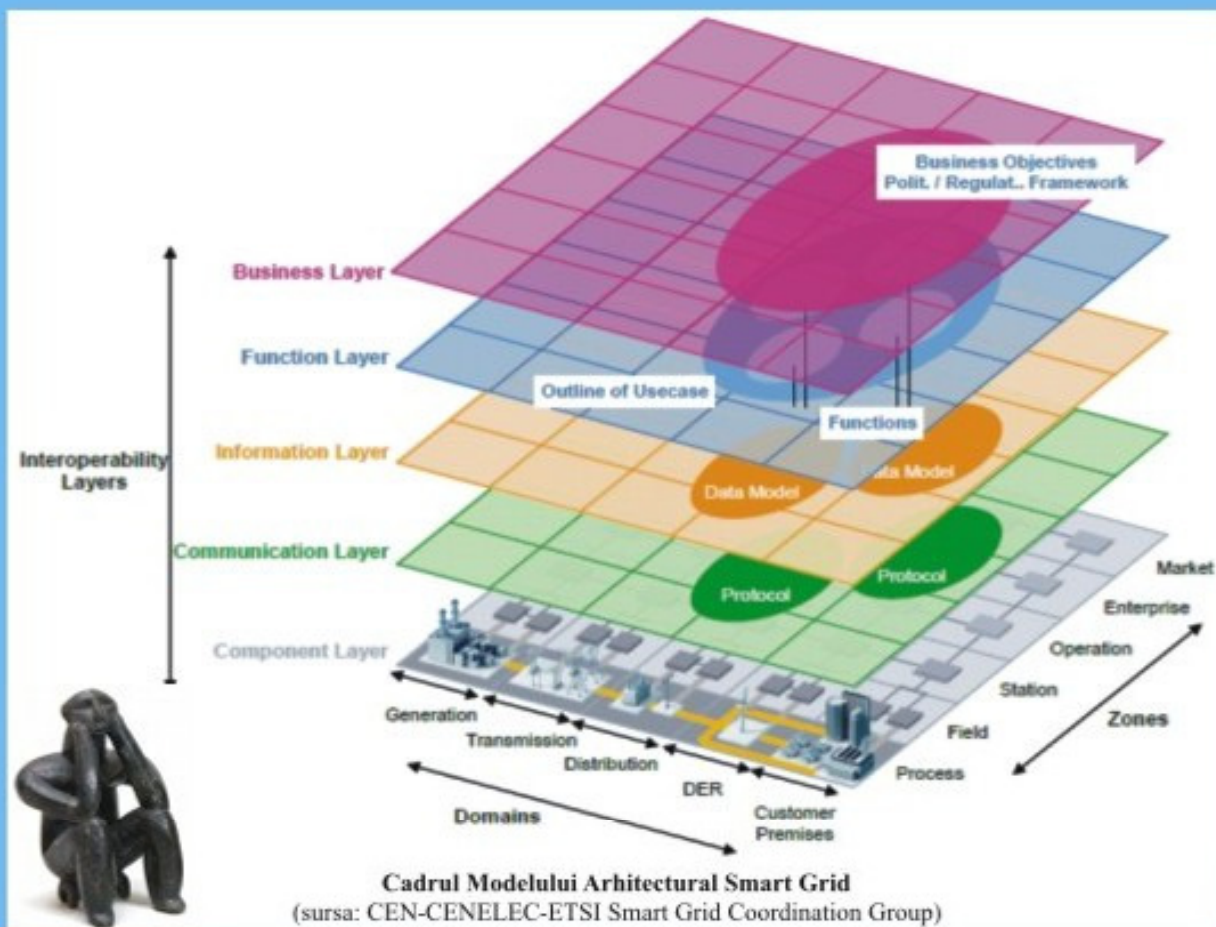


VATRĂ FĂNICĂ
VATRĂ CRISTIANA ANDREEA

POSTOLACHE PETRU
POIDA ANA



SMART GRIDS

Introducere pentru profesioniști



LEONARDO POWER QUALITY INITIATIVE
VOCATIONAL EDUCATION SYSTEM

Editura SIER
București, august 2014

PREFAȚĂ

*"It doesn't matter how beautiful your theory is, it doesn't matter how smart you are.
If it doesn't agree with experiment, it's wrong."*

Richard P. Feynman (<http://www.brainquote.com/quotes/r/richardpf160383.html>)

*"Learn everything you can, anytime you can, from anyone you can - there will always
come a time when you will be grateful you did."*

Sarah Caldwell (http://en.wikipedia.org/wiki/Sarah_Caldwell)

Prezenta carte continuă tradiția creată, în țara noastră, în domeniul electroenergetic, începând cu luna octombrie 2005, când a fost inițiat primul curs din cadrul proiectului european LPQIVES (*Leonardo Power Quality Initiative and EMC Vocational Education System*) la care participă, în calitate de partener, SIER - *Societatea Inginerilor Energeticieni din România*. Numit "*Calitatea energiei electrice - Expert Gradul I*", acest curs – "de avangardă", necesar și consistent (compus din 10 module) - s-a dovedit a fi foarte util multor specialiști din România și din alte țări europene, fără a se limita la acestea. El a fost urmat și de alte cursuri, inițiate de SIER în cadrul aceluiași proiect. Pe baza lor au fost realizate cărți având tematica corespunzătoare cursului aferent.

În acest cadru, în toamna anului 2013, la inițiativa SIER, s-a demarat un nou curs LPQIVES, intitulat "*Smart Grids*". Prin acest nou curs de "avangardă" s-a dorit să se asigure informarea cursanților într-un domeniu foarte complex, dezbătut la nivel UE și mondial de o mulțime de organisme - având puncte de vedere/arii de competență diferite - domeniu aflat la început de drum, care implică politici, reglementări și constrângeri tehnico-economice complet noi, care trebuie însușite, percepute și aplicate corect/în cunostință de cauză.

Această carte urmărește, în principal, tematica cursului *Smart Grids*, oferind, în același timp, și o serie de noutăți/informații "proaspete", care, sperăm să fie o surpriză plăcută pentru cursanții ce au absolvit acest curs și util celor care iau, pentru prima dată, contact cu subiectele abordate în această carte.

