



СЪЮЗ ПО АВТОМАТИКА И ИНФОРМАТИКА
„ДЖОН АТАНАСОВ”



ФЕДЕРАЦИЯ
НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИТЕ СЪЮЗИ

XX Юбилеен Международен симпозиум

**УПРАВЛЕНИЕ
НА ТОПЛОЕНЕРГИЙНИ
ОБЕКТИ И СИСТЕМИ**

8 – 9 ноември 2012 г.

Банкя

СБОРНИК ДОКЛАДИ

XX Юбилеен Международен симпозиум

**УПРАВЛЕНИЕ
НА ТОПЛОЕНЕРГИЙНИ ОБЕКТИ
И СИСТЕМИ**

СЪОРГАНИЗАТОРИ И СПОНСОРИ

METSO
ХАНИУЕЛ ЕООД
РИТБУЛ ЕООД
РИТАЛ ЕООД
ОСКАР-ЕЛ ЕООД
АМК ЕООД
ЕТ ТРАПЕН

ПРОГРАМЕН КОМИТЕТ

М. Хаджийски – председател
Е. Николов
Б. Бонев
И. Бачкова
К. Бошнаков
В. Петков
Т. Готев
Тр. Пензов

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

М. Николов – председател
Б. Ванев
В. Андреев
Н. Христова
Л. Дуковска
Ю. Божков
З. Георгиев
М. Божкова



ISSN 1313-2237

ИНФОРМАЦИОННИ МОДЕЛИ ЗА ОПЕРАТИВНА СЪВМЕСТИМОСТ НА ИНТЕЛИГЕНТНИ ЕНЕРГИЙНИ МРЕЖИ

INFORMATION MODELS FOR SMART GRID INTEROPERABILITY

И. Антонова, И. Бачкова, И. Герджиков

Химикотехнологичен и Металургичен Университет, кат. Автоматизация на производството, бул. Кл. Охридски 8, София, България, {iskra.antonova, idilia}@uctm.edu

Abstract: Development of Smart Grid framework based on protocols and standard models assuring interoperability between different applications is a complex task. There are a low of ways to achieve Smart Grid interoperability, but in this paper the proposed approach is based on the combined use of both standards UML and IEC 61850. The suggested approach is illustrated with set of Smart Grid conceptual models. Finally some conclusions are made.

Key words: Smart Grid, UML, IEC 61850, modelling

ВЪВЕДЕНИЕ

Енергийната ефективност, енергетиката и разработката на Интелигентни Енергийни Мрежи (ИЕМ) са обект на управление пред страните от Европейския съюз, тъй като чрез тях се влияе върху околната среда чрез вредните емисии, в това число и на CO₂. Една от тенденциите за разработка на енергийни мрежи от ново поколение е използване на интелигентни енергийни мрежи (smart grids) [1]. Без сериозна модернизация на съществуващите електроенергийни мрежи и принадлежащите им измервателни уреди, генерирането на енергия от възобновяеми източници ще бъде поставено в състояние на изчакване, ще бъде изложена на риск сигурността на мрежите, ще бъдат пропуснати възможности за икономия на енергия и за повишаване на енергийната ефективност, а вътрешният енергиен пазар ще се развива с много по-бавни темпове.

Ползите от изграждане на ИЕМ са широко признати, основно поради факта, че посредством тях се осигурява директно взаимодействие и комуникация между потребителите, домакинствата или фирмите, различните видове производители и доставчици на енергия. ИЕМ дават безпрецедентни възможности на потребителите да контролират и управляват пряко свои индивидуални модели на енергопотребление.

Цел на доклада е на основата на анализа на структурата и функциите на ИЕМ и на съществуващите до момента в областта стандарти да се разработят и представят с помощта на унифицирания език за моделиране UML концептуални информационни модели на ИЕМ.

Статията е организирана в 4 части. След въведението, в част 2 е направен кратък обзор на интелигентните енергийни мрежи и развитието на свързаните с тях стандарти. Трета част представя разработените информационни модели на ИЕМ. Накрая на доклада са представени някои изводи и заключение.

АНАЛИЗ НА ИНТЕЛИГЕНТНИ ЕНЕРГИЙНИ МРЕЖИ

Интеллигентните енергийни мрежи могат да бъдат дефинирани като модернизирана мрежа за пренос на електроенергия, към която са добавени двупосочна

цифрова комуникация между доставчик и потребител, както и интелигентни отчитащи и следящи системи [2]. Интелигентното измерване е неделима част от ИЕМ.

