

SPIS TREŚCI

Streszczenie	9
Wybrane symbole i oznaczenia	11
1. Wstęp	13
1.1. Aktualne problemy metrologiczne w sieciach elektroenergetycznych	13
1.2. Uzasadnienie podjętej tematyki	14
1.3. Cel i zakres pracy	15
2. Wprowadzenie do pomiarów w sieciach elektroenergetycznych.....	21
2.1. Mierzone wielkości i parametry	21
2.2. Szereg Fouriera	21
2.3. Analizatory jakości energii elektrycznej	33
2.4. Ocena niedokładności wyniku pomiaru	34
2.4.1. Wprowadzenie	34
2.4.2. Błąd pomiaru	35
2.4.3. Niepewność wyniku pomiaru	36
2.4.3.1. Metoda typu A	37
2.4.3.2. Metoda typu B	38
2.4.3.3. Niepewność złożona	39
2.4.3.4. Niepewność rozszerzona	41
2.4.3.5. Budżet niepewności	43
3. Wahania napięcia	45
3.1. Wprowadzenie	45
3.2. Miary wahań napięcia	46
3.3. Źródła wahań napięcia	50
3.4. Wykorzystanie wahań napięcia do diagnostyki stanu sieci energetycznej	51
3.4.1. Przykład 1 – przykładowy punkt sieci niskiego napięcia	53
3.4.2. Przykład 2 – rozdzielnia niskiego napięcia dużego biurowca	57
3.4.3. Przykład 3 – rozdzielnia niskiego napięcia zakładu galwanizacyjnego	59
3.4.4. Przykład 4 – rozdzielnia niskiego napięcia palarni kawy	60
3.4.5. Wykorzystanie wahań napięcia do diagnostyki stanu sieci energetycznej – podsumowanie	61

4. Migotanie światła	63
4.1. Wprowadzenie	63
4.2. Proces postrzegania światła	64
4.3. Współczynniki uciążliwości migotania światła P_{st} i P_{lt}	65
4.4. Badania eksperymentalne	71
4.4.1. Wprowadzenie	71
4.4.2. Ocena uciążliwości migotania światła	72
4.4.3. Opis stanowiska pomiarowego — źródła inkadescencyjne, energooszczędne i halogenowe	73
4.4.4. Wyniki badań eksperymentalnych — źródła inkadescencyjne, energooszczędne i halogenowe	78
4.4.4.1. Badania wpływu częstotliwości modulacji f_m na próg postrzegania migotania światła	78
4.4.4.2. Badania progu postrzegania migotania światła dla wybranych kolorów oświetlanych powierzchni	81
4.4.4.3. Wykorzystanie optotypów w badaniach uciążliwości migotania światła wybranych źródeł promieniowania optycznego	85
4.4.5. Podsumowanie wyników badań dla źródeł inkadescencyjnych, energooszczędnych i halogenowych	95
4.4.6. Środowisko programowania LabVIEW	96
4.4.7. Opis stanowiska pomiarowego — źródło inkadescencyjne oraz diody LED	101
4.4.8. Wyniki badań eksperymentalnych — źródło inkadescencyjne oraz diody LED	107
4.4.8.1. Widzenie migotania światła emitowanego przez źródło inkadescencyjne	108
4.4.8.2. Widzenie migotania światła emitowanego przez źródło LED	110
4.4.9. Podsumowanie — źródło inkadescencyjne oraz diody LED	113
5. Ocena właściwości metrologicznych analizatorów jakości energii elektrycznej	115
5.1. Wprowadzenie	115
5.2. Badanie analizatorów jakości energii elektrycznej	119
5.2.1. Badanie analizatorów klasy B	122
5.2.2. Badanie analizatorów klasy A	128
5.3. Podsumowanie	133
6. Problem przecieku widma w ocenie jakości energii elektrycznej	135
6.1. Wprowadzenie	135
6.2. Grupowanie i podgrupowanie harmonicznych	136
6.3. Zjawisko przecieku widma	138
6.4. Przykłady okien czasowych	141

6.5. Badania eksperymentalne	143
6.5.1. Wprowadzenie	143
6.5.2. Badanie analizatora typu B	146
6.5.3. Badanie analizatora typu A	148
6.6. Badania symulacyjne	153
6.7. Podsumowanie	156
7. Podsumowanie i wnioski	159
Bibliografia	163
Metrological Aspects of Low Frequency Voltage Fluctuations in the Power Network (Summary)	173

W monografii oceniono wpływ niskoczęstotliwościowych wahań napięcia na pracę na, często pomijany w pracach wielu autorów, aspekt określenia niedokładności metrologicznej. Jednym z podstawowych parametrów opisujących jakość energii jest skuteczność światła. W publikacji zamieszczono poglądowy opis wahań napięcia, zestawiono dostępne w literaturze przedmiotu wskaźniki wahań napięcia z opisującymi te wielkości definicjami. Zaprezentowano główne przyczyny i źródła występowania wahań napięcia w sieci elektroenergetycznej.

Miara oparta na wskaźnikach wahań napięcia opisuje zmienność napięcia przy użyciu zestawu wartości, który składa się z maksymalnej amplitudy wahań ΔU oraz częstotliwości tych wahań f liczonych w określonym przedziale czasu. W praktyce pomiarowej wykorzystuje się również efektywne diagnostyczne i łatwe w użyciu miary, jakimi są wartości maksymalne U_{max} i minimalne U_{min} , wartości skutecznej napięcia.

Najbardziej podatnymi na wahańa napięcia zasilania są różnego rodzaju źródła promieniowania optycznego. Wskutek zmienności tego napięcia powstaje zjawisko migotania światła. W zależności od zmian napięcia zasilania i rodzaju źródła światła migotanie może być odczuwalne i widzialne. W monografii przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych dotyczących wpływu niskoczęstotliwościowych wahań napięcia na stan wybranych źródeł promieniowania optycznego. W badaniach wykorzystano modulację amplitudową AM, polegającą na nakładaniu sygnału modulującego, o określonym kształcie i częstotliwości, na sygnał nośny. Badania wykonano dla kilku wybranych źródeł promieniowania, ze szczególnym uwzględnieniem diod LED.

Dokonano oceny właściwości metrologicznych analizatorów jakości energii elektrycznej. Przeprowadzono analizę niepewności uzyskanych wyników pomiarów, przez wyznaczenie budżetów niepewności dla przykładowych sygnałów testowych. Badania zrealizowano na zaprojektowanym i skonstruowanym, unikatowym w skali kraju stanowisku pomiarowym.

W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych i symulacyjnych dotyczących problemu przecieku widma w procesie oceny jakości energii elektrycz-