Ținând seama de noutatea domeniului abordat, considerăm că este necesar să facem o constatare foarte importantă privind noțiunea de *smart grids* și altele asociate. O dificultate majoră în acest sens o constituie traducerea corectă, în limba română, a adjectivului englez "*smart*" având în vedere faptul că el nu are semnificația "*intelligent*", așa cum se consideră uneori. Pentru edificarea cititorilor prezentei cărți, în continuare se prezintă diferitele semnificații pe care le au, în limba română, cuvintele *smart*, *smartly* și *intelligent*. Aceste traduceri au fost extrase din "*Dicționar englez - român*", lucrare de prestigiu realizată de un larg colectiv de specialiști în limba engleză, colectiv coordonat de Leon Levițchi, în cadrul Institutului de Lingvistică al Academiei. Dicționarul a apărut în editura Academiei Republicii Socialiste România, în anul 1977, la București.

smart¹ [sma:t] **I. adj.1.** (*despre o lovitură de bici etc.*) usturător, biciuitor, sec; ~ **reprimand** observație usturătoare; **2.** iute, vioi, rapid; ~ **pace** pas vioi; ~ **attack** atac rapid; ~ **piece of work** lucru făcut repede și bine; **look ~ about it !** mișcă-te mai repede ! dă-i drumul ! dă-o gata ! **3.** deștept, ager, isteț, iute, iscusit, descurcăreț, priceput; ~ **lad wanted** se caută un băiat isteț; (*fam.*) **he's a ~ one** e tare/mare șmecher; (*peior.*) **to try to say ~ things** a face spirite/glume istețe; **be ~ , eh ?** faci pe deșteptul, ai ?; (*peior.*) ~ **practice** escrocherie, afacere dubioasă; **4.** (*despre ținută, toaletă*) elegant, distins, șic, cochet; ~ **society, the ~ set** lumea/societatea elegantă **II. adv. v.** s m a r t l y

smart² **I. s. 1.** durere usturătoare, arsură (*din pricina unei răni*), **2.** lovitură biciuitoare **II. vb. intr. 1.** (*despre o rană, ochi*) a ustura, a arde; **to smoke makes the eyes ~** fumul înteapă ochii; **2.** (*despre persoane*) a suferi; **to ~ under an injustice** a suferi din pricina unei nedreptăți; **he will make you ~ for it** are să te facă să i-o plătești scump, răzbunarea lui va fi usturătoare; **you shall ~ for this** ai să mi-o plătești scump, ai să-mi plătești scump pentru asta

smartly [-li] **adv. 1.** repede, iute, prompt; **to answer ~** a răspunde imediat; **to pull smb. up ~** a muștrului / a scutura pe cineva; **2.** isteț, abil, șmecher; cu abilitate, cu îndemânare; **3.** elegant, cu gust

intelligent [in'telidʒənt] **adj. 1.** inteligent, deștept; ager (la minte), cu mintea ageră; **an ~ answer** un răspuns inteligent, **2.** (*inv., lit.*) (of) conștient, care își dă seama (de), cunoscător (*cu gen.*), versat (în); **to be ~ of a fact** a fi conștient de un fapt (oarecare); a fi în cunoștință de cauză; **to be ~ of a subject** a fi versat într-un domeniu (*oarecare*)

Ținând seama de faptul că ar putea să apară numeroase inadvertențe din cauza lipsei unei terminologii consacrate - unanim acceptată în limba română - și dorind să asigure, în acest context, o acuratețe ridicată a expunerii prin evitarea unor confuzii regretabile, neclarități și neînțelegeri, autorii au preferat - în mod deliberat - să utilizeze deseori termenii originali (în limba engleză - limba de origine a acestora). În același sens, siglele/denumirile asociațiilor/comitetelor, care nu au încă un corespondent, oficial acceptat în limba română, au fost utilizate tot în formatul original. A fost preferată reluarea, pe alocuri, a unor denumiri/noțiuni pentru a înlesni urmărirea și înțelegerea textului. Desenele folosite provin, în marea lor majoritate, din documentele publice ale organismelor competente. Autorii au apreciat că acest mod general de prezentare va facilita accesul cititorilor la materialele internaționale dedicate subiectului tratat în carte, redactate, în cea mai mare parte, în limba engleză.

Mulțumim atât cursanților noștri, pentru aportul pe care și l-au adus la dezvoltarea cursului și, implicit, a acestei cărți, cât și Dlui Roman Targosz - Președintele LPQIVES CB, fără sprijinul căruia nu am fi reușit în demersurile noastre, prezenta carte fiind, de asemenea, editată sub egida LPQIVES/Leonardo Energy.

Autorii sunt conștienți că prezenta carte, fiind prima de acest fel din România, poate fi perfecționată și sunt recunoscători tuturor celor care, prin observații și sugestii, vor contribui la îmbunătățirea ei.

