



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ & ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**Conceptual Framework, Interoperability, Active Standards &
Network Architecture for Smart Energy Grids**

Κωνσταντίνος Δεμερτζής, ΑΜ:10030

Επιβλέπων: Επίκουρος Καθηγητής, Δρ Χαράλαμπος Σκιάνης

Σάμος, Φεβρουάριος 2012



Conceptual Framework, Interoperability, Standards & Network Architecture for Smart Energy Grids

Δεμερτζής Κωνσταντίνος

Copyright © Δεμερτζής Κωνσταντίνος, 2012
Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

Πανεπιστήμιο Αιγαίου - Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων



Conceptual Framework, Interoperability, Active Standards & Network Architecture for Smart Energy Grids

Κωνσταντίνος Δεμερτζής, AM:10030



ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΩΝ

Μόνιμος Επίκουρος Καθηγητής Δρ Χαράλαμπος Σκιάνης, Επιβλέπων
Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Επίκουρος Καθηγητής Δρ Δημοσθένης Βουγιούκας, Μέλος
Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Λέκτορας, Δρ Μαραγκουδάκης Εμμανουήλ, Μέλος
Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Η διπλωματική εργασία παρουσιάστηκε ενώπιον του διδακτικού προσωπικού του Πανεπιστημίου Αιγαίου σε μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης (ΜΔΕ) στις Τεχνολογίες Δικτύων Επικοινωνιών και Υπολογιστών.



Στην σύζυγο μου Έφη και τα παιδιά μου Βίκυ και Σταύρο



Ευχαριστίες

Κλείνοντας έναν από τους σπουδαιότερους κύκλους της ζωής μου, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω ένα σύνολο μοναδικών ανθρώπων, που έμπρακτα συνέβαλαν στην προσπάθεια μου να ολοκληρώσω το Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών στις Τεχνολογίες Δικτύων Επικοινωνιών και Υπολογιστών, του Τμήματος Μηχανικών και Επικοινωνιακών Συστημάτων της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Κατ' αρχάς θα ήθελα να εκφράσω τον απέραντο θαυμασμό και τις ειλικρινές μου ευχαριστίες, στον Διευθυντή του Μεταπτυχιακού Προγράμματος, Διδάσκοντα και Επιβλέπων της παρούσας εργασίας, Μόνιμο Επίκουρο Καθηγητή Δρ Χαράλαμπο Σκιάνη. Ο Μόνιμος Επίκουρος Καθηγητής Δρ Χαράλαμπος Σκιάνης, ξεπερνώντας οποιαδήποτε τυπικότητα επιβάλει η θέση του, μου έδειξε απεριόριστη εμπιστοσύνη και κατανόηση, σε συγκινητικό βαθμό, γεγονός που μου εξασφάλισε τα εχέγγυα αλλά και με πείσωσε πραγματικά στο να υπερβάλω εαυτόν. Η πολύπλευρη καθοδήγηση και συμπαράσταση του, τόσο στο επίπεδο της διδασκαλίας όσο και στο επίπεδο της διπλωματικής εργασίας, συνέβαλε σημαντικά στην επιτυχή κατάληξη της προσπάθειας μου. Αισθάνομαι τυχερός που τον συνάντησα, υπερήφανος που τον γνώρισα και ευγνώμων για όσα μου πρόσφερε.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσημα το σύνολο του διδακτικού προσωπικού, το οποίο με αναγνώρισε ως φοιτητή, με καθοδήγησε στις τυχόν αδυναμίες μου, μου συμπαραστάθηκε στα προβλήματα μου και κατάφερε με τις ικανότητες και τις εμπειρίες του, να μου μεταδώσει ένα μοναδικό σύνολο πολυδιάστατων γνώσεων.

Οι συνάδελφοι συμφοιτητές του τμήματος, κατέχουν και θα κατέχουν ξεχωριστή θέση στην καρδιά μου καθώς αποτελούν πλέον κομμάτι της ιστορίας μου. Τους ευχαριστώ όλους και έναν – έναν ξεχωριστά.

