

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ АДАПТИВНОГО ТРАНСФОРМАТОРА СТРУМУ ТА НАПРУГИ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ ЛЕП

С.Є. Танкевич¹, інж. 1-ї кат., І.В. Блінов², канд. техн. наук

1, 2 – Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Окреслено основні принципи загального інформаційного моделювання та розглянуто його основні складові. Розроблено загальну інформаційну модель адаптивного трансформатора струму високовольтної ЛЕП. Бібл. 12, рис. 4.

Ключові слова: загальна інформаційна модель, вимірвальний перетворювач струму, інформаційна взаємодія, автоматизована система керування.

Необхідність якісно нового розв'язання традиційних і нових задач технологічного та комерційного керування електроенергетичними об'єктами (ЕЕО) та системами (ЕЕС), пов'язаних з забезпеченням безпеки функціонування ОЕС України за теперішніх умов, вимагає суттєвого вдосконалення інформатизації електроенергетичної галузі та стандартизації її інформаційного середовища. Для останнього характерним є розрізненість та інформаційна несумісність джерел інформації про стан електричного обладнання та параметри режимів ЕЕО, відсутність єдиної системи класифікації та ідентифікації об'єктів і параметрів, відсутність єдиної бази даних та стандартизованих протоколів їх передачі, неспроможність оперативного обміну даними між окремими вторинними системами в процесі їх функціонування та інш. Звідси витікає необхідність у розробці та застосуванні сучасних засобів отримання інформації про струм та напругу високовольтних ЕЕО, що задовольняють вимогам міжнародних стандартів [10, 11] і базуються на використанні сучасних цифрових технологій [12]. Це, в свою чергу, дає змогу також забезпечити їх електромагнітну та інформаційну сумісність з цифровими системами автоматизованого керування технологічними процесами на підстанціях енергосистем (АСК ТП). Таким засобом є адаптивний трансформатор струму та напруги (АТСН), показаний на рис. 1 [3].

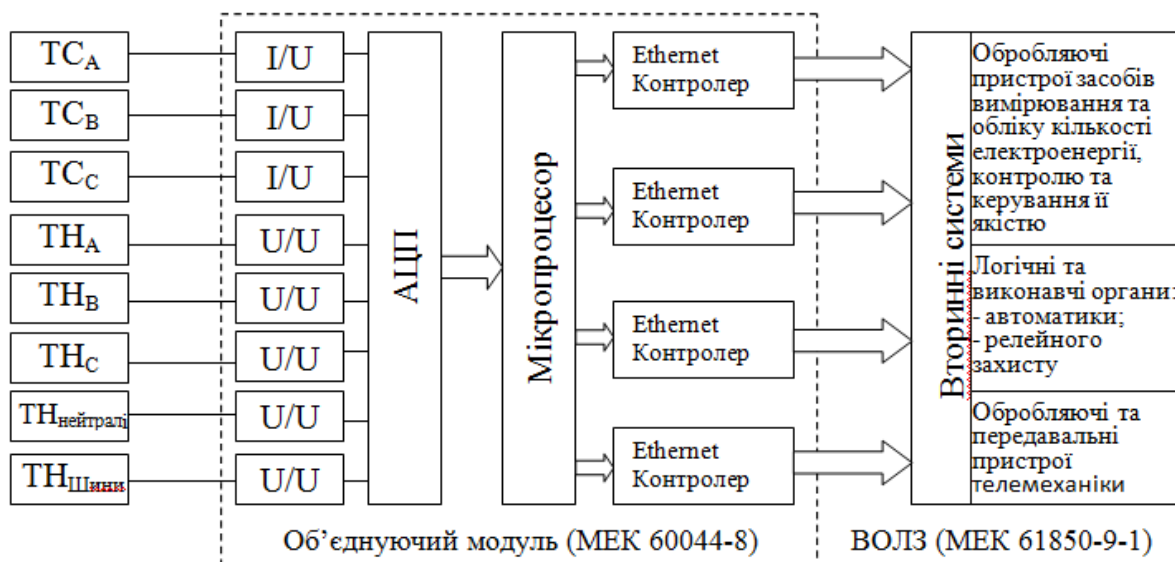


Рис. 1

З рис. 1 видно, що АТСН складається з фазних високовольтних трансформаторів струму (ТС_А, ТС_В, ТС_С) і трансформаторів напруги (ТН_А, ТН_В, ТН_С, ТН_{нейтралі}, ТН_{щипини}), які