Vă dorim lectură plăcută!
Autorii

București, august 2014

CUPRINS

Prefață	5
Cuprins	7
1. Modelul Conceptual pentru Smart Grid adoptat în SUA.....	21
1.1. Cadrul de definire a conceptului de „Smart Grid” în SUA	21
1.2. Definirea termenului, funcțiilor, tehnologiilor și a aplicațiilor Smart Grid	29
1.3. Modelul Conceptual pentru Smart Grid adoptat în 2010 în SUA	32
1.3.1. Introducere	32
1.3.2. Domeniile Smart Grid și diagrama de ansamblu a Modelului Conceptual de Referință pentru Smart Grid	33
1.3.3. Domeniul Clienți (Customers)	35
1.3.4. Domeniul Piețe (Markets)	37
1.3.5. Domeniul Furnizori de Servicii (Service Providers)	38
1.3.6. Domeniul Operațiuni (Operations)	40
1.3.7. Domeniul Generare în cantități mari (Bulk Generation)	42
1.3.8. Domeniul Transport (Transmission)	43
1.3.9. Domeniul Distribuție (Distribution)	45
1.4. Stadiul implementării programului <i>Smart Grid Investment Grant</i> (SGIG)	46
1.5. Bibliografie	49
2. Cadrul de definire în Uniunea Europeană a conceptului și direcțiilor de dezvoltare a Smart Grids.....	51
2.1. Cadrul UE de definire a conceptului și direcțiilor de dezvoltare a Smart Grids	51
2.2. Cadrul de definire a conceptului și direcțiilor de dezvoltare a Smart Grids în România	63
2.3. Bibliografie	65
3. Definirea termenului și a conceptului general de Smart Grid conform Uniunii Europene	67
3.1. Definirea termenului de Smart Grid	67
3.2. Elemente motrice care impun evoluția actualelor sisteme spre Smart Grids	71
3.3. Actorii implicați în implementarea Smart Grids.....	72
3.4. Prioritățile de implementare pentru Smart Grids	73
3.4.1. Prioritatea 1: Optimizarea operării și utilizării sistemului electroenergetic ...	75
3.4.2. Prioritatea 2: Optimizarea infrastructurii sistemului electroenergetic	77
3.4.3. Prioritatea 3: Integrarea generării intermitente la scală mare și la scală mică	78
3.4.4. Prioritatea 4: Tehnologia Informației și Comunicații (IT&C)	78
3.4.5. Prioritatea 5: Rețele de distribuție active	83
3.4.6. Prioritatea 6: Piețe și utilizatori noi și eficiență energetică	85
3.5. Foaie de parcurs (Roadmap) pentru implementarea Smart Grids.....	87
3.6. Bibliografie	88

4.	Funcționalitățile <i>Smart Grids</i>	91
4.1.	Introducere.....	91
4.2.	Optimizarea rețelelor de transport a energiei electrice	91
4.3.	Îmbunătățirea interacțiunii și coordonării între transport și distribuție.....	92
4.4.	Servicii de nivel înalt pentru rețelele „ <i>smart</i> ” de distribuție	93
4.5.	Funcționalitățile <i>Smart Grids</i> pentru rețelele de distribuție.....	95
4.6.	Interfața dintre <i>Smart Grids</i> și <i>Smart Home</i>	98
4.6.1.	Date și funcționalități la interfața dintre <i>Smart Grids</i> și <i>Home Area Network</i>	98
4.6.2.	Privire de ansamblu asupra funcționalităților contoarelor inteligente	98
4.7.	Bibliografie	100
5.	Rolul și responsabilitățile actorilor implicați în implementarea <i>Smart Grids</i>	101
5.1.	Introducere.....	101
5.2.	Actorii implicați în implementarea <i>Smart Grids</i>	101
5.3.	Rolul și responsabilitățile actuale ale actorilor implicați în lanțul de furnizare a energiei electrice	101
5.3.1.	Operatorii rețelelor electrice	102
5.3.2.	Utilizatorii rețelelor electrice	102
5.3.3.	Actorii din Piața de energie electrică	103
5.3.4.	Furnizorii de tehnologii, produse și servicii	104
5.3.5.	Influențatorii / cei care influențează (Influencers)	104
5.4.	Evoluții în lanțul de furnizare a energiei electrice	105
5.5.	Rolul și responsabilitățile actorilor implicați în implementarea <i>Smart Grids</i>	107
5.5.1.	Operatorii rețelelor electrice	107
5.5.2.	Utilizatorii rețelelor electrice	109
5.5.3.	Actorii din Piața de energie electrică	109
5.5.4.	Furnizorii de tehnologii, produse și servicii	110
5.5.5.	Influențatorii / cei care influențează (Influencers)	112
5.6.	Bibliografie	114
6.	Modelul Conceptual European și Arhitectura de Referință pentru <i>Smart Grids</i>	115
6.1.	Introducere.....	115
6.2.	Modelul Conceptual European pentru <i>Smart Grids</i>	115
6.2.1.	Contextul elaborării Modelului Conceptual European	115
6.2.2.	Abordare și cerințe	116
6.2.3.	Modelul Conceptual al Uniunii Europene pentru <i>Smart Grids</i>	116
6.2.4.	Conceptul de Flexibilitate	118
6.3.	Cadrul Modelului Arhitectural <i>Smart Grid</i>	119
6.3.1.	Interoperabilitatea în contextul <i>Smart Grid</i>	119
6.3.1.1.	Aspecte cu caracter general	119
6.3.1.2.	Categoriile de interoperabilitate	119
6.3.2.	Elementele Cadrului Modelului Arhitectural <i>Smart Grid</i>	121
6.3.2.1.	Aspecte cu caracter general	121
6.3.2.2.	Straturile de interoperabilitate ale SGAM	121
6.3.2.3.	Planul <i>Smart Grid</i> al SGAM	122
6.3.2.4.	Domeniile Modelului Arhitectural <i>Smart Grid</i>	123
6.3.2.5.	Zonele Modelului Arhitectural <i>Smart Grid</i>	123

6.3.2.6. Cadrul Modelului Arhitectural Smart Grid	125
6.3.2.7. Elementele/aspectele transversale și SGAM	126
6.3.3. Metodologia Modelului Arhitectural Smart Grid	127
6.3.3.1. Principiile SGAM	127
6.3.3.2. Maparea cazurilor de utilizare în Cadrul SGAM	128
6.3.3.2.1. Analiza cazului de utilizare	130
6.3.3.2.2. Dezvoltarea Stratului Componentelor	133
6.3.3.2.3. Dezvoltarea Stratului Afacerilor	134
6.3.3.2.4. Dezvoltarea Stratului Funcțiunilor	135
6.3.3.2.5. Dezvoltarea Stratului Informațiilor	136
6.3.3.2.6. Dezvoltarea Stratului Comunicațiilor	138
6.4. Elementele Arhitecturii de Referință	139
6.4.1. Principalele componente ale Arhitecturii de Referință.....	139
6.4.2. Arhitectura Afacerilor (Business Architecture)	140
6.4.2.1. Roluri și actori	142
6.4.2.2. Funcțiunile afacerilor (Business Functions)	142
6.4.2.3. Servicii pentru afaceri (Business Services)	142
6.4.2.4. Procese ale afacerilor (Business Processes)	143
6.4.3. Arhitectura Funcțională (Functional Architecture)	143
6.4.3.1. Aspecte cu caracter general	143
6.4.3.2. Meta-modelul Arhitecturii Funcționale	143
6.4.3.2.1. Concept	143
6.4.3.2.2. Flexibilitate	144
6.4.3.3. Arhitectura Funcțională Smart Grid	145
6.4.3.3.1. Aspecte cu caracter general	145
6.4.3.3.2. Grupurile funcționale Smart Grid	145
6.4.4. Arhitectura Informațională (Information Architecture)	145
6.4.4.1. Aspecte cu caracter general	145
6.4.4.2. Aspecte referitoare la integrarea sistemelor și aplicațiilor existente	146
6.4.4.3. Modele de date	146
6.4.4.4. Interfețe.....	146
6.4.4.5. Interfețe logice	147
6.4.5. Arhitectura Comunicațiilor (Communication Architecture)	148
6.4.5.1. Rețele de comunicații pentru Smart Grids	148
6.4.5.2. Aplicabilitatea tehnologiilor de comunicații în subrețelele Smart Grid	151
6.5. Bibliografie	151
7. Standardizarea pentru <i>Smart Grids</i>	153
7.1. Introducere.....	153
7.2. Standard. Activitatea de standardizare.....	153
7.3. Activitatea de standardizare europeană.....	158
7.4. Standardizarea în domeniul <i>Smart Grids</i>	160
7.5. Bibliografie	165