Η κόρη μου Βίκυ και ο γιος μου Σταύρος, θεωρώ ότι με στερήθηκαν τα τελευταία σχεδόν 2 χρόνια. Η αγάπη τους, η στοργή τους και τα χαμόγελα τους, μου δώσανε απίστευτο κουράγιο και δύναμη κάθε φορά που κάτι δεν πήγαινε και τόσο καλά. Ελπίζω να μου συγχώρεσαν τις γκρίνιες και τις παρατηρήσεις μου για ησυχία, αλλά και τις αρνήσεις μου σε βόλτες και παιχνίδια. Η λέξη λατρεία είναι μικρή να περιγράψει το τι νιώθω γι αυτά.

Τέλος, τίποτα δεν θα είχα καταφέρει εάν δεν είχα αμέριστη και διαρκή συμπαράσταση από την σύζυγο και γυναίκα της ζωής μου, Έφη. Από το πρώτο μου ταξίδι στην Σάμο, ήταν στο πλευρό μου, να με στηρίζει, ενθαρρύνει, να με εμψυχώνει. Ανέχτηκε υπομονετικά τις γκρίνιες και τα προβλήματα μου, την απόσταση, τις ταλαιπωρίες, τις οικονομικές δυσχέρειες. Στάθηκε δίπλα μου με χαμόγελο,



αναλαμβάνοντας όλες τις υποχρεώσεις της οικογένειας, προκειμένου να χω τον χρόνο να ασχοληθώ με τις σπουδές μου. Της αφιερώνω λοιπόν αυτή την μελέτη με όλη μου την αγάπη και την αφοσίωση.



Περίληψη

Οι ραγδαίες εξελίξεις των τεχνολογιών πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών των τελευταίων χρόνων, έχουν δημιουργήσει τις βάσεις για περαιτέρω εξέλιξη σε κάθε πτυχή της δραστηριότητας του σύγχρονου ανθρώπου. Παραδοσιακοί τομείς συμβατικής λειτουργίας αποτελούν πλέον, πεδίο συγχρονισμένης δράσης και έρευνας, για την μετατροπή και αναβάθμιση τους, στους πλέον τεχνολογικά ενήμερους.

Μετουσιώνοντας την παραπάνω διαπίστωση, τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελούν το σημείο τριβής, στην εποχή της κατασπατάλησης των φυσικών πόρων, της επιβάρυνσης του πλανήτη με την καταστροφή του κλίματος και της οικονομικής λιτότητας, καθώς μπορούν να αποτελέσουν την αφετηρία ανάπτυξης μιας νέας εποχής. Έτσι, ένα από τα ουσιαστικότερα και πιο μεγαλεπήβολα έργα σε παγκόσμιο επίπεδο, αποτελεί η μετάβαση και αναβάθμιση των εν γένει παλαιών υποδομών, σε ένα νέο αμφίδρομο, διαδραστικό, «έξυπνο» μοντέλο παραγωγής, διαχείρισης και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Κοινός παρανομαστής όλων των παραπάνω, αποτελεί η ενεργειακή πληροφορία και η ψηφιακή ενεργειακή στρατηγική, η οποία με βάση την προτυποποίηση υπηρεσιών, διαδικασιών και εξοπλισμού, με σαφή και προσδιορισμένο καθορισμό των εν γένει απαιτήσεων και με υιοθέτηση διαλειτουργικών πρακτικών που θα ενσωματώσουν ομαλά ανομοιογενείς υποδομές, θα συντελέσουν στην μετάβασή προς τις ψηφιακές πλέον ενεργειακές υπηρεσίες επιπέδου ευφυών ηλεκτρικών δικτύων (Smart Energy Grid).

Στην παρούσα εργασία γίνεται μια παρουσίαση της τεχνολογίας των έξυπνων δικτύων, του εννοιολογικού πλαισίου λειτουργίας τους, της σημασίας αλλά και του τρόπου επίτευξης διαλειτουργικότητας μεταξύ των υποδομών, των ενεργών προτύπων που έχουν πιστοποιηθεί και των προτεινόμενων αρχιτεκτονικών σχεδίασης.