Сърцевината на това ново поколение енергийни мрежи са подходите, методите и средствата на информационните технологии и новите методи и техники за управление, които водят до повишаване на енергийната ефективност на мрежите, като същевременно намаляват въздействието върху околната среда. Намаляването на върховото потребление на енергия създава възможност за намаляване на общия обем произведена електроенергия, намаляване на търсенето на енергия от невъзобновяеми енергийни източници, като в същото време посредством прилагането на интелигентни технологии се осигурява достъп до мрежата на нови възобновяеми форми за производство на енергия (вятър, слънчева енергия и др.) [3] и имат потенциал за увеличаване на оперативната ефективност на мрежата. Друго предимство на ИЕМ е улеснената интеграция на периодично-действащи възобновяеми източници, предоставяйки на потребителите повече информация и възможности за избор и оптимизация на системата [4]. ИЕМ се използват като ключова стратегическа инфраструктура, както от потребители, така и от производители, доставчици на услуги, оператори и др.

Независимо, че съществуват множество стандарти, подпомагащи разработката на интелигентни енергийни мрежи, повечето от тях са разработени независимо един от друг, като засягат специфична област на приложение, като в повечето случаи не са спазени редица препоръки и изисквания, например като използването на общ модел на данни или единен подход за моделиране.

Националният институт по стандартизация и технологии (National Institute of Standards and Technology - NIST) определя 75 различни стандарта за разработка на интелигентна енергийна мрежа, като акцентира върху тези, които осигуряват оперативна съвместимост на приложенията в енергийните мрежи. За да се постигне оперативна съвместимост между системите, ползващи различни интерфейси, е необходимо да се направи съответствие или трансформация от една стандартна форма в друга [5, 6, 7].

В доклада е предложен подход за постигане на оперативна съвместимост между системите чрез трансформиране аспектите на стандарта IEC 61850 в UML информационен модел.

Кратък обзор на стандарта IEC 61850. Стандартът IEC 61850 дефинира различни аспекти на комуникационните мрежи и системи в рамките на една подстанция, тяхната функционалност и физическите устройства налагайки нов подход за проектиране на системите за автоматизация осигуряващ оперативна съвместимост между различни ИЕМ. Абстрактното дефиниране на елементите в комуникационните протоколи позволява разпределяне на данни и услуги от един протокол към данни и услуги от друг протокол [8, 9].

Съгласно IEC 61850 системата за автоматизация на подстанция може да се представи на три нива – ниво на процеси, ниво на единици и ниво на подстанции. Най-ниското ниво, което е нивото на процесите е имплементирано в крайните интелигентни устройства. Автоматизацията на подстанция е най-горното йерархично ниво, на което се изпълняват функции за интеграция на различни подстанции, имплементация на човеко-машинен интерфейс и комуникация с центровете за управление [10].

Кратък обзор на UML. Унифицираният език за моделиране UML е общоцелеви език за визуално моделиране, представляващ фамилия от графични нотации, обединени в общ мета-модел, използвани за моделиране на различни по вид системи. Чрез UML се моделират различни гледни точки и аспекти на системите, използвайки множество от диаграми и нотации, както и моделиране на архитектурата на софтуерни приложения и тяхната функционалност [11, 12].

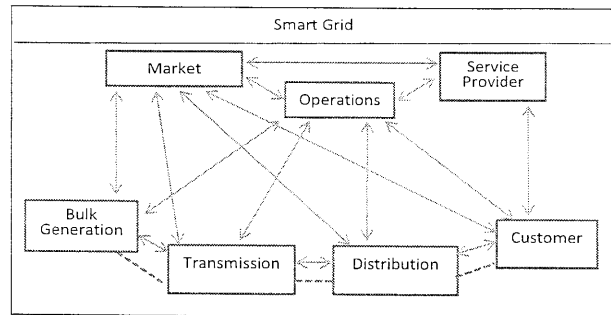
UML предлага разнообразни възможности за моделиране на различните изгледи на проектираната система и представяне на разнообразни сценарии на различни нива на абстрактност на проекта. За целта UML предлага използването на следните типове диаграми – диаграми на случаите на използване и диаграми на класове. Етапът на системен функционален анализ включва трансформиране на дефинираните функционални изисквания към системата в съгласувани системни функции, като за целта се използват една или повече диаграми на случаите на използване. Диаграмите на класове се използват за представяне на структури, които включват йерархия от понятия за системата; конфигурация на системата, устройства, ресурси и интерфейси [13].