8. Securitatea Cibernetică a Smart Grids	167
8.1. Aspecte privind Securitatea Cibernetică a Smart Grids	167
8.1.1. Introducere.....	167
8.1.2. Stadiul actual privind Securitatea Cibernetică.....	167
8.1.3. Riscurile de Securitate Cibernetică.....	169
8.1.4. Reducerea riscurilor de Securitate Cibernetică.....	171
8.2. Viziunea CEI privind vulnerabilitatea Smart Grids și cerințele de Securitate Cibernetică	171
8.2.1. Descriere.....	172
8.2.2. Cerințe	173
8.2.3. Standarde existente.....	173
8.3. Securitatea informațiilor pentru Smart Grid în viziunea CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group.....	174
8.3.1. Definiții	174
8.3.2. Elementele cheie ale SGIS	175
8.3.2.1. Nivelurile de securitate SGIS.....	175
8.3.2.2. Clasele de Protecție a Datelor Smart Grid	176
8.3.3. Straturile pentru Securitatea Informațiilor.....	177
8.3.4. Valori recomandate pentru Nivelurile de Securitate SGIS	178
8.4. Bibliografie	179
9. Sisteme Smart Grid și reprezentarea în Modelul SGAM.....	181
9.1. Introducere.....	181
9.2. Lista principalelor Sisteme Smart Grid.....	181
9.3. Maparea Sistemelor Smart Grid utilizând Modelul SGAM	183
9.3.1. Poziționarea Sistemelor Smart Grid în Planul Smart Grid al SGAM.....	183
9.3.2. Cazurile de Utilizare Generice Smart Grid.....	183
9.3.3. Elemente de intrare preluate de la Grupul de Lucru SG 3 din cadrul CEI ...	184
9.3.4. Etapele procesului de mapare a Sistemelor Smart Grid în Modelul SGAM....	184
9.4. Maparea Sistemului de Automatizare a Stațiilor în Modelul SGAM	185
9.4.1. Descrierea Sistemului	185
9.4.2. Setul de cazuri de utilizare de nivel înalt.....	185
9.4.3. Maparea/reprezentarea în SGAM.....	185
9.4.3.1. Preambul	185
9.4.3.2. Stratul componentelor (Component layer).....	186
9.4.3.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	188
9.4.3.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	189
9.4.3.5. Lista standardelor.....	190
9.5. Maparea Sistemului EMS-SCADA în Modelul SGAM.....	191
9.5.1. Descrierea Sistemului	191
9.5.2. Setul de cazuri de utilizare de nivel înalt.....	191
9.5.3. Maparea/reprezentarea în SGAM.....	192
9.5.3.1. Preambul	192
9.5.3.2. Stratul componentelor (Component layer).....	192
9.5.3.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	193
9.5.3.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	194
9.5.3.5. Lista standardelor.....	194

9.6. Maparea Sistemelor DMS-SCADA și GIS în Modelul SGAM	196
9.6.1. Descrierea Sistemului	196
9.6.2. Setul de cazuri de utilizare de nivel înalt	197
9.6.3. Maparea/reprezentarea în SGAM	197
9.6.3.1. Preambul	197
9.6.3.2. Stratul componentelor (Component layer)	198
9.6.3.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	199
9.6.3.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	200
9.6.3.5. Lista standardelor	200
9.7. Bibliografie	202
9.8. Anexă	203
10. Analiza Cost-Beneficiu a proiectelor de Smart Grid	211
10.1. Elemente care au stat la baza metodologiei Uniunii Europene de Analiză Cost-Beneficiu a proiectelor de Smart Grid	211
10.2. Abordarea generală pentru Analiza Cost-Beneficiu a proiectelor de Smart Grid.....	213
10.2.1. Analiza economică - evaluarea monetară	213
10.2.2. Analiza calitativă a impactului - evaluarea nemonetară	214
10.2.3. Combinarea evaluărilor monetare și nemonetare	214
10.3. Aspecte referitoare la definirea condițiilor de frontieră și a parametrilor cheie.....	215
10.3.1. Rata de actualizare	215
10.3.2. Orizontul de timp pentru Analiza Cost-Beneficiu.....	216
10.3.3. Programul de implementare	217
10.3.4. Impactul cadrului de reglementare asupra ipotezelor/parametrilor	217
10.3.5. Factorii macroeconomici.....	217
10.3.6. Tehnologiile implementate.....	218
10.3.7. Transferul sarcinii de la vârf și reducerea consumului.....	218
10.3.8. Cererea de energie electrică	218
10.4. Aspecte referitoare la realizarea Analizei Cost-Beneficiu.....	218
10.4.1. Pasul 1: Revederea și descrierea tehnologiilor, elementelor și obiectivelor proiectului	220
10.4.2. Pasul 2: Caracterizarea activelor prin funcționalități	220
10.4.3. Pasul 3: Caracterizarea funcționalităților prin beneficii	221
10.4.4. Pasul 4: Stabilirea situațiilor/parametrilor de referință	221
10.4.5. Pasul 5: Estimarea beneficiilor monetare și identificarea beneficiarilor....	222
10.4.6. Pasul 6: Identificarea și cuantificarea costurilor	222
10.4.7. Pasul 7: Compararea costurilor și beneficiilor	222
10.5. Aspecte referitoare la Analiza de Sensibilitate	225
10.5.1. Rata de creștere estimată pentru consumul de energie electrică și potențialul eficienței energetice	226
10.5.2. Transfer de sarcină de la vârf de sarcină	226
10.5.3. Procentul pierderilor de energie electrică în rețelele de transport și distribuție.....	226
10.5.4. Numărul estimat de minute de întrerupere (de nealimentare)	227
10.5.5. Valoarea/costul întreruperii sarcinii	227
10.5.6. Rata de actualizare	228
10.5.7. Programul de implementare	228
10.6. Analiza calitativă a impactului (evaluare nemonetară)	228