Abstract

The rapid development of information technology science and the improvements on telecommunications, that took place in the past decade, had set the cornerstone decade for further development in every aspect of activities of the modern man. The traditional sectors of conventional operations are now a field of synchronized action and research in order to upgrade and customize them by the technologically aware.

With the above in mind, electrical power networks are the point of interest and hopefully the dawn of a new era, in a time when all natural resources are mismanaged, earth's climate is degenerating rapidly and a financial frugality is upon us globally. Thus, the transmission and upgrade of the old-fashioned structures in a new smart, bidirectional and interactive model of production, management, transmission and distribution of electrical power, are extremely substantial.

Energetic information and digital energetic strategy is the reference point for all the above which under the standardization of services and processes, with clear and oriented planning of requirements and the adaption of interoperability practices embed smoothly non-homogenous structures, will affect the transmission to the digital energetic services of smart energy grid.

In this thesis we present the smart energy grid technology, the conceptual framework about the operation, the conceptual model with 7 included domains, the actual meaning and the way interoperability will be achieved among infrastructure, active standards and certified models and suggested architectural schemas.



Πίνακας Περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	19
1.1	ΓΕΝΙΚΑ	19
1.2	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	20
1.3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	20
1.4	ΔΙΑΦΘΡΩΣΗ	21
2	CONCEPTUAL FRAMEWORK	22
2.1	ΟΡΙΣΜΟΣ	22
2.2	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	22
2.3	ΟΦΕΛΗ	23
2.3.1	Λειτουργικά	23
2.3.2	Οικονομικά	23
2.3.3	Αισθητικά	24
2.4	ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ	24
2.4.1	Διαδικαστικές	24
2.4.2	Τεχνικές	25
3	CONCEPTUAL MODEL	27
3.1	ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	27
3.2	DOMAINS	30
3.2.1	<i>Bulk Generation</i>	30
3.2.2	<i>Transmission</i>	31
3.2.3	<i>Distribution</i>	32
3.2.4	<i>Customer</i>	32
3.2.5	<i>Service provider</i>	33
3.2.6	<i>Operations</i>	34
3.2.7	<i>Markets</i>	35
4	INTEROPERABILITY	37
4.1	ΟΡΙΣΜΟΣ	37
4.2	ΕΠΙΠΕΔΑ	37
4.2.1	<i>Level 0, No Interoperability</i>	37
4.2.2	<i>Level 1, Technical Interoperability</i>	37
4.2.3	<i>Level 2, Syntactic Interoperability</i>	37
4.2.4	<i>Level 3, Semantic Interoperability</i>	37
4.2.5	<i>Level 4, Pragmatic Interoperability</i>	38
4.2.6	<i>Level 5, Dynamic Interoperability</i>	38



4.2.7	<i>Level 6, Conceptual Interoperability</i>	38
4.3	ΟΦΕΛΗ	39
4.4	ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ.....	39
5	STANDARDS	40
5.1	ΟΡΙΣΜΟΣ.....	40
5.2	ΣΚΟΠΟΣ	40
5.3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ	40
5.4	ΦΟΡΕΙΣ ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	41
5.4.1	<i>International</i>	42
5.4.2	<i>Regional (European)</i>	42
5.4.3	<i>Regional (USA)</i>	42
5.4.4	<i>National</i>	42
6	ACTIVE STANDARDS.....	43
6.1	ΓΕΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΕΞΥΠΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	43
6.1.1	<i>Security</i>	43
6.1.2	<i>Planning</i>	47
6.1.3	<i>Communications</i>	51
6.2	ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	61
6.2.1	<i>Smart transmission systems, Transmission Level Applications</i>	61
6.2.2	<i>Blackout Prevention/ Energy Management Solution (EMS)</i>	66
6.2.3	<i>Advanced Distribution Management</i>	73
6.2.4	<i>Distribution Automation</i>	78
6.2.5	<i>Smart Substation Automation – Process bus</i>	82
6.2.6	<i>Distributed Energy Resources</i>	86
6.2.7	<i>AMI for Billing & Network Management</i>	94
6.2.8	<i>Smart Metering</i>	101
6.2.9	<i>Demand Response/Load Management</i>	107
6.2.10	<i>Smart Home & Building Automation</i>	110
6.2.11	<i>Electric Storage</i>	114
6.2.12	<i>E-mobility</i>	116
6.2.13	<i>Condition Monitoring</i>	120
6.2.14	<i>Renewable Energy Generation</i>	122
6.3	ΓΕΝΙΚΕΣ ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	129
6.3.1	<i>EMC</i>	129
6.3.2	<i>LV Installation</i>	131
6.3.3	<i>Object Identification, Product Classification</i>	132
6.4	ΓΕΝΙΚΕΣ ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ	135
6.5	CORE STANDARDS	135
6.6	HIGHLY IMPORTANT STANDARD	136
7	NETWORK ARCHITECTURE	138
7.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	138



