



MODELUL CONCEPTUAL AL UNIUNII EUROPENE PENTRU SMART GRID

Dr.ing. Fănică Vatră¹⁾ Dr.ing. Ana Poida¹⁾ Ing. Andreea Cristiana Vatră²⁾

¹⁾ SIER, București, tel.0722.361.954, e-mail:office@sier.ro

²⁾ Rodelta Power International, București, tel.0729.138.514, andreea.vatra@mailgate.ro

Summary: *The development of the concepts and architectures for a European Smart Grid is not a simple task, because there are various concepts and architectures, representing individual stakeholders' viewpoint. In order to develop the different viewpoints in an aligned and consistent manner, the EU Smart Grids Conceptual Model and Smart Grids Architecture Model (SGAM) Framework was introduced.*

This paper presents the main characteristics of Smart Grids Conceptual Model and Smart Grids Architecture Model Framework adopted by the EU.

Keywords: *EU Smart Grids Conceptual Model, EU Smart Grids Architecture Model Framework.*

1 CONTEXTUL ELABORĂRII MODELULUI CONCEPTUAL EUROPEAN

Sistemul European de Energie Electrică este în curs de schimbare de paradigmă, acesta fiind afectat de schimbarea de la un sistem centralizat clasic și cu un lanț al producției de energie electrică de sus în jos de la "Generare" la "Transport (*Transmission*)", "Distribuție" și "Consum", la un sistem mai descentralizat, în care participanții schimbă dinamic rolurile lor și interacționează cooperativ. Dezvoltarea conceptelor și a arhitecturilor pentru realizarea de „Smart Grids” în Uniunea Europeană nu este o sarcină simplă, deoarece există diferite concepte și arhitecturi ce reprezintă o multitudine de puncte de vedere individuale ale părților interesate [1, 2, 3].

În anul 2009, *National Institute of Standards and Technology* (NIST) din SUA a introdus **Modelul Conceptual pentru Smart Grid** [4, 5, 6], adoptat în anul 2010 ca Model de referință în SUA, ce oferă un cadru pentru *Smart Grid* care definește la nivel înalt șapte domenii (*Generare în cantități/centrale mari - Bulk Generation, Transport, Distribuție, Clienți, Operațiuni, Piețe și Furnizori de servicii*) și prezintă toate fluxurile de comunicații și de energie electrică ce conectează fiecare domeniu, precum și modul în care acestea sunt interdependente.

În scopul de a dezvolta diferitele puncte de vedere individuale într-o manieră coerentă și conformă situației din Uniunea Europeană, în anul 2012 a fost elaborat **Modelul Conceptual pentru Smart Grid al Uniunii Europene**. El se bazează pe Modelul NIST care este utilizat cu unele particularizări și extensii în ceea ce privește cerințele europene generale.

2 MODELUL CONCEPTUAL AL UNIUNII EUROPENE PENTRU SMART GRIDS

Pentru integrarea „*Resurselor de Energie Distribuite*” (DER - *Distributed Energy Resources*) în

Modelul NIST, acesta a fost extins cu un nou Domeniu, și anume **Domeniul Resurselor de Energie Distribuite** (*Distributed Energy Resources Domain*) care este, din punctul de vedere al energiei electrice și al comunicațiilor, conectat cu alte domenii din Modelul NIST așa cum rezultă din figura 1 [1].

Extensia modelului NIST cu un nou domeniu (*DER Domain*) s-a considerat că este necesară din următoarele motive:

- *Resurse de Energie Distribuite* (DER) au nevoie de o nouă clasă de cazuri de utilizare;
- în scopul de a se conforma la reglementările și legislația viitoare anticipată, va fi necesar să se explicitizeze distinct *Resursele de Energie Distribuite*;
- *Resurse de Energie Distribuite* reprezintă situația actuală;
- un model consistent are nevoie de criterii clare pentru a separa noul Domeniu DER de Domeniile existente, în special de *Domeniul Generare în centrale mari (Bulk Generation)* și de *Domeniul Clienți*. În tabelul 1 [1] sunt prezentate criteriile inițiale de separare, și anume:
 - *Controlul* - Unitățile de generare din *Domeniul Clienți* nu pot fi controlate de la distanță de către un operator. Unitățile de generare din *Domeniul DER* și *Domeniul Generare în centrale mari* se află sub controlul unui operator, (comparabil cu controlabilitatea de astăzi a unităților mari de generare).
 - *Punctul de conectare* - Unitățile de generare din *Domeniul Generare în cantități mari* sunt conectate, predominant, la înaltă și foarte înaltă tensiune. Unitățile de generare din *Domeniul DER* sunt conectate, predominant, la medie tensiune (în unele cazuri și la joasă tensiune), iar unitățile de generare din *Domeniul Clienți* sunt conectate, predominant, la nivelul de joasă tensiune.