10.6.1. Evaluarea performanțelor proiectului și a „meritului” indicatorilor de performanță	230
10.6.2. Externalitățile și impactul social	230
10.7. Bibliografie	233
10.8. Anexă	234
11. Dezvoltarea unor noi infrastructuri de rețele electrice.....	245
11.1. Noțiuni privind Sistemul Electroenergetic Național (SEN)	245
11.2. Priorități de implementare și sarcini Smart Grid specifice pentru rețelele electrice	249
11.2.1. Priorități de implementare Smart Grid	249
11.2.2. Sarcini Smart Grid specifice pentru rețelele electrice de transport	250
11.2.3. Sarcini Smart Grid specifice pentru rețelele electrice de distribuție	251
11.3. Optimizarea și compactizarea construcției LEA de 400 kV	251
11.3.1. Considerații generale.....	251
11.3.2. Condiții avute în vedere la dimensionare	252
11.3.3. Criterii de analiză, comparație și de selectare a soluțiilor	253
11.3.4. Rezultate obținute	254
11.4. Reducerea pierderilor tehnice în RET impune trecerea la 3 și 4 conductoare pe fază în cazul LEA de 400 kV noi sau retehnologizate	256
11.4.1. Considerații generale.....	256
11.4.2. Ponderea pierderilor corona în cadrul pierderilor tehnice din rețelele de transport de 220 kV și 400 kV ale SEN.....	257
11.4.3. Variația pierderilor corona în cazul LEA de 400 kV în funcție de numărul de conductoare pe fază și valoarea tensiunii de funcționare a LEA	261
11.5. Transportul energiei electrice la tensiune înaltă continuă	263
11.5.1. Scurt istoric	263
11.5.2. Avantaje și dezavantaje ale transportul energiei electrice în tensiune continuă	264
11.5.3. Aplicațiile specifice în care tehnologia HVDC oferă beneficii	268
11.6. Bibliografie	271
12. Sisteme de măsurare pe arie largă	273
12.1. Considerații generale.....	273
12.2. Definirea noțiunilor și a principalelor elemente componente ale unui WAMS	274
12.2.1. Scurt istoric	274
12.2.2. Definirea noțiunilor	275
12.2.3. Principale elemente componente ale unui sistem WAMS.....	278
12.3. Funcțiuni și oportunități ale utilizării sistemelor WAMS.....	281
12.4. Aplicații software avansate implementate în proiectele WAMS finanțate de guvernul SUA și beneficiile acestora	282
12.4.1. Componentele de bază ale unui sistem pe bază de sincrofazori	282
12.4.2. Aplicații software avansate dezvoltate în cadrul proiectelor finanțate....	283
12.4.2.1. Aplicații software on-line (aplicații în timp real extins).....	284
12.4.2.2. Aplicații software off-line (aplicații în afara timpului real) ...	286
12.4.3. Costuri și beneficii ale tehnologiilor și sistemelor de sincrofazori.....	287
12.4.3.1. Costuri	287

12.4.3.2. Beneficii ale tehnologiilor și sistemelor de sincrofazori	287
12.5. Maparea sistemelor WAMS în Modelul SGAM	288
12.5.1. Descrierea sistemelor	288
12.5.2. Setul de cazuri de utilizare de nivel înalt	288
12.5.3. Maparea în SGAM	288
12.5.3.1. Stratul componentelor (Component layer).....	288
12.5.3.2. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	289
12.5.3.3. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	290
12.5.3.4. Lista standardelor.....	290
12.6. Bibliografie	292
13. Controlul tensiunii și a fluxurilor de putere prin utilizarea sistemelor FACTS	293
13.1. Introducere	293
13.2. Dispozitive cu comutație statică.....	294
13.3. Compensatoare statice de putere reactivă (SVC)	295
13.3.1. Bobinele comandate cu tiristoare (TCR).....	295
13.3.2. Condensatoare comutate cu tiristoare (TSC).....	296
13.3.3. Bobinele comandate cu tiristoare asociate cu condensatoare fixe (FC/TCR).....	297
13.3.4. Bobinele comandate cu tiristoare asociate cu condensatoare comutate cu tiristoare (TCR + TSC).....	297
13.4. Compensator sincron static (STATCOM).....	299
13.5. Compensator serie comandat cu tiristoare (TCSC)	300
13.6. Compensator sincron static serie (SSSC)	301
13.7. Controler unificat de flux de putere (UPFC).....	302
13.8. Maparea sistemelor FACTS în Modelul SGAM	303
13.8.1. Descrierea sistemelor	303
13.8.2. Setul de cazuri de utilizare	304
13.8.3. Maparea în SGAM	304
13.8.3.1. Stratul componentelor (Component layer).....	304
13.8.3.2. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	305
13.8.3.3. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	305
13.8.3.4. Lista standardelor.....	305
13.9. Bibliografie	307
14. Automatizarea distribuției. Funcțiuni și date	309
14.1. Introducere	309
14.2. Elemente cu caracter general constatate la definirea conceptului și cerințelor de Automatizare a Distribuției	310
14.3. Definirea nucleului de funcțiuni principale de Automatizare a Distribuției.....	311
14.3.1. Principalele caracteristici ale funcțiunilor și interfețele implicate	311
14.3.2. Seturi principale de funcțiuni și legăturile dintre acestea.....	313
14.3.2.1. Seturi principale de funcțiuni.....	313
14.3.2.2. Setul de funcțiuni referitoare la Exploatarea rețelei.....	314
14.3.2.3. Setul de funcțiuni referitoare la Planificarea exploatării rețelei și optimizări	315
14.3.2.4. Setul de funcțiuni referitoare la Managementul mentenanței	315

