
5.2.3. Symulacja drgań nietłumionych, wymuszanych bezwładnościowo	256
5.3. Symulacja drgań swobodnych, tłumionych, układu o jednym stopniu swobody	259
5.3.1. Symulacja drgań swobodnych, tłumionych wiskotycznie	259
5.3.2. Symulacja drgań swobodnych, tłumionych tarcie suchym	260
5.4. Symulacja drgań wymuszonych, tłumionych	266
5.4.1. Symulacja drgań tłumionych wiskotycznie, wymuszanych siłą harmonicznie zmienną	266
5.4.2. Symulacja drgań tłumionych wiskotycznie, wymuszanych kinematycznie	267
5.4.3. Symulacja drgań tłumionych wiskotycznie, wymuszanych bezwładnościowo	269
5.4.4. Symulacja drgań wymuszonych, tłumionych tarcie suchym, układu o jednym stopniu swobody	270
5.5. Symulacja drgań układu o dwóch stopniach swobody	271
5.5.1. Symulacja drgań dwóch sprzężonych wahadeł matematycznych	271
5.5.2. Symulacja drgań dwóch punktów materialnych, sprzężonych sprężystości	275
5.5.3. Symulacja drgań bryły sztywnej o dwóch stopniach swobody ..	277

5.5.4. Symulacja drgań układu z dynamicznym eliminatorem drgań ..	281
5.6. Uwagi na temat symulacji drgań skrętnych	282
6. Symulacja drgań w programie LabVIEW	284
6.1. Opis użytkowania środowiska graficznego LabVIEW	284
6.2. Zastosowanie programu LabVIEW w analizie i modelowaniu drgań układów mechanicznych	290
6.2.1. Metody zapisu modelu układu	290
6.2.2. Zmiana metody zapisu modelu	293
6.2.3. Podstawowe narzędzia analizy	296
6.3. Sposoby modelowania drgań w środowisku LabVIEW	301
6.3.1. Modelowanie blokowego układu dynamicznego po dekompozycji	301
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	330
6.5.1. Symulacja drgań nietłumionych, wymuszanych siłą harmonicznie zmienną	331
6.5.2. Symulacja drgań nietłumionych, wymuszanych kinematycznie	331

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 tarcie 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	337
6.8. Przykłady modelowania i symulacji drgań układu o dwóch stopniach swobody, w środowisku LabVIEW	338
6.8.1. Symulacja drgań dwóch sprzężonych wahadeł matematycznych.....	338
6.8.2. Symulacja drgań dwóch punktów materialnych, sprzężonych sprężystości	339
6.8.3. Symulacja drgań bryły sztywnej o dwóch stopniach swobody ..	340
6.8.4. Symulacja drgań układu z dynamicznym eliminatorem drgań ..	341
7. Podsumowanie.....	343
SKOROWIDZ.....	345
SPIS RYSUNKÓW W JĘZYKU ANGIELSKIM	349
LITERATURA	361
Streszczenie	372