

# Spis treści

<b>1. Istotne zmiany na rynku energii</b>	<b>11</b>
1.1. Wprowadzenie	11
1.2. Demonopolizacja	11
1.3. Konsolidacja	11
1.4. Prywatyzacja	12
1.5. Unbundling	12
1.6. Liberalizacja	13
1.7. Pakiet 3×20 do 2020	14
1.8. Planowana dekarbonizacja	14
1.9. Typy OSD	15
1.10. Operator pomiarów	16
1.11. Koncepcja NOP	16
<b>2. Ogólna teoria systemów</b>	<b>19</b>
<b>3. Rozwój systemów informatycznych w elektroenergetyce</b>	<b>22</b>
3.1. Przyczyny	22
3.2. Ogólne kierunki rozwoju	25
<b>4. Inteligentna sieć elektroenergetyczna</b>	<b>27</b>
4.1. Definicja	27
4.2. Wprowadzenie	27
4.3. Cele	29
4.4. Główne cechy inteligentnej sieci	30
4.4.1. Samonaprawiająca się	31
4.4.2. Interaktywna	31
4.4.3. Zabezpieczona	32
4.4.4. Zoptymalizowana	32
4.4.5. Kompatybilna	33
4.4.6. Zintegrowana	33
4.5. Dodatkowe cechy	34
4.6. Typy technologii	35
4.7. Kamienie milowe	36
4.8. Struktura i powiązania między elementami inteligentnej sieci	37
4.9. Realizacja	38

<b>5. Dostarczenie możliwości klientowi CE</b> .....	39
<b>6. Inteligentny system pomiarowy SM</b> .....	41
6.1. Definicja .....	41
6.2. Dyrektywy w sprawie wdrożenia rozwiązań SM .....	42
6.3. Projekt Open Meter .....	43
<b>7. Zaawansowana infrastruktura pomiarowa AMI</b> .....	44
7.1. Automatyczny odczyt liczników AMR .....	44
7.2. Definicja AMI .....	45
7.3. Funkcje AMI .....	47
7.3.1. Podstawowe .....	47
7.3.2. Administrowanie systemem oraz uprawnienia .....	51
7.3.3. Okresowanie konfiguracji .....	52
7.4. Obszar – budynki przedsiębiorstwa dystrybucyjnego .....	53
7.4.1. Centralna baza odczytowa .....	53
7.4.2. Serwery komunikacyjne (akwizycji i transmisji) .....	53
7.5. Obszar infrastruktury komunikacji rozległej .....	54
7.5.1. Technologie komunikacyjne .....	54
7.5.2. Urządzenia pośredniczące .....	74
7.6. Obszar gospodarstwa domowego .....	78
7.6.1. Prosument .....	78
7.6.2. Inteligentny licznik energii elektrycznej .....	80
7.6.3. Wyświetlacz domowy IHD .....	88
7.6.4. Sieć domowa HAN .....	95
7.6.5. Liczniki innych mediów .....	103
<b>8. Oprogramowanie biznesowe do zarządzania danymi MDM</b> .....	106
8.1. Wprowadzenie .....	106
8.2. Funkcjonalności .....	107
8.2.1. Obsługa przełączania układów pierścieniowych .....	109
8.2.2. Obsługa przedpłat .....	109
8.3. Struktura systemu .....	110
8.3.1. Stacje robocze oraz aplikacje klienckie .....	110
8.3.2. Centrum przetwarzania danych .....	110
8.3.3. Baza danych .....	110
8.4. Zarządzanie danymi pomiarowymi .....	111
8.4.1. Charakterystyka .....	111
8.4.2. Przetwarzanie .....	118
8.4.3. Przechowywanie danych .....	125
8.4.4. Udostępnianie danych .....	126
8.4.5. Podsumowanie .....	127
8.5. Rozliczenia .....	128
8.5.1. Wprowadzenie .....	128
8.5.2. Abonament .....	129
8.5.3. Energia .....	129
8.5.4. Moc umowna .....	129
8.5.5. Przekroczenie mocy umownej .....	130
8.5.6. Ponadumowny pobór energii biernej .....	130
8.5.7. Bonifikaty .....	131

8.6.	Straty energii elektrycznej .....	131
8.6.1.	Definicja .....	131
8.6.2.	Podział .....	131
8.6.3.	Dylematy przy zmniejszeniu strat .....	132
8.6.4.	Sposoby zmniejszenia strat i koszty z tym związane .....	132
8.7.	Parametry jakościowe energii elektrycznej .....	133
8.7.1.	Definicja .....	133
8.7.2.	Współczynnik odkształcenia wyższymi harmonicznymi THD .....	134
8.7.3.	Migotanie światła .....	135
8.7.4.	Dopuszczalne przerwy .....	135
8.7.5.	Informowanie odbiorców .....	136
8.7.6.	Uzasadniony poziom wartości parametrów jakościowych .....	136
8.7.7.	Źródła zakłóceń .....	137