ИНФОРМАЦИОНЕН МОДЕЛ НА ИНТЕЛИГЕНТНИ ЕНЕРГИЙНИ МРЕЖИ

С цел ефективно и ефикасно проектиране и управление на ИЕМ с помощта на средствата на UML е разработен концептуален модел на високо ниво на абстрактност, посредством който са дефинирани принципите, приложенията, потребителите и връзките, които са използвани при разработването на архитектури за областите, намиращи приложение в ИЕМ.

Концептуалният модел е представен чрез набор от диаграми, които са формирани в резултат на дискусии относно основните характеристики, използваемостта, поведението, интерфейсите, изискванията и стандартизацията на ИЕМ. Чрез него се идентифицират вътрешните и външните взаимодействия в дадена област и се подпомага анализа и имплементацията на ИЕМ. На фиг.1 с UML диаграма на класове е представен концептуалният модел на ИЕМ включващ класовете

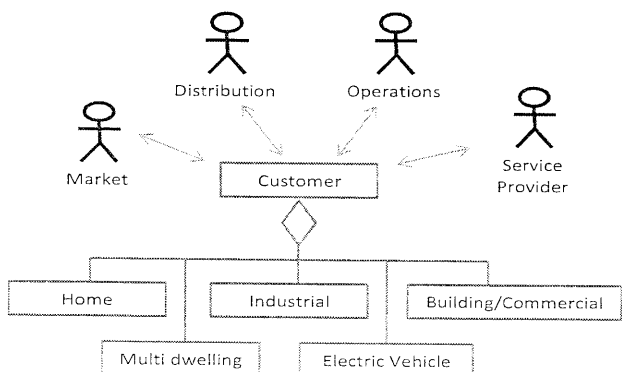
„Market“ (Пазар), „Operations“ (Операции), „Service Provider“ (Доставчици на услуги), „Bulk Generation“ (Производство на електроенергия), „Transmission“ (Трансмисии), „Distribution“ (Дистрибуция) и „Customer“ (Потребители), представящи множеството от области на приложение за ИЕМ. Особено важни от гледна точка на постигане на оперативна съвместимост са интерфейсите на различните области и комуникацията между тях, като за представянето им в диаграмата са използвани различен тип връзки.



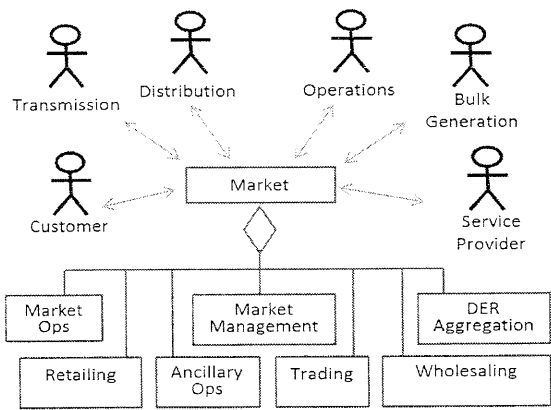
Фиг.1: Диаграма на класове на ИЕМ

Чрез декомпозиция на приложенията и създаване на диаграмите на случаите на приложение за различните области се представя общата рамка и сценарийте на съществуващите енергийни системи и ИЕМ, определяйки всички участници и случаи на приложение. Концептуалният модел за „Domain Customer“ (област на потребител) на най-високо ниво на абстрактност се представя с диаграмата на фиг.2. Тази област се състои от подобласти с имена „Home“ (Домакинства), „Industrial“ (Индустрия), „Building/Commercial“ (Търговия), „Multi dwelling“ (Сградна автоматизация) и „Electric Vehicle“ (Електроавтомобили), както и връзката на тази област с другите области представени като актьори с имена „Market“ (Пазар), „Distribution“ (Дистрибуция), „Operations“ (Операции) и „Service Provider“ (Доставчици на услуги), които са свързани към областта „Customer“ с връзка тип „Aggregation“.