14.3.2.5. Setul de funcțiuni referitoare la Managementul interfeței cu consumatorii și managementul sarcinii.....	316
14.3.2.6. Managementul datelor	316
14.3.2.7. Principalele legături între seturile de funcțiuni	316
14.4. Scopul funcțiunilor	318
14.4.1. Setul de funcțiuni de Exploatare a rețelei.....	318
14.4.1.1. Funcțiuni de control-comandă / conducere a rețelei	318
14.4.1.2. Funcțiuni de Monitorizare a funcționării rețelei	320
14.4.1.3. Funcțiuni de Management al incidentelor (defectelor)	323
14.4.2. Setul de funcțiuni de Planificare a exploatarei și optimizării.....	324
14.4.2.1. Funcțiuni de simulare a funcționării rețelei	324
14.4.2.2. Funcțiuni de programare a manevrelor	325
14.4.3. Setul de funcțiuni pentru Managementul mentenanței	325
14.4.3.1. Funcțiuni pentru analiza ulterioară a funcționării rețelei	326
14.4.3.2. Funcțiuni pentru Managementul lucrărilor de mentenanță ...	326
14.4.4. Setul de funcțiuni pentru Interfața cu consumatorii	327
14.4.4.1. Funcțiuni de citiri de la distanță.....	327
14.4.4.2. Funcțiuni pentru managementul sarcinii	327
14.4.4.3. Funcțiuni de management a informațiilor referitoare la întreruperi.....	328
14.5. Managementul datelor.....	329
14.6. Legături între date și funcțiuni	329
14.7. Lista funcțiunilor pentru Sistemul de Automatizare a Distribuției.....	329
14.8. Bibliografie	334
15. Integrarea pe scară largă a resurselor regenerabile și a generării distribuite	335
15.1. Introducere	335
15.2. Definierea noțiunilor de Surse de Energie Regenerabile, Generare Distribuită și Resurse de Energie Distribuite	336
15.3. Politici și directive ale Uniunii Europene în domeniul utilizării surselor regenerabile de energie.....	341
15.3.1. Motivele promovării surselor regenerabile de energie	341
15.3.2. Obiectivele țintă pentru țările UE privind Protocolul de la Kyoto	344
15.3.3. Obiectivele țintă pentru țările UE privind aportul de energie din surse regenerabile în consumul final de energie primară.....	345
15.3.4. Obiectivele țintă pentru țările UE privind energia electrică produsă din surse regenerabile de energie	346
15.3.5. Europa, consumatoare de energie 100 % regenerabilă ?	348
15.3.6. Politica României în domeniul utilizării resurselor regenerabile de energie.....	348
15.4. Stadiul actual în domeniul utilizării energiilor regenerabile	350
15.4.1. Capacități instalate în centrale electrice eoliene.....	350
15.4.2. Capacități instalate în centrale fotovoltaice.....	352
15.4.3. Capacități instalate în România în centrale electrice pe bază de energii regenerabile.....	353
15.4.3.1. Centrale electrice eoliene	353
15.4.3.2. Centrale electrice fotovoltaice	354

15.4.3.3. Capacități instalate în alte categorii de centrale electrice pe bază de energii regenerabile promovate prin certificate verzi	355
15.5. Aspecte legate de integrarea în sistemele electroenergetice a E-SRE	356
15.5.1. Nivelul de penetrare a energiei electrice generate de centralele eoliene și fotovoltaice	356
15.5.2. Gradienții de creștere/scădere a producției centralelor eoliene din SEN ...	358
15.5.3. Aspecte tehnice ale integrării generării distribuite	360
15.5.3.1. Solicitări în regim normal de funcționare și în caz de scurtcircuite	361
15.5.3.2. Circulația puterii reactive și controlul tensiunii	361
15.5.3.3. Pierderi de energie electrică în rețelele electrice.....	362
15.5.3.4. Efecte asupra calității energiei electrice în rețelele electrice	362
15.5.3.5. Stabilitatea și capabilitatea unităților de DG de a face față perturbațiilor din rețeaua electrică.....	363
15.5.3.6. Aspecte privind protecția prin rele	363
15.5.3.7. Operații de insularizare și reconectare	364
15.5.3.8. Participarea la realizarea serviciilor de sistem	364
15.5.3.9. Siguranță în funcționare.....	367
15.6. Maparea Sistemelor de Operare a DER în Modelul SGAM.....	368
15.6.1. Aspecte cu caracter general.....	368
15.6.2. Descrierea sistemelor	369
15.6.3. Setul de cazuri de utilizare	369
15.6.4. Maparea în Modelul SGAM.....	369
15.6.4.1. Preambul	369
15.6.4.2. Stratul componentelor (Component layer).....	369
15.6.4.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	369
15.6.4.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer).....	372
15.6.4.5. Lista standardelor.....	373
15.7. Bibliografie	374
16. Stocarea energiei electrice în structuri Smart Grid	377
16.1. Necesitatea stocării energiei electrice în structurile Smart Grid.....	377
16.2. Stocarea energiei electrice în câmp electric sau în câmp magnetic	380
16.2.1. Supercondensatoare sau ultracondensatoare	380
16.2.2. Stocarea magnetică a energiei electrice în supraconductoare.....	381
16.3. Stocarea energiei electrice sub formă neelectrică (sub alte forme de energie) ...	382
16.3.1. Utilizarea bateriilor de acumulare (stocare chimică).....	382
16.3.1.1. Acumulatori cu plumb	383
16.3.1.2. Acumulatori alcaline	384
16.3.1.3. Acumulatori Li-ion.....	385
16.3.1.4. Acumulatori pe bază de sulfură de sodiu.....	385
16.3.1.5. Acumulatori cu flux de electrolit (REDOX)	387
16.3.2. Utilizarea volantului pentru stocarea de energie (FES).....	389
16.3.3. Stocare sub formă de energie potențială a apei	391
16.3.4. Stocare sub formă de aer comprimat (CAES)	392
16.3.5. Stocare sub formă de hidrogen și gaz natural sintetic	393
16.4. Privire generală asupra metodelor de stocare	394
16.5. Bibliografie	398