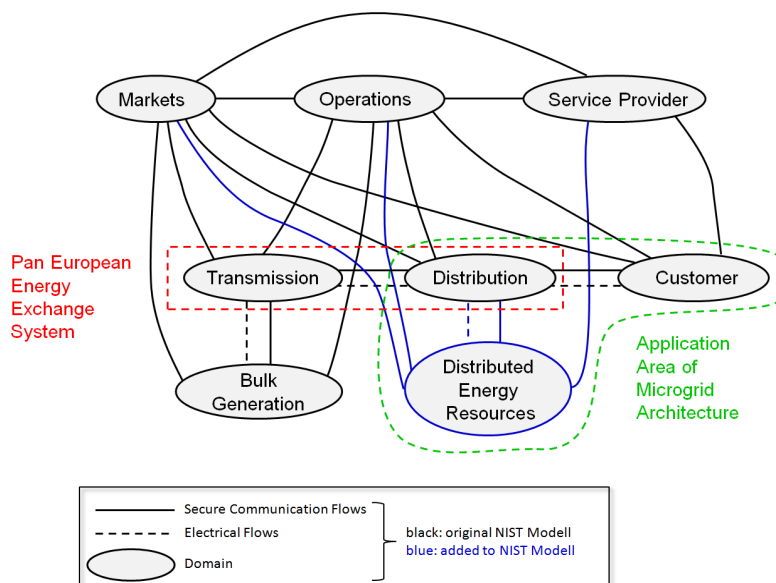


Fig. 1 - Modelul Conceptual al UE pentru *Smart Grids*.

Tabelul 1 - Criterii de separare pentru Domeniul DER.

Criteriul / Domeniu	Generare în cantități / centrale mari	Resurse de Energie Distribuite	Clienți
Controlul	Direct	Direct	Indirect
Punctul de conectare	Înaltă și foarte înaltă tensiune	Medie tensiune / joasă tensiune	Joasă tensiune

Figura 1 definește, de asemenea, scopul *Sistemului PAN European de Schimb de Energie (PAN European Energy Exchange System)*, precum și aria de aplicare a arhitecturii de “microsistem” (*microgrid architecture*):

- Aria de aplicare a conceptului de *microgrid* include *Domeniile Clienți, Distribuție și Resurse de Generare Distribuite*. Unul dintre obiectivele *microgrid* este de a se găsi un echilibru între producție și consum, pe cât posibil la nivel local, pentru a se evita pierderile din rețeaua electrică de transport și de a crește fiabilitatea rețelei electrice de transport prin serviciile de sistem ce pot fi oferite de generarea distribuită, cum ar fi rezerve pentru reglajul tensiune - putere reactivă sau al frecvenței.

Nu trebuie să se uite faptul că *Domeniul Clienți* în *Smart Grids* are capacitatea de a controla, în anumite limite, consumul de energie. În viitor, *Smart Grids* vor avea două posibilități de reglare: generarea și consumul de energie (sarcina) și un număr mare de noi grade de libertate pentru a se controla echilibrul de putere (stabilitatea frecvenței).

3 PLANUL SMART GRID AL MODELULUI ARHITECTURAL SMART GRID

În managementul unui sistem de energie electrică se face distincție între *procesul electric și managementul*

informațiilor. Acest lucru permite împărțirea *managementului proceselor electrice* în **Domenii fizice ale lanțului de conversie a energiei electrice și Zone (sau niveluri) ierarhice de management** a sistemului de energie electrică [1, 8, 9]. Aplicarea acestui concept la *Modelul Conceptual pentru Smart Grid* (figura 1) permite fundamentarea noțiunii de **Plan Smart Grid (SGAM Smart Grid Plane)**, ilustrat în figura 2 [1].