На фиг.3 е представен концептуалният модел на „Domain Market“ (област на пазар). Актьорите в модела са „Customer“ (Потребители), „Transmission“ (Трансмисии), „Distribution“ (Дистрибуция), „Operations“ (Операции), „Bulk Generation“ (Производство на електроенергия) и „Service Provider“ (Доставчици на услуги). Подобластите на пазара са „Market Ops“ (Операции на пазара), „Market Management“ (Управление на пазара), „DER Aggregation“ (Агрегация на участниците на пазара), „Retailing“ (Търговия на дребно), „Ancillary Ops“ (Съпътстващи операции), „Trading“ (Търговия) и „Wholesaling“ (Търговия на едро), които са свързани с областта „Market“ чрез връзка от тип „Aggregation“.

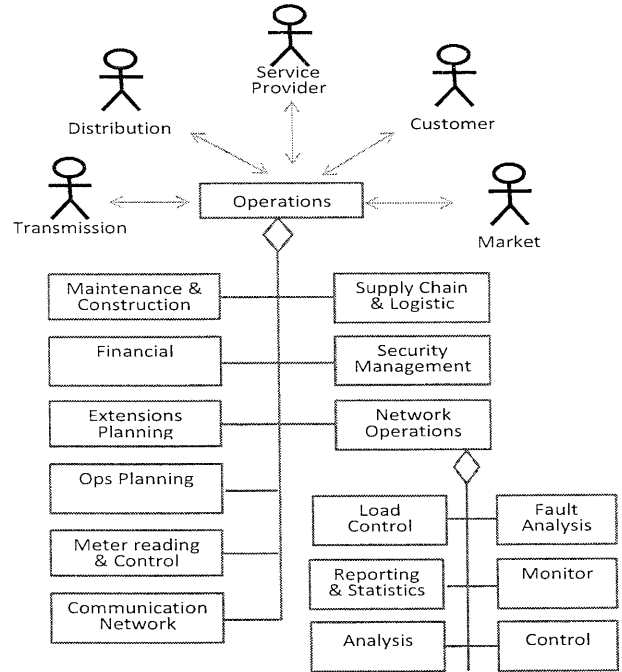


Фиг.2: Концептуален модел на „Domain Customer“



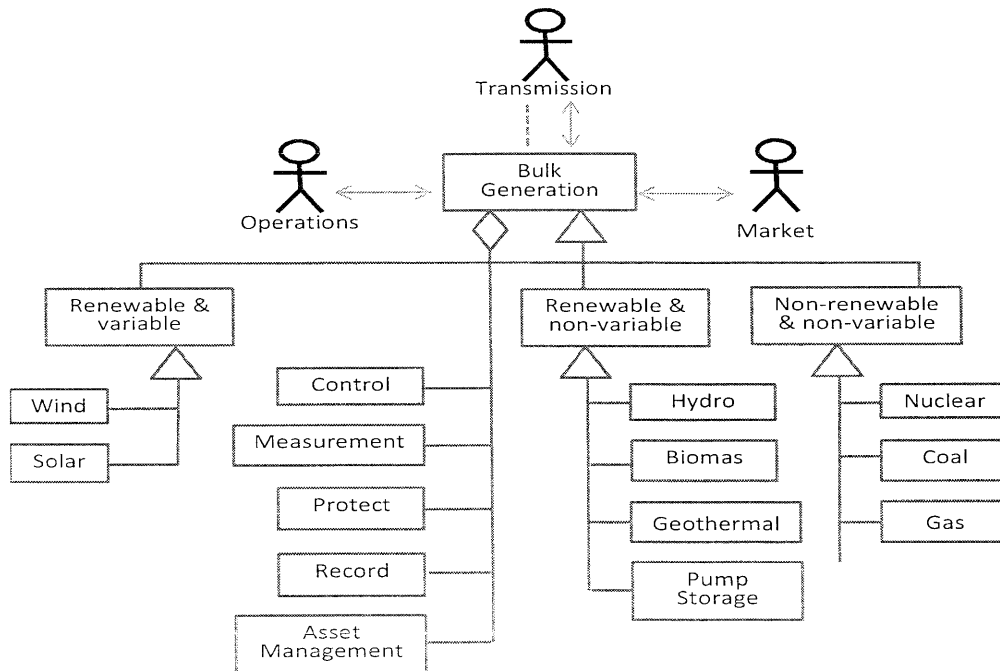
Фиг.3: Концептуален модел на „Domain Market“