7.2	COMMON INFORMATION MODEL (CIM) – IEC 61970	138
7.2.1	<i>Next-generation CIM</i>	139
7.3	SOA – IEC 62357	140
7.4	GWAC STACK LAYER.....	141
7.5	MICROSOFT SMART ENERGY REFERENCE ARCHITECTURE (SERA)	144
8	ΣΥΝΟΨΗ.....	146
8.1	ΣΥΝΟΨΗ.....	146
8.2	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	146
8.3	ΕΠΕΚΤΑΣΗ.....	147
8.4	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	148
9	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	149
10	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	150
10.1	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Α» - GWAC STACK	150
10.2	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Β» - ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΑΝΑ DOMAIN	160
10.3	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ «Γ» - ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΡΟΤΥΠΩΝ	166



Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 - Εννοιολογικό Πλαίσιο Έξυπνων Δικτύων	28
Σχήμα 2 - Ανάλυση Επιπέδων Εννοιολογικού Πλαισίου	28
Σχήμα 3 - Λογικό Μονοπάτι Πληροφορίας	29
Σχήμα 4 - Πλήρη Ανάλυση Εννοιολογικού Πλαισίου	29
Σχήμα 5 - Τομέας Μαζικής Παραγωγής	30
Σχήμα 6 - Τομέας Μετάδοσης	31
Σχήμα 7 - Τομέας Διανομής.....	32
Σχήμα 8 - Τομέας Καταναλωτή.....	33
Σχήμα 9 - Τομέας Πάροχου Υπηρεσιών	34
Σχήμα 10 - Τομέας Διαχείρισης.....	35
Σχήμα 11 - Τομέας Αγοράς.....	36
Σχήμα 12 - Επίπεδα Διαλειτουργικότητας	38
Σχήμα 13 - Σενάριο Διαλειτουργικότητας Βάση του IEEE 2030.....	39
Σχήμα 14 - Διαδικασία Τυποποίησης.....	41
Σχήμα 15 - Ενδεικτικοί Φορείς Τυποποίησης	42
Σχήμα 16 - Προδιαγραφές απόδοσης σε σχέση με την τάση και τη συχνότητα ανεμογεννήτριας από την Σκανδιναβική Nordic Wind Power.....	48
Σχήμα 17 - Χαρακτηριστικά IEC 61850.....	57
Σχήμα 18 - Μοντελοποίηση Δεδομένων Βάση του IEC 61850.....	57
Σχήμα 19 - Λειτουργίες Σειράς Προτύπων IEC 61850.....	58
Σχήμα 20 - Επισκόπηση της προηγμένης EMS αρχιτεκτονικής.....	69
Σχήμα 21 - IEC 61968 Συμβατή Αρχιτεκτονική Διασύνδεσης	75
Σχήμα 22 - Smart Substation Automation – Process bus.....	82
Σχήμα 23 - Interface of Substation Automation.....	84
Σχήμα 24 - Communication and Control of a DER.....	91