Pe una din axele/laturile *Planului Smart Grid* sunt situate **Domeniile Smart Grid (SGAM Domain)** care sunt legate fizic de rețeaua electrică (**Bulk Generation, Transmission, Distribution, DER, Customer Premises**), acestea fiind situate în ordinea *lanțului de conversie a energiei electrice*, așa cum este ilustrat în figura 2.

Pe cea de-a doua axă/latură a *Planului Smart Grid* sunt situate **Zonele (nivelurile) ierarhice specifice managementului sistemului de energie electrică (SGAM Zone)**, și anume **Zonele: Process, Field, Station, Operation, Enterprise și Market**, așa cum este ilustrat în figura 2.

Planul Smart Grid permite reprezentarea în care între **Zonele (nivelurile) ierarhice ale managementului sistemului de energie electrică** au loc interacțiuni între **Domenii**.

Domeniile conceptuale Operațiuni și Piețe, care sunt parte ale *managementului informațiilor (information management)* și reprezintă **Zone ierarhice specifice**,



sunt situate pe cea de-a doua axă/latură a *Planului Smart Grid*.

Domeniul conceptual *Furnizori de Servicii* reprezintă un grup de actori care au rol universal în

contextul *Smart Grid*. Aceasta înseamnă că un *Furnizor de Servicii* poate fi localizat în orice segment al *Planului Smart Grid*, în conformitate cu rolul pe care îl are într-un caz specific.

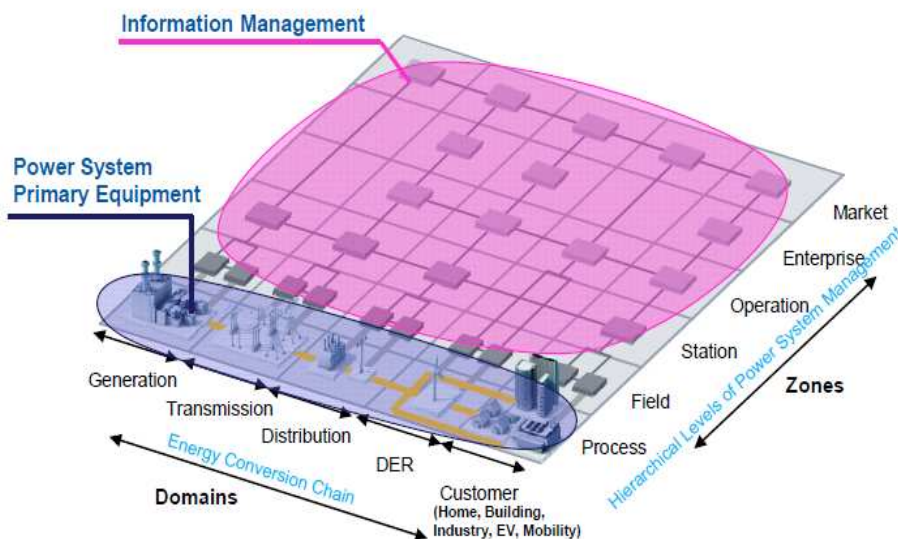


Fig. 2 - Planul Smart Grid.

4 DOMENIILE MODELULUI ARHITECTURAL SMART GRID

Așa cum se observă din figura 2, *Planul Smart Grid* acoperă întregul lanț de conversie a energiei electrice. Acesta include *Domeniile* descrise în tabelul 2 [1].