Декомпозицията на класа „Operations“ от фиг.1 представя функционирането на електрическата мрежа и се представя чрез множеството операции, които мрежата изпълнява. Концептуалният модел на ИЕМ за „Domain Operations“ (област на операции) е представена на фиг.4. Моделът съдържа няколко подобласти с имена „Maintenance & Construction“ (Поддръжка и изграждане), „Supply Chain & Logistic“ (Логистика и снабдяване), „Financial“ (Финансии), „Security Management“ (Управление на сигурността), „Extensions Planning“ (Дългосрочно Планиране), „Ops Planning“ (Операции по планиране), „Meter reading & Control“ (Отчитане и управление), „Communication Network“ (Мрежова комуникация) и „Network Operations“ (Мрежови операции) свързани с областта „Operations“ чрез връзка от тип „Aggregation“ и е свързана с подобластите „Load Control“ (Управление на натоварването), „Fault Analysis“ (Анализ на грешките), „Reporting and Statistics“ (Статистическа отчетност), „Monitor“ (Наблюдение), „Analysis“ (Анализ) и „Control“ (Управление). Областта на операциите „Operations“ е свързана чрез връзка от тип „Aggregation“ с областите „Transmission“, „Distribution“, „Service Provider“, „Customer“ и „Market“ представени като актьори .



Фиг.4: Концептуален модел на „Domain Operations“

Приложенията в областта „Bulk Generation“ (Производство на електроенергия) показващи източниците за производството на електроенергия са представени с концептуалния модел на фиг.5. Областта „Bulk Generation“ е свързана посредством различни интерфейси с областите „Operations“, „Transmission“ и „Market“ моделирани като актьори и е изградена от три основни подобласти - „Renewable & variable“ (Възобновяеми променливи източници), „Renewable & non-variable“ (Възобновяеми непроменливи източници) и „Non-renewable & non-variable“ (Невъзобновяеми непроменливи източници), всяка от които включва подобласти.

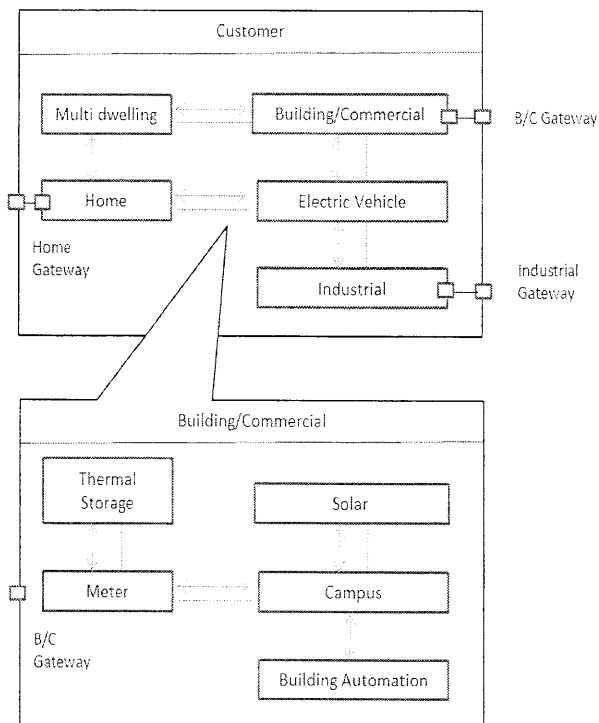


Фиг.5: Концептуален модел на „Bulk Generation“

Приложенията, представящи областите „Customer“ (Потребител) и „Building/Commercial“ (Търговия) са представени чрез диаграма на класове на фиг.6.

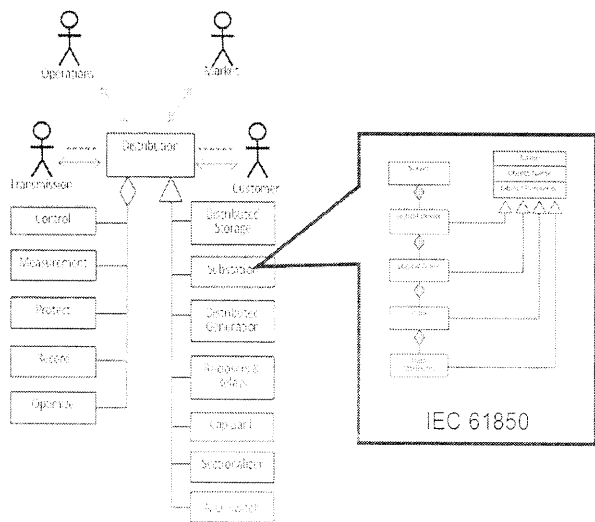
Потребителите на инсталации за генериране на енергия са „Industrial“ (индустрията), „Home“ (домакинства), „Electrical Vehicle“ (електроавтомобили), „Multi dwelling“

