

# Spis treści

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. WPROWADZENIE.....</b>                                                               | <b>11</b> |
| <b>2. WPROWADZENIE DO METOD PRONY'EGO .....</b>                                           | <b>15</b> |
| 2.1. ORYGINALNA METODA PRONY'EGO.....                                                     | 17        |
| 2.2. METODA PRONY'EGO NAJMNIEJSZYCH KWADRATÓW.....                                        | 20        |
| <b>3. MODYFIKACJE METOD PRONY'EGO.....</b>                                                | <b>24</b> |
| 3.1. ZREDUKOWANA METODA PRONY'EGO .....                                                   | 24        |
| 3.2. METODA ZE ZNANYMI WYBRANYMI SKŁADOWYMI .....                                         | 27        |
| 3.3. ZMIENNOŚCZĘSTOTLIWOŚCIOWA METODA PRONY'EGO .....                                     | 32        |
| 3.4. METODA PRONY'EGO NISKIEGO RZĘDU Z POJEDYNCZYM FILTREM PASMOWO-<br>PRZEPUSTOWYM ..... | 35        |
| 3.5. REKURSYWNA METODA PRONY'EGO.....                                                     | 40        |
| 3.6. METODA PRONY'EGO ZE ZMIENNYM OKNEM ANALIZY .....                                     | 43        |
| 3.7. PORÓWNANIE MACIERZY TOEPLITZA I HANKELA.....                                         | 45        |
| 3.8. ZREDUKOWANA METODA PRONY'EGO Z PODWÓJNYM PRZEBIEGIEM PRÓBKUJĄCYM.....                | 46        |
| <b>4. WŁASNOŚCI ZMODYFIKOWANYCH METOD PRONY'EGO .....</b>                                 | <b>50</b> |
| 4.1. WPROWADZENIE.....                                                                    | 50        |
| 4.2. METODOLOGIA BADAŃ .....                                                              | 50        |
| 4.3. ANALIZA WŁASNOŚCI ZREDUKOWANEJ METODY PRONY'EGO .....                                | 53        |
| 4.3.1. <i>Wprowadzenie</i> .....                                                          | 53        |
| 4.3.2. <i>Badania symulacyjne</i> .....                                                   | 53        |
| 4.3.3. <i>Wnioski</i> .....                                                               | 58        |
| 4.4. ANALIZA WŁASNOŚCI ZMIENNOŚCZĘSTOTLIWOŚCIOWEJ METODY PRONY'EGO.....                   | 59        |
| 4.4.1. <i>Wprowadzenie</i> .....                                                          | 59        |
| 4.4.2. <i>Badania symulacyjne</i> .....                                                   | 59        |
| 4.4.3. <i>Wnioski</i> .....                                                               | 63        |
| 4.5. ZŁOŻONOŚĆ OBLICZENIOWA METOD PRONY'EGO .....                                         | 64        |
| 4.6. WŁASNOŚCI ZREDUKOWANEJ METODY PRONY'EGO Z PODWÓJNYM PRZEBIEGIEM<br>PRÓBKUJĄCYM ..... | 66        |
| 4.6.1. <i>Wprowadzenie</i> .....                                                          | 66        |
| 4.6.2. <i>Badania symulacyjne</i> .....                                                   | 66        |
| 4.6.3. <i>Wnioski</i> .....                                                               | 70        |