з'єднуються з електронним блоком (об'єднуючим модулем), що містить вторинні перетворювачі струм/напруга (I/U) і напруга/напруга (U/U) для сприйняття вимірюваних сигналів аналого-цифровим перетворювачем (АЦП), мікропроцесор для обробки вимірюваної інформації та ряд Ethernet контролерів. На виході перетворювача розташована оптоволоконна система зв'язку, за допомогою якої АТСН з'єднується з вторинними системами на підстанції. Аналогові сигнали від фазних ТС і ТН одного приєднання надходять на об'єднуючий модуль і далі по оптичному каналу зв'язку у цифровому вигляді передаються вторинним системам. Цей підхід до побудови давачів ВІ має такі переваги: відсутність впливу фазних ТС один на одного через вторинні кола при їх з'єднанні в групи, підвищення завадостійкості каналів передачі даних, підвищення безпеки обслуговуючого персоналу. Крім того, у випадку розміщення об'єднуючого модуля безпосередньо біля ТС на відкритому розподільчому пристрої, зменшення кількості мідних проводів та їх довжини до мінімуму у конструкції таких давачів, у свою чергу, зменшує вторинне навантаження фазних ТС, що сприяє покращенню їх метрологічних характеристик, а при створенні нових апаратів ще й дає змогу оптимізувати їх конструктивні параметри [4]. Наявність у складі АТСН мікропроцесора надає можливості широкого вибору методів та засобів цифрової фільтрації і корекції його вихідних сигналів.

Сьогодні перспективний розвиток систем збору даних та диспетчерського керування (SCADA/EMS – supervisory control and data acquisition / energy management system) та АСК ТП пов'язаний з постійним розширенням і вдосконаленням інформаційного забезпечення задач керування ЕЕС і передбачає використання як стандартизованого інструментарію створення інформаційної бази даних ЕЕО його загальної інформаційної моделі (СІМ – common information model) [2]. Це дозволяє застосувати стандартний спосіб відображення ресурсів ЕЕО та ЕЕС у вигляді об'єктних класів та атрибутів разом з їх зв'язками з метою опису та передавання даних між ними у формалізованому форматі, що має розпізнаватися усіма системами керування ЕЕС та ЕЕО. Крім того, використання СІМ як спеціалізованого формату даних дозволяє зберігати розширені дані без впливу на основні дані. Відображення на мнемосхемі зв'язків локального обладнання цифрових систем АСК ТП на підстанціях та виконання необхідних налаштувань інтелектуальних електронних пристроїв (ІЕП) на підстанціях, зокрема і АТСН, по їх складових також потребує побудови та використання СІМ. Використання СІМ АТСН є доцільним при здійсненні аналізу, моніторингу та діагностики таких пристроїв, як елементів АСК ТП, при необхідності отримання розширених даних про параметри режимів роботи ЕЕО, а також при використанні таких даних різними вторинними АСК ТП електричної підстанції.

Оскільки АТСН є джерелами вимірювальної інформації про струми і напруги ЕЕО, то важливо визначити їх інформаційну роль в АСУ ТП шляхом побудови СІМ, зокрема і на фізичному рівні цих інтелектуальних електронних пристроїв.

Розглянемо опис загальних принципів та варіант побудови СІМ на прикладі адаптивного трансформатора струму (АТС), як фізичного обладнання, що дозволить інтегрувати її в загальну СІМ АСК ТП підстанції.

Слід зазначити, що загальна інформаційна модель є абстрактною моделлю, яка відображає основні об'єкти у предметній сфері ЕЕС, що забезпечують її функціонування. Через значний розмір повної моделі, класи об'єктів, що містяться у СІМ, згруповані у ряд логічних пакетів уніфікованої мови моделювання UML (unified modeling language), кожний з яких відображає конкретну частину ЕЕС, що моделюється. Зазначимо, що UML визначає стандартну мову та графічну систему позначень для розробки як моделей технологічних систем, так і програмного забезпечення [1].

Як у випадку з будь-якою іншою складною структурою класів, класи в СІМ згруповані разом у пакети в залежності від їх ролі в ЕЕС. Серії міжнародних стандартів ІЕС 61970 та ІЕС 61968, а саме [6–9] містять опис та вимоги до ряду основних пакетів і глобальний пакет області значень, що використовується для визначення типів даних. Так, пакети Core (Ядро), Wires (Проводи) і Topology (Топологія) містять всі базові класи для визначення фізичних

характеристик ЕЕО та ЕЕС, за винятком класу Measurement (Вимірювання). Всі класи, що використовуються в СІМ, походять від них.