5 ZONELE MODELULUI ARHITECTURAL SMART GRID

Zonele Modelului Arhitectural Smart Grid (SGAM), situate pe a doua axă a *Planului Smart Grid* (figura 2), reprezintă *nivelurile ierarhice ale managementului sistemului de energie electrică* [7]. Aceste zone reflectă un model ierarhic care consideră conceptul de agregare și de separare funcțională în *managementul sistemului de energie electrică*. Ideea de bază a acestui model ierarhic este prevăzută în *Modelul de Referință Purdue (Purdue Reference Model)* pentru producerea de *sisteme integrate de calcul*, care a fost adoptat de standardul CEI 62264-1 pentru "*integrarea sistemelor de control ale întreprinderilor*" [8]. Acest model a fost aplicat și pentru *managementul sistemelor de energie electrică*. Acesta este descris în standardul CEI 62357 [10]

Conceptul de agregare consideră mai multe aspecte din *managementul sistemului de energie electrică*, și anume:

- *Agregarea datelor* - datele din "*zona câmp*" (*Field Zone*) sunt, de obicei, agregate sau concentrate în "*zona stație*" (*Station Zone*) în

scopul de a se reduce volumul de date care urmează să fie transmis și prelucrat în "*zona de operare*" (*Operation Zone*);

- *Agregarea spațială* - de la locații distincte la arii mai largi (de exemplu, echipamentele electrice de înaltă și medie tensiune sunt, de obicei, situate în celule, mai multe celule formează o stație electrică, mai multe resurse de energie distribuite (DER) formează o centrală electrică, contoarele de la resursele de energie distribuite de la sediile clienților sunt agregate/concentrate pe cartiere).

În plus, pentru agregarea partiționată pe *Zone* se aplică *conceptul de separare funcțională*. Funcțiuni diferite sunt atribuite *Zonelor* specifice. Motivul pentru această atribuire o constituie, de obicei, natura specifică a funcțiilor, dar și "filozofia" utilizatorului. Funcțiunile de timp-real sunt, de obicei, în *Zona Câmp* și *Zona Stație* (contorizare, protecție, măsurarea fazorilor, automatizare etc.). Funcțiunile care acoperă o arie, mai multe stații sau centrale electrice, cartierele orașului sunt, de obicei, situate în *Zona de Operare* (de exemplu, monitorizarea pe arie largă, planificarea generării, managementul sarcinii, echilibrarea, monitorizarea și controlul unor zone din rețelele electrice, managementul datelor de contorizare etc.). *Zonele SGAM* sunt descrise în tabelul 3 [1].

În general, organizațiile pot avea actori în mai multe domenii și zone. Ariile de activitate ale acestor actori pot



fi prezentate în *Planul Smart Grid*. De exemplu, în funcție de zona de afaceri a unei companii de transport de energie electrică, este probabil ca această companie să acopere toate segmentele domeniului de transport, de la *Zona de Proces* la *Zona de Piață*.

Un furnizor de servicii care oferă informații de

prognoză meteo pentru operatorii sistemului de distribuție și operatorii resurselor de energie distribuite ar putea fi localizat în *Zona de Piață*, interacționând cu *Zona de Operare* din *Domeniile Distribuție și DER*.

Tabelul 2 - Domeniile Modelului Arhitectural Smart Grid.

Domeniul	Descriere
Generare în cantități mari (Bulk Generation)	Reprezintă generarea de energie electrică în cantități mari, cum ar fi în centrale electrice pe combustibili fosili, centrale nucleare electrice, centrale hidroelectrice, centrale eoliene și centrale electrice solare (fotovoltaice sau termoelectrice), de obicei conectate la rețelele electrice de transport
Transport	Reprezintă infrastructura și organizația care transportă energie electrică la distanțe mari.
Distribuție	Reprezintă infrastructura și organizația care distribuie energie electrică la clienți.
Resurse de energie distribuite (DER)	Reprezintă resurse distribuite de energie electrică conectate direct la rețelele de distribuție publică, utilizând tehnologii de generare la scară mică a energiei electrice (de obicei, în intervalul de la 3 kW la 10 MW). Aceste resurse distribuite pot fi controlate direct de către Operatorul de Distribuție.
Sediul clienți (Customer Premises)	Cuprinde atât utilizatorii finali, cât și producători de energie electrică. Premisele includ instalații industriale, comerciale și casnice (de exemplu, uzine chimice, aeroporturi, porturi, centre comerciale, locuințe). De asemenea, cuprinde și generare, ca de exemplu generare fotovoltaică, microturbine eoliene, precum și stocare în vehicule electrice, baterii de acumulare etc.

Tabelul 3 - Zonele Modelului Arhitectural Smart Grid.