Σχήμα 25 - ECP of a DER	92
Σχήμα 26 - Ενδεικτικό Σχήμα Διασύνδεσης Καταναλωτή	110
Σχήμα 27 - Οντολογίες CIM	139
Σχήμα 28 - Next-generation CIM	139
Σχήμα 29 - SOA – IEC 62357	141
Σχήμα 30 - GWAC Stack Layer	141
Σχήμα 31 - GWAC Stack Layer Analysis	142
Σχήμα 32 - GWAC Stack Layer Example.....	143
Σχήμα 33 - Cross Cutting GWAC Stack Layer	144
Σχήμα 34 - Microsoft SERA	144
Σχήμα 35 - Ενδεικτικό Σχήμα Χρήσης Λογισμικού SERA.....	145
Σχήμα 36 - Ενεργειακό Σύστημα Διαχείρισης Βάση Τεχνολογιών SERA.....	145
Σχήμα 37 - Ευρωπαϊκό Χρονοδιάγραμμα Σχεδιασμού των Έξυπνων Δικτύων	147
Σχήμα 38 - Interactive Search Tool της IEEE Smart Grid	148



Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 - Πρότυπα σειράς IEC 61968 και οι λειτουργίες τους Σειράς	75
Πίνακας 2 - Core Standards	135
Πίνακας 3 - Highly Important Standards	136
Πίνακας 4 - Standards Profile for Operations Domain	150
Πίνακας 5 - Standards Profile for Markets Domain	151
Πίνακας 6 - Standards Profile for Service Provider Domain.....	152
Πίνακας 7 - Standards Profile for Bulk Generation Domain.....	152
Πίνακας 8 - Standards Profile for Distribution Domain.....	153
Πίνακας 9 - Standards Profile for Transmission Domain.....	154
Πίνακας 10 - Standards Profile for Customer Domain	154
Πίνακας 11 – Communication in Bulk Generation Domain	160
Πίνακας 12 - Communication in Transmission Domain	161
Πίνακας 13 - Communication in Distribution Domain	162
Πίνακας 14 - Communication in Operation Domain	163
Πίνακας 15 - Communication in Market Domain.....	164
Πίνακας 16 - Communication in Service Provider Domain	164
Πίνακας 17 - Communication in Customer Domain.....	165
Πίνακας 18 - Αλφαβητικό Ευρετήριο Προτύπων	166



Κατάλογος Συντομογραφιών

Συντομογραφία	Επεξήγηση
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
IEC	International Electrotechnical Commission
GWAC	GridWise Architecture Council
IPS	Intrusion Prevention System
Synchrophasors	Synchronized Phasor Measurements
IED	Intelligent Electronic Device
FFA	Field Force Automation
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunications Union
CEN	European Committee for Standardization
CENELEC	European committee for Electrotechnical Standardization
ETSI	European Telecommunications standards Institute
BSI	British Standards Institution
NIST	National Institute of Standards and Technology
ΕΛΟΤ	Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης
ANSI	American National Standards Institute
NERC	North American Electric Reliability Corporation
CIP	Critical Infrastructure Protection
ISA	International Society of Automation
EMS	Energy Management Services
DMS	Distribution Management System
HBES	Home and Building Electronic Systems
BACS	Building Automation and Control Systems
SOA	Service-Oriented Architecture
MMS	Manufacturing Message Specification



Συντομογραφία	Επεξήγηση
GOOSE	Generic Object Oriented Substation Events
LN	Logical Nodes
LNDC	Logical Node Data Class
LD	Logical Device
XML	Extensible Markup Language
SCDL	Substation Configuration Description Language
COMTRADE	Common Format for Transient Data Exchange
BPLC	Broadband over Power Line
DNP	Distributed Network Protocol
LLC	Logical Link Control
WPAN	Wireless Personal Area Networks
MBWA	Mobile Broadband Wireless Access
FACTS	Flexible AC Transmission Systems
HVDC	High Voltage Direct Current
SVC	Static Var Compensator
STATCOM	Static Synchronous Compensator
FSC	Fixed Series Compensation
TCSC/TPSC	Thyristor Controlled/Protected Series Compensation
EMS-API	Energy Management System - Application Program Interface
CIS	Component Interface Specification
HSDA	High Speed Data Access
EMC	Electromagnetic compatibility
OPGW	Optical Groundwire
ADSS	All-Dielectric Self-Supporting
WRAP Cable	Helically-Applied Fiber Optic Cable Systems
SIPS	System Integrity Protection Schemes
Rass	Remedial Action Schemes
PMU	Phasor Measurement Units
OPC-UA	Unified Architecture
NRECA	National Rural Electric Cooperative Association