Пакет Wires визначає класи, які представляють такі електричні компоненти мережі, як трансформатори, лінії і перемикачі, в той час як пакети Core і Topology визначають з'єднання цих компонентів: Connectivity Node (Вузол з'єднання), що міститься в пакеті Topology, і Terminal (Термінал), що міститься в пакеті «Core». Зазначимо, що цих трьох пакетів недостатньо для повного опису функціонування ЕЕО та ЕЕС, оскільки вони відображають тільки базові електричні характеристики електроенергетичного обладнання та описують їх з'єднання. Для детального опису мережі на операційному рівні потрібні інші класи, які описують операційні і додаткові як електричні, так і неелектричні характеристики обладнання. Опис таких класів також наведений у згаданих нормативних документах.

Пакет Measurement використовується для визначення вимірювань, що надходять від певних ресурсів ЕЕС. Необхідно також зазначити, що в пакеті Measurement існують два способи включення вимірів до СІМ моделі ЕЕС. Перший спосіб використовується для вимірювань, що не стосуються електричної зв'язності. Він полягає в тому, щоб асоціювати об'єкт Measurement з об'єктом Power System Resource (Ресурси енергетичної системи). Другий спосіб дає можливість асоціювати об'єкт Measurement з об'єктом Terminal, що використовується

для вимірювань, які залежать від місця вимірювання: струм чи напруга. При цьому об'єкт Terminal визначає точку в мережі, з якої знімаються вимірювання.

Клас Measurement діє як трансформатор струму або напруги, відповідно для вимірювань струму або напруги в точці мережі, однак він не дає опис фізичного обладнання. На рис. 2 наведено ієрархію класів для АТС.

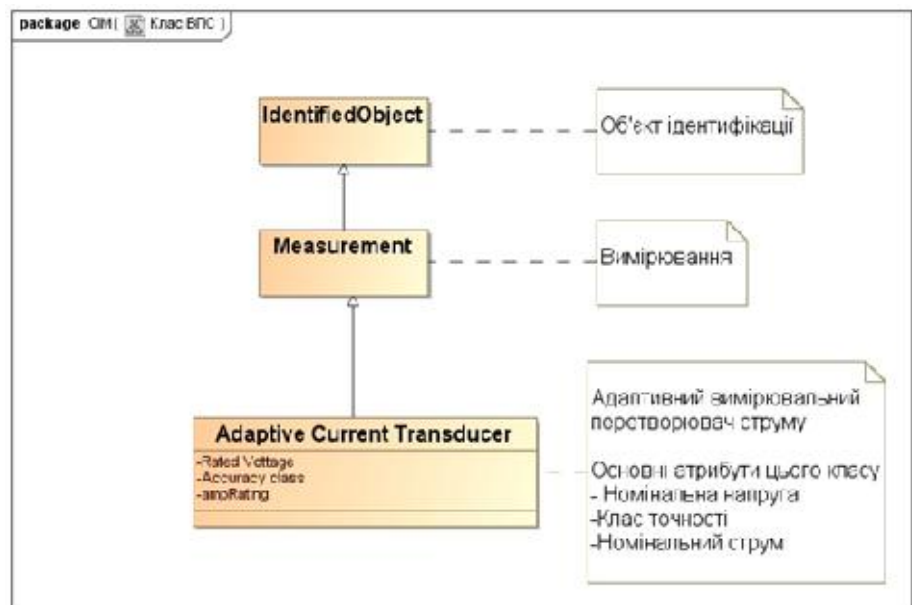


Рис. 2

Ієрархія СІМ у даний час не має офіційного супер-класу (тобто класу, з якого успадковується кожен компонент). Однак основні СІМ класи успадковані з класу Identified Object (Об'єкт ідентифікації), тому він розглядається як базовий клас в ієрархії всіх компонент.

Як видно з рис. 2, АВП є підкласом класу Measurement і має три основні атрибути: номінальні значення струму та напруги, а також клас точності.

Далі наведено СІМ, у якій АТС не поставлено у відповідність який-небудь один клас СІМ, а на противагу цьому він розділений на ряд компонентів з одним класом контейнером Adaptive Current Transducer (Адаптивний трансформатор струму, АТС).