Zona	Descriere
Proces (Process)	Include transformările fizice, chimice sau spațiale ale energiei electrice (energie electrică, solară, termică, apă, vânt etc.), precum și echipamentele fizice direct implicate (de exemplu: generatoare, transformatoare, întreruptoare, linii aeriene, cabluri, sarcinile electrice și toate categoriile de senzori și de elemente de acționare (<i>actuator</i> - un tip de motor utilizat pentru deplasarea sau controlul unui mecanism sau sistem) care fac parte sau sunt conectate direct la proces etc.).
Câmp (Field)	Include echipamente de protecție, control și monitorizare a proceselor din sistemul de energie electrică, de exemplu, relee de protecție, controlere de celule, orice fel de dispozitive electronice inteligente (IED - <i>Intelligent Electronic Device</i>) care culeg și utilizează date de proces din sistemul de energie electrică.
Stație (Station)	Reprezintă nivelul de agregare pentru zona/nivelul câmp, de exemplu, concentrare de date, agregare funcțională, automatizarea stațiilor, sisteme SCADA locale, monitorizarea centralelor electrice etc.
Operare (Operation)	Include operațiunile de control a sistemului de energie electrică, de exemplu, sisteme DMS-SCADA de management centralizat a rețelelor/sistemelor de distribuție (DMS - Distribution Management System), sisteme EMS-SCADA de management centralizat a sistemelor de generare și de transport a energiei electrice (EMS - Energy Management System), sisteme de management pentru microgrid, sisteme de management pentru centrale electrice virtuale (agregare de mai multe unități de generare distribuită), sisteme de management pentru stații/sisteme de încărcare/alimentare a vehiculelor electrice.
Întreprindere (Enterprise)	Include procese comerciale și organizaționale, servicii și infrastructuri pentru întreprinderi (utilități, furnizori de servicii, comercianți de energie etc.), de exemplu, managementul activelor, logistica, managementul forței de muncă, formarea personalului, managementul relațiilor cu clienții, facturarea și achizițiile etc.
Piață (Market)	Reflectă operațiunile de piață posibile de-a lungul lanțului de conversie a energiei electrice, de exemplu, tranzacționarea energiei electrice, piața engro, piața cu amănuntul.

6 INTEROPERABILITATEA ÎN CONTEXTUL SMART GRID

Interoperabilitatea este văzută ca un factor-cheie al viitoarelor *Smart Grids*. Standardul CEI 61850:2010 [6] definește **interoperabilitatea** ca fiind *capacitatea a două sau mai multe dispozitive, de la un același furnizor sau de la diferiți furnizori, de a face schimb de informații și de a folosi aceste informații pentru o cooperare corectă*. Cu alte cuvinte, două sau mai multe sisteme (dispozitive sau componente) sunt interoperabile în cazul în care sunt capabile să efectueze în cooperare o funcție specifică utilizând informațiile care sunt schimbate între acestea. Acest concept este ilustrat în figura 3 [1].



Fig. 3 - Sisteme interoperabile ce realizează o funcție.

Fiind formulată într-un mod general, se consideră că definiția de mai înainte este valabilă și pentru *Smart Grid* [1].



În figura 4 [1] sunt ilustrate **Categoriile de interoperabilitate** și **elementele/aspectele transversale** definite de *GridWise Architecture Council* [11] care au fost avute în vedere de *CEN-CENELEC-ETSI Smart*

Grid Coordination Group, la definirea conceptului de *Model Arhitectural Smart Grid (SGAM - Smart Grid Architecture Model)*.

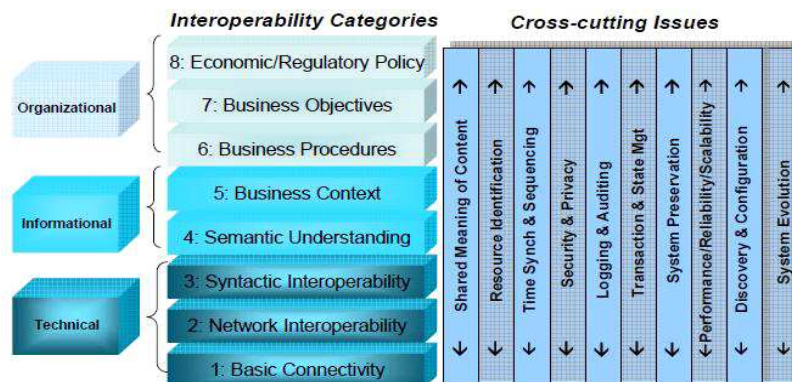


Fig.4 - Categoriile de interoperabilitate și elementele/aspectele transversale definite de *GridWise Architecture Council*.