17. Concepte referitoare la Centrale Electrice Virtuale	401
17.1. Definierea noțiunii și a conceptului de Centrală Electrică Virtuală	401
17.2. Utilizarea conceptului de VPP pentru managementul centralizat la nivel de Operator de Sistem a E-SRE	416
17.2.1. Conceptul de VPP pe bază de SRE adoptat în Spania, Germania și Portugalia	416
17.2.2. Propunere de organizare a conducerii prin dispecer a centralelor electrice pe bază de SRE din România susținute prin sistemul de certificate verzi	418
17.3. Maparea Sistemelor DER EMS și VPP în Modelul SGAM	423
17.3.1. Aspecte cu caracter general	423
17.3.2. Descrierea sistemelor	423
17.3.3. Setul de cazuri de utilizare	423
17.3.4. Maparea în Modelul SGAM	425
17.3.4.1. Preambul	425
17.3.4.2. Stratul componentelor (Component layer)	425
17.3.4.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	426
17.3.4.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	426
17.3.4.5. Lista standardelor	427
17.4. Bibliografie	429
18. Concepte referitoare la Microgrids	431
18.1. Definierea noțiunii și a conceptelor de Microgrid și Smart Microgrid	431
18.2. Exemple de proiecte pilot/demonstrative de Microgrid / Smart Microgrid	447
18.3. Arhitectura de principiu și sistemele componente ale unui Smart Microgrid pentru alimentarea consumatorilor din stațiile electrice cu energie electrică produsă din surse regenerabile de energie	451
18.3.1. Sistemele componente ale Smart Microgrid	451
18.3.2. Configurația și schema de principiu a sistemului fotovoltaic	452
18.3.3. Sistemul eolian de producere de energie electrică	454
18.3.4. Sistemul de stocare a energiei electrice	455
18.3.5. Sistemul local de racordare a sistemelor de producere, stocare și de distribuție a energiei electrice la consumatori	458
18.3.6. Sistemul de monitorizare și comandă-control a Smart Microgrid	458
18.4. Bibliografie	459
19. Calitatea energiei electrice și Smart Grids	461
19.1. Calitatea energiei electrice în contextul definirii conceptului de Smart Grids	461
19.2. Aspecte generale privind calitatea energiei electrice	461
19.3. Componentele calității energiei electrice	466
19.4. Perturbațiile electromagnetice care afectează calitatea energiei electrice	466
19.5. Măsurarea și monitorizarea calității energiei electrice	469
19.5.1. Aspecte generale	469
19.5.2. Lanțul de măsurare	470
19.5.3. Monitorizarea calității energiei electrice	471
19.5.3.1. Obiectivele monitorizării	471
19.5.3.2. Sistemul de monitorizare a calității energiei electrice al CN Transelectrica	472

19.6. Piața pentru calitatea energiei electrice	477
19.7. Maparea Sistemelor de Control a Calității Energiei Electrice în rețelele electrice de distribuție în Modelul SGAM.....	478
19.7.1. Aspecte cu caracter general.....	478
19.7.2. Descrierea sistemelor	479
19.7.3. Setul de cazuri de utilizare	479
19.7.4. Maparea în Modelul SGAM.....	479
19.7.4.1. Preambul.....	479
19.7.4.2. Stratul componentelor (Component layer).....	480
19.7.4.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	481
19.7.4.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	481
19.7.4.5. Lista standardelor.....	482
19.8. Bibliografie	483
20. Tehnologiile “Custom Power”. Energie Premium și “Premium Power Park”	485
20.1. Definirea noțiunilor.....	485
20.2. Tipuri de dispozitive „Custom Power”.....	486
20.3. Dispozitive “Custom Power” de reconfigurare a rețelei electrice	487
20.3.1. Întreruptoare de transfer statice.....	487
20.3.2. Limitator static de curent de defect	488
20.3.3. Întreruptor static a curentului de defect.....	489
20.3.4. Comutator electronic/static de ploturi	489
20.4. Dispozitive “Custom Power” de compensare a puterii reactive și armonicelor	490
20.4.1. Compensatoare statice de putere reactivă (SVC)	490
20.4.2. Compensatoare statice sincrone pentru rețele de distribuție (D-STATCOM)....	490
20.4.3. Compensator Static Serie (SSC)	491
20.4.4. Controler/compensator unificat de calitate a energiei electrice (UPQC) ...	492
20.4.5. Sisteme de alimentare de rezervă cu energie stocată.....	493
20.5. Aplicații ale Custom Power Devices	494
20.6. Exemple de Parcuri de Energie Premium.....	495
20.7. Bibliografie	499
21. Rețele de distribuție active	501
21.1. Aspecte cu caracter general privind „activarea” rețelelor electrice de distribuție.....	501
21.2. Definirea Rețelelor de Distribuție Active de către Grupul de Lucru CIGRE C6.11	506
21.3. Managementul rețelelor electrice de distribuție active	510
21.3.1. Situația existentă	510
21.3.2. Evoluția sistemelor electrice de distribuție	512
21.3.3. Strategie de control tehnic pentru Managementul Sistemelor de Distribuție Active	515
21.4. Utilizarea tehnologiei MAS în cazul rețelelor de distribuție active.....	516
21.5. Auto-vindecarea rețelelor electrice de distribuție.....	517
21.5.1. Aspecte cu caracter general.....	517
21.5.2. Localizarea și izolarea defectelor și restaurarea alimentării.....	518
21.5.2.1. Localizarea defectului.....	519
21.5.2.2. Izolarea defectului și restaurarea alimentării cu energie electrică.....	519