(сградна автоматизация) и „Building/Commercial“, които са представени като класове. Всеки от класовете изграждащи дадената област може да бъде декомпозиран, за да представи вътрешната структура на областта. Класът „Building/Commercial“ е декомпозиран и е съставен от класовете „Thermal Storage“ (съхранение), „Meter“ (Измервателни уреди), „Solar“ (Слънчева енергия), „Campus“ (затворен комплекс) и „Building Automation“ (сградна автоматизация). Комуникацията между класовете изграждащи ИЕМ в UML2.0 се реализира посредством различен тип портове.



Фиг.6: Диаграма на класовете „Customer“ и „Building/Commercial“

Връзката между двата стандарта IEC 61850 и UML при моделирането на подстанция е представена на фиг.7 с диаграма на класове. Диаграмата включва класовете „Server“ (Сървър), „Logical Device“ (Логическо устройство), „Logical Node“ (Логическа единица), „Data“ (Данни) и „Data Attributes“ (Атрибути на данните).



Фиг.7: IEC 61850 информационен модел на подстанция

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Създаването на интелигентни енергийни мрежи е сравнително нова тенденция в ЕС, чрез която се цели да се повиши енергийната ефективност на съществуващите мрежи, да се намали замърсяването на околната среда и да се постигне оперативна съвместимост на ниво подстанция.

В доклада е представен един подход за проектиране на интелигентни енергийни системи базиран на стандартите UML и IEC 61850. Разработени са концептуални модели представящи приложенията от областите на ИЕМ на високо ниво на абстрактност. Представена е и структурата на някои от областите използвайки диаграми на класове.

Бъдещите разработки ще бъдат свързани с разработката на различни видове динамични модели за етапите на управление, както и с моделиране на конкретни сценарии на работа на ИЕМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. European Commission Report, European Smart Grids Technology Platform 2006, <http://europa.eu.int/comm/research/energy>
2. http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/smartgrids/doc/expert_group1.pdf
3. Vyatkin V., Zhabelova G., Ulieru M., McComas D. (2010), Toward Digital Ecologies: Intelligent Agent Networks Controlling Interdependent Infrastructures, IEEE Conference on Smart Grid Communications, Gaithersburg, MD, October 5-7, pp. 589 – 594.
4. Vyatkin V., Zhabelova G., Higgins N., Ulieru M., Schwarz K., Nair N.-K.C. (2010), Standards-enabled Smart Grid for the future Energy Web, Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 19-21 Jan., pp.1 – 9.
5. Becker D. (2010), Harmonizing the International Electrotechnical Commission Common Information Model (CIM) and IEC 61850, Report, May.
6. Electric Power Research Institute (EPRI) (2010), NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards,.
7. Mohagheghi S., Mousavi M., Stoupis J., Wang Z. (2009), Modeling distribution automation system components using IEC 61850, Power & Energy Society General Meeting, PES '09, IEEE, 26-30 July.
8. IEC61850, Communication Networks and Systems in Substations - part 7, Basic information and communication structure, International Electrotechnical Committee, 2003.
9. IEC 61850-7-4. Communication Networks and Systems in Substations. Basic communication structure for substation and feeder equipment - Compatible logical node classes and data classes, International Electrotechnical Commission, 2003.
10. Mackiewicz R. E. (2006), Overview of IEC 61850 and Benefits, Power Engineering Society General Meeting, IEEE.
11. Vyatkin V., Zhabelova G., Higgins N., Schwarz K., Nair, N.-K.C (2010), Towards Intelligent Smart Grid Devices with IEC 61850 Interoperability and IEC 61499 Open Control Architecture, Proceedings of the IEEE Conference on Transmission and Distribution, New Orleans.
12. OMG (2007), Unified Modeling Language (OMG UML), Infrastructure, V2.1.2, OMG Document Number: formal/2007-11-04.
13. Korbin C. (1999), UML2001: A Standartization Odyssey, Communications of the ACM.
14. Boggs W., Boggs M (2002), Sybex Mastering UML with Rational Rose 2002, Sybex.