După cum se observă, diferitele categorii de interoperabilitate sunt împărțite între trei “drive”: **“Tehnică”, “Informațional” și “Organizațional”**.

Așa cum rezultă din figura 4, la realizarea interoperabilității trebuie să fie luate în considerare și convenite și **elementele/aspectele transversale**. Acestea pot afecta, într-o anumită măsură, mai multe sau toate categoriile de interoperabilitate. Elementele/ aspectele transversale tipice sunt: **securitatea cibernetică** (*cyber security*), **ingineria** (*engineering*), **configurarea** (*configuration*), **eficiența energetică** (*energy efficiency*), **performanța** (*performance*) și **alte** (a se vedea figura 4).

În scopul de a permite o prezentare clară și o manipulare simplă a *Modelului Arhitectural Smart Grid (SGAM)*, categoriile de interoperabilitate de mai sus au fost agregate/grupate în cinci **straturi de interoperabilitate abstracte**, așa cum este ilustrat în figura 5 [1].

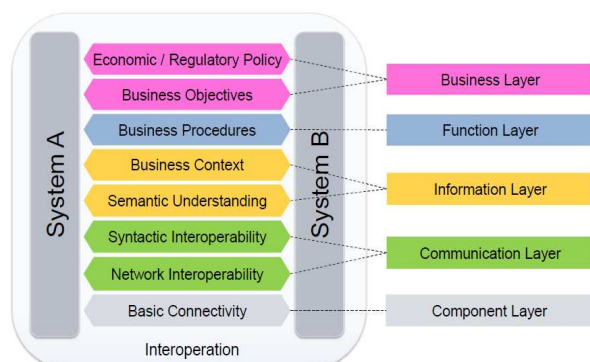


Fig.5 - Gruparea categoriilor de interoperabilitate pe straturi/niveluri de interoperabilitate.

Stratul afacerilor (Business Layer) reprezintă a “vedere” a afacerilor (*business view*) asupra schimbului

de informații referitoare la *Smart Grid*. SGAM poate fi utilizat pentru a mapa/reprezenta structuri și politici de reglementare și economice (de piață), modele de afaceri, portofolii de afaceri (produse și servicii) ale părților implicate în piață. De asemenea, în acest strat pot fi reprezentate și capacitățile de afaceri și procesele de afaceri. În acest fel, se sprijină executivii din afaceri în luarea deciziilor cu privire la (noi) modele de afaceri și proiecte specifice de afaceri (*caz de afaceri*), precum și Autoritățile de Reglementare în definirea de noi modele de piață.

Stratul funcțiilor (Function Layer) descrie funcțiile și serviciile, inclusiv relațiile lor din punct de vedere arhitectural (*architectural viewpoint*). Funcțiile sunt reprezentate independent de actori și de implementările fizice în aplicații, sisteme și componente. Funcțiile sunt obținute prin extragerea funcționalității “cazului de utilizare”, care este independent de actori.

Stratul Informațiilor (Information Layer) descrie informațiile care sunt utilizate și schimbate între funcțiuni, servicii și componente. Acesta conține **obiecte de informații** (*information objects*) și stau la baza **modelelor de date canonice** (*canonical data models*). Aceste **obiecte de informații** și **modele de date canonice** reprezintă semantici comune pentru funcțiuni și servicii, în scopul de a se permite un schimb de informații interoperabile prin mijloacele de comunicație.

Stratul Comunicațiilor (Communication Layer) descrie **protocoalele** și **mecanismele de schimb** interoperabil a informațiilor între componente în contextul “cazului de utilizare”, funcțiilor sau a serviciilor și legat de **obiectele de informații** sau de **modelele de date**.