|                                                                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5. FUZJE METOD PRONY'EGO .....</b>                                                                       | <b>72</b> |
| 5.1. WPROWADZENIE .....                                                                                     | 72        |
| 5.2. POŁĄCZENIA Z FILTRACJĄ – PODZIAŁ PASMA .....                                                           | 73        |
| 5.3. POŁĄCZENIA Z FILTRACJĄ – SKANOWANIE PASMA .....                                                        | 87        |
| <b>6. ZASTOSOWANIA POMIAROWE W ELEKTROTECHNICE .....</b>                                                    | <b>94</b> |
| 6.1. WPROWADZENIE .....                                                                                     | 94        |
| 6.2. PODSTAWOWE UKŁADY POMIAROWE .....                                                                      | 95        |
| 6.2.1. <i>Analiza parametrów jakości energii elektrycznej</i> .....                                         | 95        |
| 6.2.2. <i>Obwody kondycjonowania sygnałów napięciowych</i> .....                                            | 98        |
| 6.2.3. <i>Analiza elektronicznych wzmacniaczy sygnałów</i> .....                                            | 100       |
| 6.3. ANALIZA ZMIENNOŚCI CZĘSTOTLIWOŚCI HARMONICZNEJ PODSTAWOWEJ .....                                       | 101       |
| 6.3.1. <i>Wprowadzenie</i> .....                                                                            | 101       |
| 6.3.2. <i>Konfiguracja metody</i> .....                                                                     | 102       |
| 6.3.3. <i>Badania</i> .....                                                                                 | 103       |
| 6.3.4. <i>Wnioski</i> .....                                                                                 | 109       |
| 6.4. ANALIZA SYGNAŁÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH – METODA PRONY'EGO ZE ZNANYMI<br>WYBRANYMI SKŁADOWYMI .....     | 109       |
| 6.4.1. <i>Wprowadzenie</i> .....                                                                            | 109       |
| 6.4.2. <i>Konfiguracja metody</i> .....                                                                     | 111       |
| 6.4.3. <i>Badania</i> .....                                                                                 | 111       |
| 6.4.4. <i>Wnioski</i> .....                                                                                 | 117       |
| 6.5. ANALIZA SYGNAŁÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH – POŁĄCZENIE METOD PRONY'EGO<br>Z FILTRACJĄ .....               | 118       |
| 6.5.1. <i>Wprowadzenie</i> .....                                                                            | 118       |
| 6.5.2. <i>Konfiguracja metody</i> .....                                                                     | 119       |
| 6.5.3. <i>Badania</i> .....                                                                                 | 121       |
| 6.5.4. <i>Wnioski</i> .....                                                                                 | 127       |
| 6.6. ANALIZA CHARAKTERYSTYK PRZENOSZENIA ANALOGOWYCH UKŁADÓW<br>KONDYCJONOWANIA SYGNAŁÓW NAPIĘCIOWYCH ..... | 128       |
| 6.6.1. <i>Wprowadzenie</i> .....                                                                            | 128       |
| 6.6.2. <i>Konfiguracja metody</i> .....                                                                     | 128       |
| 6.6.3. <i>Badania</i> .....                                                                                 | 129       |
| 6.6.4. <i>Wnioski</i> .....                                                                                 | 134       |
| 6.7. ANALIZA NIELINIOWYCH ZNIEKSZTAŁCEŃ WZMACNIACZY ELEKTRONICZNYCH .....                                   | 134       |
| 6.7.1. <i>Wprowadzenie</i> .....                                                                            | 134       |
| 6.7.2. <i>Geneza metody</i> .....                                                                           | 136       |

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.7.3. Opis metody .....                                                                                 | 138 |
| 6.7.4. Badania .....                                                                                     | 139 |
| 6.7.5. Wnioski .....                                                                                     | 144 |
| 6.8. WYZNACZANIE PARAMETRÓW HARMONICZNYCH W UKŁADACH ZE ZMIENNĄ<br>CZĘSTOTLIWOŚCIĄ SKŁADOWYCH .....      | 145 |
| 6.8.1. Wprowadzenie .....                                                                                | 145 |
| 6.8.2. Implementacje zmiennoczęstotliwościowej metody Prony'ego .....                                    | 145 |
| 6.8.3. Wnioski .....                                                                                     | 148 |
| 6.9. POMIARY Z ZASTOSOWANIEM URZĄDZEŃ O NISKIEJ WYDAJNOŚCI AKWIZYCJI<br>I PRZETWARZANIA DANYCH .....     | 148 |
| 6.9.1. Wprowadzenie .....                                                                                | 148 |
| 6.9.2. Przykład implementacji zredukowanej metody Prony'ego<br>z podwójnym przebiegiem próbkującym ..... | 149 |
| 6.9.3. Wnioski .....                                                                                     | 150 |
| 7. PODSUMOWANIE .....                                                                                    | 151 |
| 8. WNIOSKI .....                                                                                         | 155 |
| 9. PROBLEMY OTWARTE .....                                                                                | 157 |
| DODATEK .....                                                                                            | 158 |
| LITERATURA .....                                                                                         | 174 |
| STRESZCZENIE .....                                                                                       | 186 |