

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	9
Optymalizacja w procesie projektowania transformatorów pomiarowych.....	10
Rozwój technik wspomagających proces projektowania transformatorów na tle zagadnienia optymalizacji kosztów oraz konstrukcji.....	14
1. TRANSFORMATOR POMIAROWY	17
1.1. Budowa transformatorów pomiarowych.....	17
1.2. Podstawy teoretyczne działania transformatorów napięciowych.....	18
1.3. Straty mocy.....	22
1.3.1. Straty mocy w rdzeniu.....	22
1.3.2. Straty mocy w uzwojeniach.....	26
1.4. Podstawowe równania pracy transformatora.....	27
1.4.1. Przekładnia transformatora.....	29
1.5. Podsumowanie.....	30
2. ZASADY PROJEKTOWANIA TRANSFORMATORÓW POMIAROWYCH	32
2.1. Założenia projektowe.....	33
2.2. Wybór materiału ferromagnetycznego.....	34
2.3. Podsumowanie.....	40
3. MODEL MATEMATYCZNY NAPIĘCIOWEGO TRANSFORMATORA POMIAROWEGO	41
3.1. Zestawienie ważniejszych oznaczeń.....	41
3.2. Błąd przekładni napięciowej.....	44
3.3. Rezystancja uzwojeń.....	47
3.4. Reaktancja rozproszenia w uzwojeniach.....	57
3.5. Rezystancja strat oraz reaktancja magnesowania.....	63
3.6. Koszty materiałów.....	66
3.7. Podsumowanie.....	67

4. DEFINICJA PROBLEMU OPTIMALIZACJI PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH TRANSFORMATORA POMIAROWEGO.....	69
4.1. Zestawienie ważniejszych oznaczeń zagadnienia optymalizacji.....	69
4.2. Wstęp.....	70
4.3. Optymalizacja nieliniowa z ograniczeniami.....	71
4.3.1. Funkcja celu.....	72
4.4. Zmienne decyzyjne.....	73
4.4.1. Typy zmiennych.....	74
4.5. Ograniczenia w zadaniu optymalizacji.....	74
4.5.1. Ograniczenia wymiarów rdzenia toroidalnego.....	75
4.5.2. Ograniczenia maksymalnej liczby zwojów.....	76
4.5.3. Ograniczenia średnicy drutu nawojowego.....	76
4.5.4. Ograniczenie konstrukcyjne.....	77
4.5.5. Ograniczenia dotyczące punktu pracy transformatora pomiarowego. . .	77
4.5.6. Ograniczenie parametrów metrologicznych.....	78
4.5.7. Wektor ograniczeń nierównościowych.....	79
4.6. Analiza wrażliwości rozwiązania na zmiany poszczególnych parametrów. . .	81
4.7. Podsumowanie.....	82
5. ROZWIĄZANIE ZADANIA OPTIMALIZACJI PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH NAPIĘCIOWEGO TRANSFORMATORA POMIAROWEGO.....	83
5.1. Wektor rozwiązania.....	83
5.2. Funkcja Lagrange'a.....	85
5.3. Dopuszczalne kierunki poszukiwań.....	86
5.4. Rzutowanie gradientu na podprzestrzeń styczną do ograniczeń aktywnych	88
5.5. Generacja macierzy gradientów ograniczeń aktywnych.....	91
5.6. Przesunięcie wektora rozwiązań w obszar rozwiązań dopuszczalnych.....	92
5.7. Ciąg przybliżeń wektora rozwiązań.....	93
5.8. Długość kroku w dopuszczalnym kierunku poprawy.....	94
5.9. Algorytm optymalizacji nieliniowej.....	96
5.10. Koniunkcja metod optymalizacji ciągłej i dyskretnej.....	99
5.11. Obszar określający zbiór możliwych rozwiązań problemu.....	100
5.12. Proces dyskretyzacji parametrów.....	101
5.13. Podsumowanie.....	102

6. PROJEKT NAPIĘCIOWEGO TRANSFORMATORA POMIAROWEGO.	104
6.1. Wstęp.....	104
6.2. Założenia projektowe.....	105
6.3. Pomiar parametrów materiału ferromagnetycznego.....	107
6.4. Optymalizacja parametrów konstrukcyjnych.....	107
6.5. Symulacja rozwiązań dopuszczalnych.....	108
6.5.1. Test wymagań funkcjonalnych.....	109
6.5.2. Wpływ punktu startowego oraz zbieżność algorytmu.....	110
6.6. Fizyczna realizacja transformatora.....	111
6.7. Weryfikacja parametrów transformatora.....	112
6.7.1. Wzorcowanie transformatora.....	113
6.7.2. Pomiar impedancji uzwojeń.....	121
6.8. Podsumowanie.....	125
UWAGI KOŃCOWE.....	127
DODATEK.....	130
BIBLIOGRAFIA.....	139
Streszczenie.....	146