21.5.2.3. Exemplu de aplicație de localizare și izolare a defectelor și de restaurare a alimentării cu energie electrică	519
21.5.2.4. Exemplu de aplicație de automatizare a schemei de alimentare cu energie electrică	522
21.6. Maparea Sistemului de Automatizare a Fiderilor în Modelul SGAM	524
21.6.1. Descrierea sistemului	524
21.6.2. Setul de cazuri de utilizare	524
21.6.3. Maparea în Modelul SGAM.....	524
21.6.3.1. Preambul.....	524
21.6.3.2. Stratul componentelor (Component layer).....	525
21.6.3.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	525
21.6.3.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	526
21.6.3.5. Lista standardelor.....	527
21.7. Bibliografie.....	527
22. Managementul dinamic a sarcinii	531
22.1. Introducere	531
22.2. Demand Side Management (DSM)	534
22.2.1. Aspecte cu caracter general.....	534
22.2.2. Sisteme autonome de Demand Side Management	536
22.2.2.1. Introducere.....	536
22.2.2.2. Categoriile de abordări a DSM	537
22.2.2.3. Sisteme autonome de Demand Side Management	538
22.3. Demand Response (DR).....	539
22.4. Bibliografie	547
23. Smart Metering	549
23.1. Definierea termenului de Smart Metering.....	549
23.2. Elementele componente ale sistemelor de Smart Metering.....	553
23.2.1. Dispozitivul de contorizare și dispozitivele asociate.....	554
23.2.2. In-House Display	555
23.2.3. Mecanisme de feedback pentru eficientizarea consumului	556
23.2.4. Infrastructura de comunicații și de procesare a datelor	557
23.3. Politici și concepte de securitate generală	559
23.3.1. Principii de securitate	559
23.3.2. Concept de securitate	560
23.3.3. Aspecte privind politica de securitate	561
23.4. Recomandările Comisiei Europene din 9 martie 2012 privind pregătirile pentru introducerea sistemelor de Smart Metering	561
23.4.1. Introducere	561
23.4.2. Recomandări cu caracter general cu privire la securitatea și protecția datelor	562
23.4.3. Cerințe funcționale minime comune aplicabile sistemelor de Smart Metering	563
23.4.4. Considerații privind preluarea cerințelor funcționale minime în reglementările ANRE	565
23.5. Costuri potențiale pentru implementarea sistemelor de Smart Metering.....	567

23.6. Maparea sistemelor AMI în Modelul SGAM.....	569
23.6.1. Aspecte cu caracter general.....	569
23.6.2. Descrierea sistemelor AMI.....	569
23.6.3. Setul de cazuri de utilizare	570
23.6.4. Maparea în Modelul SGAM.....	571
23.6.4.1. Preambul.....	571
23.6.4.2. Stratul componentelor (Component layer).....	571
23.6.4.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	572
23.6.4.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	573
23.6.4.5. Lista standardelor.....	574
23.7. Maparea sistemelor de Back Office legate de contorizare	575
23.7.1. Aspecte cu caracter general.....	575
23.7.2. Descrierea sistemelor	576
23.7.3. Setul de cazuri de utilizare	576
23.7.4. Maparea în Modelul SGAM.....	576
23.7.4.1. Preambul.....	576
23.7.4.2. Stratul componentelor (Component layer).....	576
23.7.4.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	578
23.7.4.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	578
23.7.4.5. Lista standardelor.....	578
23.8. Bibliografie.....	580
24. Conceptul de Plug-In Electric Vehicles	581
24.1. Considerații generale privind vehiculele electrice și raportul lor cu Smart Grids	581
24.2. Infrastructura de încărcare a vehiculelor electrice.....	584
24.2.1. Tipuri de moduri de încărcare	584
24.2.2. Conectoare	585
24.2.3. Durata de încărcare	586
24.2.4. Puncte de încărcare	587
24.3. Integrarea vehiculelor electrice în structura Smart Grid.....	588
24.4. Bibliografie.....	589
25. Concepte de Home Area Network și Smart Home	591
25.1. Introducere	591
25.2. Definiții, caracteristici și funcționalități pentru Home Area Networks	592
25.3. Definiții, caracteristici și funcționalități pentru Smart Home.....	601
25.4. Maparea în SGAM a Sistemelor de Management a Prosumerilor Agregati.....	608
25.4.1. Descrierea sistemului	608
25.4.2. Setul de cazuri de utilizare	609
25.4.3. Maparea în Modelul SGAM.....	609
25.4.3.1. Preambul.....	609
25.4.3.2. Stratul componentelor (Component layer).....	610
25.4.3.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	610
25.4.3.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	612
25.4.3.5. Lista standardelor.....	612
25.5. Bibliografie	613

26. Noi elemente în piața de energie electrică	615
26.1. Componentele și actualii actori din piețele în domeniul energiei electrice din România	615
26.1.1. Piața de energie electrică.....	615
26.1.2. Piața de certificate verzi	618
26.2. Elemente noi în piața de energie electrică	619
26.3. Maparea Sistemelor de Piață (Marketplace Systems) în Modelul SGAM	621
26.3.1. Aspecte cu caracter general.....	621
26.3.2. Descrierea sistemelor	622
26.3.3. Setul de cazuri de utilizare	622
26.3.4. Maparea în Modelul SGAM.....	623
26.3.4.1. Preambul	623
26.3.4.2. Stratul componentelor (Component layer).....	623
26.3.4.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	623
26.3.4.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	624
26.3.4.5. Lista standardelor.....	624
26.4. Maparea Sistemelor de Comercializare/Tranzacționare (Trading Systems)	625
26.4.1. Descrierea sistemelor AMI.....	626
26.4.2. Setul de cazuri de utilizare	626
26.4.3. Maparea în Modelul SGAM.....	627
26.4.3.1. Preambul	627
26.4.3.2. Stratul componentelor (Component layer).....	627
26.4.3.3. Stratul comunicațiilor (Communication layer)	628
26.4.3.4. Stratul Informațiilor/Datelor (Information/Data layer)	628
26.4.3.5. Lista standardelor.....	629
26.5. Bibliografie.....	630
27. Eficiența energetică și Smart Grids	631
27.1. Eficiența energetică în contextul Smart Grids	631
27.2. Metode și tehnici de creștere a eficienței energetice	634
27.3. Bibliografie	639