Stratul Componentelor (Component Layer) descrie distribuția fizică a tuturor componentelor care participă în contextul *Smart Grid*. Acesta include actorii, aplicațiile, echipamentele primare ale sistemului/rețelei de energie electrică (de obicei situate la *nivel proces* și *nivel câmp*), dispozitive de protecție și de telecomandă, infrastructura de rețea de comunicații și de sistem informatic (conexiuni de comunicații cu și fără fir, routere, switch-uri, servere și orice fel de calculatoare).

7 CADRUL MODELULUI ARHITECTURAL SMART GRID

Cadrul SGAM (Smart Grid Architecture Model Framework) a fost stabilit prin fuzionarea conceptului de *Straturi de Interoperabilitate (SGAM Interoperability Layer)* cu *Planul Smart Grid*. Această fuziune are ca rezultat un model tridimensional, ilustrat în figura 6 [1], cele trei axe ale modelului reprezentând:

- *Domeniile Smart Grid;*
- *Zonele de management a informațiilor;*
- *Straturile de interoperabilitate.*

Format din cinci *Straturi de interoperabilitate*, **Cadrul SGAM** permite reprezentarea entităților și a relațiilor acestora în contextul *Domeniilor Smart Grid* și al *Zonelor* de management a informațiilor, cu luarea în considerare a aspectelor de interoperabilitate.

Fiecare *strat/nivel de interoperabilitate* se referă la **Planul Smart Grid**, care este format de **Domenii electrice** și **Zone de management a informațiilor**. Intenția acestui model este de a se reprezenta în care *Zone de management al informațiilor* au loc interacțiuni între *Domeniile Smart Grid*.

Metodologia de utilizare a **Cadrului SGAM** este descrisă în [1], în [12] fiind prezentate exemple de mapare/reprezentare a *Sistemelor Smart Grids* în **Modelul Arhitectural Smart Grid (SGAM)**, cu punerea în evidență a standardelor de interoperabilitate care se aplică în fiecare caz în parte. Cea mai mare parte a acestor exemple sunt preluate și în [2].

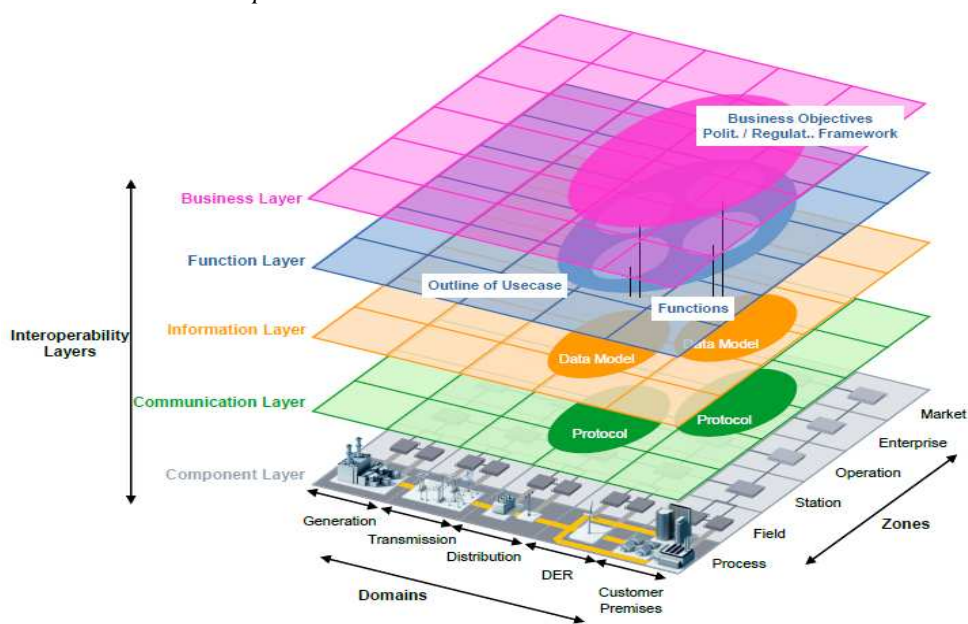


Fig. 6 - Cadrul Modelului Arhitectural Smart Grid.