Συντομογραφία	Επεξήγηση
GML	Geography Markup Language
GPS	Global Positioning System
QoS	Quality of Service
ECP	Electrical Connection Point
PCC	Point of Common Coupling
SCL	Systems Configuration Language
AMI	Advanced Metering Infrastructure
SIG	Smart Grid Infrastructure
PSTN	Public Switched Telephone Network
GPRS	General Packet Radio Service
CSD	Circuit Switched Data
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
HES	Home Electronic System
HBES	Home and building electronic systems
BACS	Building Automation and Control Systems
NAESB	North American Energy Standards Board
OASIS	Open Access Same-Time Information Systems
DMTF	Distributed Management Task Force
WBEM	Web-Based Enterprise Management
SNMP	Simple Network Management Protocol
NetConf	Network Configuration Protocol
MIB	Management Information Base
CMIP/CMIS	Common Management Information Protocol/Common Management
DLMS	Device Language Message Specification
COSEM	COmpanion Specification for Energy Metering
OBIS	Object Identification System
HDLC	High-Level Data Link Control
DLL	Data Link Layer
S-FSK	Spread Frequency Shift Keying



Συντομογραφία	Επεξήγηση
PEHVs	Plug-In Electric Hybrid Vehicles
DEMS	Distributed Energy Management System
ebXML	electronic business Extensible Markup Language
RESS	Electrical Energy Storage System
PEVs	Plug-in Electric Vehicles
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
PV-IES	Photovoltaic Individual Electrification Systems
CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
PLIB	Parts Library
UML	Unified Modeling Language
OBCD	Open Database Connectivity
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	Open Productivity & Connectivity
SERA	Smart Energy Reference Architecture
DBMS	Database Management System
WAMPAC	Wide-Area Monitoring, Control and Protection



9 Βιβλιογραφία

- [1] IEC Smart Grid Standardization Roadmap, Prepared by SMB Smart Grid Strategic Group (SG3), June 2010, Edition 1.0.
- [2] Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap, June 17, 2009, Prepared by the Electric Power Research Institute.
- [3] Final report of the CEN/CENELEC/ETSI Joint Working Group on Standards for Smart Grids, 4 May 2011.
- [4] The German roadmap E-Energy/Smart Grid, German Commission for Electrical, Electronic & Information Technologies of DIN and VDE, 2009.
- [5] Interoperability Context-Setting Framework, GridWise Architecture Council Interoperability Framework Team, 2007 EICTA.
- [6] Smart grid interoperability maturity model, Widergren, S. Levinson, A. Mater, J. Drummond, R. Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE.
- [7] Smart Grid: Interoperability and Standards, An Introductory Review September 2008, Frances Cleveland, Forrest Small, Tom Brunetto, USB.
- [8] NIST Smart Grid Conceptual Model, Smart Grid NIST, IEEE 2010.
- [9] Survey of Smart Grid Standardization Studies and Recommendations, Sebastian Rohjans, Mathias Uslar, Robert Bleiker, Jos´e Gonz´alez, Michael Specht, Thomas Suding and Tobias Weidelt, 2010.
- [10] The Levels of Conceptual Interoperability Model, Dr. Andreas Tolk James A. Muguira, IEEE Magazine, 2003 Fall Simulation Interoperability Workshop.
- [11] Analysis of Smart Grid Security Standards, Yong Wang, IEEE 2011.
- [12] Overview of IEC 61850 and Benefits, R. E. Mackiewicz, 2006 IEEE.
- [13] IEC 61850 for Power System Communication, Christoph Brunner, 2008 IEEE.
- [14] CIM Interoperability Challenges, Scott A. Neumann, Terry D. Nielsen, 2010 IEEE.
- [15] Views on Service Oriented Architectures in the Context of Smart Grids, Matthias Postina, Sebastian Rohjans, Ulrike Steffens and Mathias Uslar, 2010 IEEE.
- [16] Microsoft Power and Utilities, Smart Energy Reference Architecture October 14, 2009, www.microsoft.com/Utilities
- [17] <http://smartgrid.ieee.org/>