## **9. Reakcja strony popytowej DR .....** 138

9.1.	Definicja zarządzania popytem .....	138
9.2.	Dobowy pobór mocy w KSE .....	139
9.3.	Charakterystyka reakcji strony popytowej DR .....	140
9.3.1.	Definicja .....	140
9.3.2.	Mechanizmy DR .....	140
9.3.3.	Programy DR .....	142
9.3.4.	Wyzwania stojące przed programami DR .....	143
9.3.5.	Bariery realizacji programów DR .....	143
9.3.6.	Metody redukcji szczytowego zapotrzebowania na moc .....	145
9.3.7.	Efektywność mechanizmów zarządzania popytem .....	145
9.3.8.	Odbiorca wrażliwy cenowo PRD .....	146
9.3.9.	Automatyczna reakcja strony popytowej ADR .....	146
9.3.10.	Efekty wprowadzania mechanizmów DR .....	146
9.3.11.	Ochrona środowiska .....	146
9.3.12.	Konieczność wdrożenia mechanizmów DR w Polsce .....	146
9.3.13.	Mechanizmy DR a zabezpieczenie przed przeciążeniem .....	147
9.3.14.	Redukcja obciążenia KSE i ceny energii .....	147
9.3.15.	Alternatywa wdrożenia programów DR .....	149
9.4.	Programy cenowe (taryfowe) PBP .....	150
9.4.1.	Wprowadzenie .....	150
9.4.2.	Cele stosowania różnych programów taryfowych .....	150
9.4.3.	Kontrowersje programów taryfowych .....	150
9.4.4.	Taryfa płaska – jednostrefowa .....	150
9.4.5.	Taryfa socjalna .....	151
9.4.6.	Taryfy wielostrefowe .....	152
9.4.7.	Taryfy z ceną krytyczną .....	154
9.4.8.	Taryfa czasu rzeczywistego RTP .....	155
9.5.	Programy bodźcowe IBP .....	155
9.5.1.	Taryfy z wyłączeniem ICR .....	155
9.5.2.	Rozsądny upust za incydentalne wyłączenie .....	156
9.5.3.	Bezpośrednie sterowanie odbiorem DLC .....	157
9.5.4.	Sterowanie indywidualnymi obciążeniami na żądanie DD .....	158
9.5.5.	Inne dynamiczne taryfy .....	160
9.5.6.	Program licytacji popytu DBP .....	161
9.5.7.	Program przeciwwaryjnej odpowiedzi strony popytowej EDRP .....	161
9.5.8.	Programy rynku zdolności wytwórczych CMP .....	161
9.5.9.	Programy na rynku usług regulacyjnych ASMP .....	161

9.6. Skuteczność programów DR .....	162
9.6.1. Reakcje odbiorców na DR .....	162
9.6.2. Niewystarczająca skuteczność mechanizmów DR w Polsce.....	165
9.7. Regulowana cena energii dla gospodarstw domowych .....	166
9.8. Podmioty realizujące programy DR .....	167

## **10. Zaawansowane działanie dystrybucji ADO..... 168**

10.1. Definicja .....	168
10.2. Struktury sieci dystrybucyjnych .....	168
10.3. Przeszarżała infrastruktura .....	170
10.4. Automatyzacja dystrybucji DA .....	171
10.4.1. Definicja .....	171
10.4.2. Funkcjonalności .....	172
10.4.3. Akwizycja danych .....	172
10.4.4. Analiza obciążenia sieci.....	173
10.4.5. Badanie stabilności napięciowej .....	174
10.4.6. Regulacja poziomów napięć $U$ oraz gospodarka mocą bierną $Q$ .....	174
10.4.7. Modelowanie .....	176
10.4.8. Lokalizacja awarii .....	179
10.4.9. Samonaprawiające się sieci .....	179
10.4.10. Systemy i aplikacje w DA .....	180
10.5. SCADA w sieci nN .....	184
10.6. System zarządzania dystrybucją DMS.....	186
10.7. System do zarządzania awariami OMS.....	186
10.8. System GIS.....	187
10.9. Magazynowanie energii ES .....	187
10.9.1. Wprowadzenie .....	187
10.9.2. Kinetyczny zasobnik energii FES .....	188
10.9.3. Pneumatyczny zasobnik energii CAES .....	188
10.9.4. Superkondensator .....	188
10.9.5. Nadprzewodnikowy zasobnik energii SMES.....	189
10.9.6. Baterijny zasobnik energii BES .....	189
10.9.7. Elektrownie szczytowo-pompowe.....	189
10.9.8. Samochody elektryczne EV jako zasobniki energii .....	190
10.10. Generacja rozproszona DG .....	193
10.10.1. Definicja .....	193
10.10.2. Rozproszone zasoby energii DER .....	195
10.10.3. Typy małych jednostek wytwórczych.....	196
10.10.4. Nieciągłe wytwarzanie energii.....	197
10.10.5. Integracja generacji rozproszonej z siecią energetyczną .....	198
10.10.6. Zarządzanie zasobami energii odnawialnej RESM .....	199
10.10.7. Generacja rozproszona a usługi systemowe .....	199
10.10.8. Generacja rozproszona a podatki.....	200
10.11. Mikro sieci .....	200
10.11.1. Wprowadzenie .....	200
10.11.2. Definicja .....	201
10.11.3. Wykorzystanie prądu stałego .....	201
10.11.4. Mikro sieci hybrydowe .....	202
10.11.5. System do zarządzania energią $\mu$ EMS.....	202
10.11.6. Zastosowanie SM w mikrosieciach.....	203