8 ELEMENTELE/ASPECTELE TRANSVERSALE ȘI SGAM

Ca urmare a adoptării conceptului de categorii de interoperabilitate, elementele transversale se aplică în același mod la straturile de interoperabilitate abstractizate. În figura 7 [1] se prezintă relația elementelor transversale cu cele cinci straturi de interoperabilitate abstractizate, iar în figura 8 [1] se prezintă impactul elementelor transversale asupra straturilor de interoperabilitate individuale din cadrul general SGAM de perspectivă.

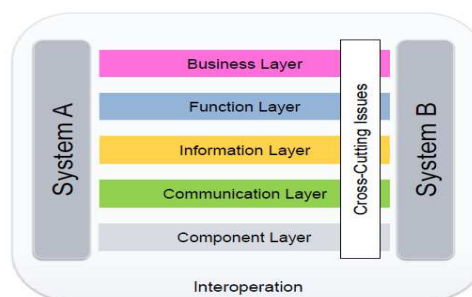


Fig. 7 - Nivelurile de interoperabilitate și elementele/aspectele transversale.

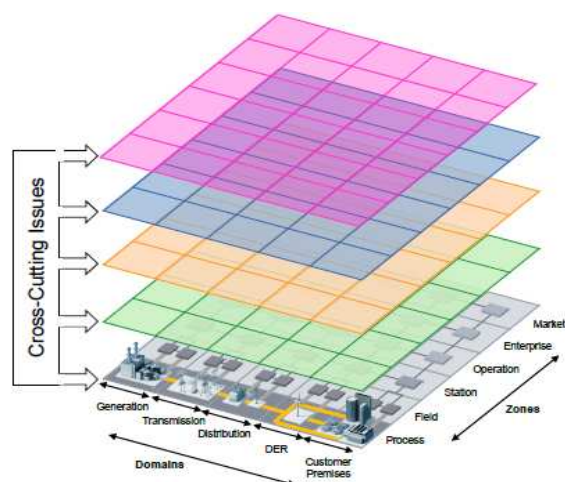


Fig.8 - Impactul elementelor/aspectelor transversale asupra straturilor de interoperabilitate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group - *Smart Grid Reference Architecture*, November 2012.
- [2] Vatră F., Postolache P., Vatră C. A., Poida A. - *Smart Grids. Introducere pentru profesioniști*. Editura SIER, București, august 2014.
- [3] Vatră F. - *Modelul Conceptual European pentru Smart Grids. Arhitectura de Referință pentru Smart Grids. Secțiunea 1 din Modul 2 - Dezvoltarea unor noi infrastructuri de rețele electrice. Optimizarea funcționării, utilizării și mentenanței rețelelor electrice. Vulnerabilitatea și securitatea Smart Grid. Automatizarea și cibernetizarea rețelelor electrice*. Note de Curs din cursul *Smart Grids*, organizat de SIER în anii 2013-2014.
- [4] *NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0*. - NIST Special Publication 1108, National Institute of Standards and Technology - U.S. Department of Commerce, January 2010.
- [5] *NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 2.0*. - NIST Special Publication 1108R2, National Institute of Standards and Technology - U.S. Department of Commerce, February 2012.
- [6] Vatră F., Poida A. - *Modelul conceptual pentru Smart-Grids adoptat în SUA*. Simpozionul Național de Informatică, Automatizări și Telecomunicații în Energetică -SIE 2012, Sinaia, 24-26 Octombrie 2012.
- [7] CEI 62357-1, TR Ed.1:2011 - *Reference architecture for power system information exchange*
- [8] CEI 62264:2003 - *Enterprise-control system integration*.
- [9] CEI 62357-1:2012 - *Power systems management and associated information exchange - Part 1: Reference architecture*.
- [10] CEI 62357-1:2012 - *Power systems management and associated information exchange - Part 1: Reference architecture*.
- [11] *GridWise Interoperability Context-Setting Framework* (March 2008), GridWise Architecture Council, online: www.gridwiseac.org/pdfs/.
- [12] CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group - *First Set of Standards*, November 2012.



**Simpozionul Național de
Informatică, Automatizări și Telecomunicații
în Energetică**

Sinaia, 25 - 27 Octombrie 2023