<b>11. Zaawansowane działanie przesyłu ATO</b> .....	204
11.1. Definicja .....	204
11.2. Niezależny operator systemu przesyłowego ISO .....	204
11.3. Właściwości inteligentnych sieci przesyłowych .....	205
11.4. Inteligentne centra nadzoru .....	206
11.4.1. Monitorowanie i wizualizacja .....	206
11.4.2. Możliwości analizy .....	211
11.4.3. Sterowalność .....	211
11.4.4. Interakcje z rynkiem energii .....	211
11.5. Inteligentna sieć przesyłowa .....	212
11.5.1. Wprowadzenie .....	212
11.5.2. Elastyczne sieci energetyczne .....	213
11.5.3. Sieci najwyższych napięć UHV .....	214
11.5.4. Sieci prądu stałego .....	214
11.6. Automatyzacja podstacji SA .....	215
11.6.1. Wprowadzenie .....	215
11.6.2. Inteligentne podstacje .....	216
11.6.3. Norma IEC 61850 .....	218
11.7. System do zarządzania energią EMS .....	219
11.8. Zarządzanie ograniczeniami przesyłowymi .....	220
11.8.1. Ograniczenia przesyłowe .....	220
11.8.2. Zarządzanie ograniczeniami .....	221
<b>12. Zaawansowane zarządzanie aktywami AAM</b> .....	223
12.1. Wprowadzenie .....	223
12.2. Zarządzanie aktywami .....	223
12.3. Definicja AAM .....	224
<b>13. Supersieci</b> .....	226
<b>14. Inteligentne sieci – zagadnienia dodatkowe</b> .....	228
14.1. Nowe modele ekonomiczne .....	228
14.2. Bariery .....	229
<b>15. Bezpieczeństwo inteligentnych sieci</b> .....	230
15.1. Pojęcia podstawowe .....	230
15.2. Polityka bezpieczeństwa systemu .....	231
15.2.1. Teoria .....	231
15.2.2. Praktyka .....	231
15.3. Problematyka bezpieczeństwa inteligentnej sieci .....	232
15.4. Motywy do przeprowadzenia cyberataku .....	235
15.5. Inne przyczyny zakłóceń i zagrożeń .....	237
15.5.1. Błąd człowieka .....	237
15.5.2. Zarządzanie aktualizacjami .....	237
15.5.3. Celowe działania pracowników .....	238
15.5.4. Wykrywanie nielegalnej działalności .....	238
15.6. Ochrona prywatności odbiorców .....	238
15.7. Zagrożenia .....	239
15.7.1. Najczęstsze zagrożenia systemu .....	239
15.7.2. Lista możliwych zagrożeń .....	240
15.8. Podejście do zarządzania ryzykiem .....	242
15.9. Blackout .....	243

<b>16. Inteligentne systemy pomiarowe – zagadnienia dodatkowe</b> .....	246
16.1. Wprowadzenie .....	246
16.2. Spodziewane korzyści .....	246
16.2.1. Korzyści dla klienta .....	246
16.2.2. Korzyści przedsiębiorstw obrotu .....	247
16.2.3. Korzyści operatora sieci dystrybucyjnej .....	247
16.2.4. Korzyści regulatora energetyki .....	248
16.2.5. Korzyści operatora sieci przesyłowej .....	248
16.3. Ryzyka związane z wdrożeniami .....	249
16.4. Zużycie energii przez centra przetwarzania danych .....	250
16.5. Kolejność wdrażania inteligentnych liczników .....	251
16.6. Koszty SM .....	251
16.6.1. Oszacowania krajowe .....	251
16.6.2. Doświadczenia Włoch i Szwecji .....	254
16.7. Deklaracja w sprawie wprowadzenia inteligentnego opomiarowania .....	254
16.8. Wątpliwości OSD .....	255
16.9. O dostawcy AMI .....	257
16.10. Niebezpieczeństwo uzależnień .....	257
16.11. Problem zmniejszenia zużycia o 10% .....	258
16.12. Koszty społeczne .....	259
16.13. Funkcjonalności będące kością niezgody .....	260
<b>Podsumowanie</b> .....	261
<b>Literatura</b> .....	262
<b>Stosowane skróty</b> .....	269
<b>Stosowane pojęcia i określenia</b> .....	272
<b>Spis ilustracji</b> .....	276
<b>Spis tabel</b> .....	277