На рис. 3 наведено СІМ АТС у вигляді діаграми класів, яка відображає зв'язки між класами, що є наборами об'єктів. Ці об'єкти мають однакові атрибути, операції та семантику і формують АТС. Взаємозв'язки між класами в СІМ відображають відношення, при яких загальні елементи АТС (супер-класи) можна представити спеціалізованими елементами (підкласами). Як видно, Adaptive Current Transducer, що містить вказані вище атрибути, має зв'язок з класами Phase Current Transformer (фазний ТС) та EL_Unit (Електронний блок). Це

означає, що клас Adaptive Current Transducer містить три елементи Phase Current Transformer з такими атрибутами, як номінальний струм та напруга, клас точності та коефіцієнт трансформації, а також один елемент EL_Unit. У свою чергу кожний клас Phase Current Transformer містить один елемент Primary Transformer Winding (первинна обмотка трансформатора) та від одного до п'яти елементів Secondary Transformer Winding (вторинна обмотка трансформатора), які також представляються в CIM як класи з власними атрибутами. Хоча на рис. 3 не наведено з'єднання класу Secondary Tranducers (вторинні перетворювачі струм/напруга), що відповідає восьми таким елементам у схемі ATCH, з класом Secondary Transformer Winding, але фактично кожний вторинний перетворювач струму має електричний зв'язок з однією вторинною обмоткою фазного трансформатора. Однак на рівні CIM цей зв'язок враховується тим, що клас Secondary Tranducers разом із класом RC_Unit (блок реєстрації та обробки даних) є підкласами класу EL_Unit, який у свою чергу є підкласом класа-контейнера Adaptive Current Transducer. Як видно, клас RC_Unit також має взаємозв'язок з класами ADC (аналого-цифровий перетворювач), MC (мікроконтролер) та EC (контролери Ethernet). Кількість елементів, що входять до кожного з цих класів, також наведено на рис. 3.

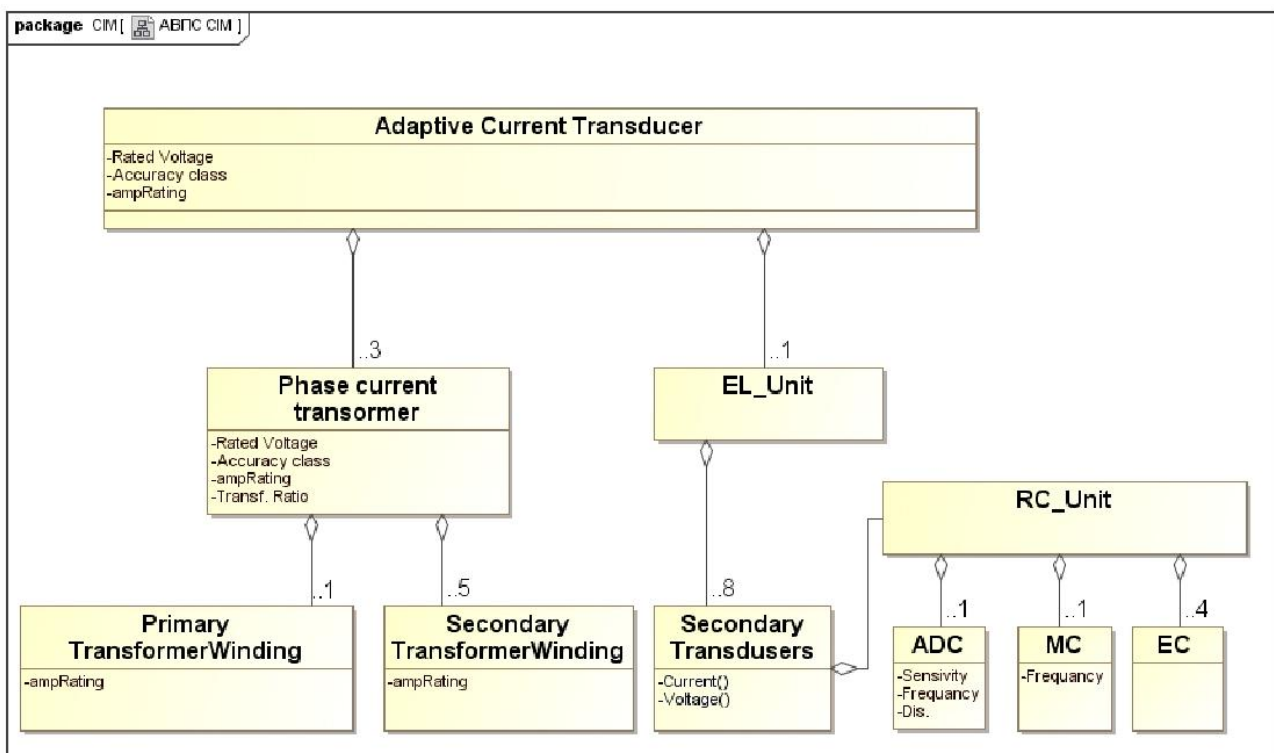


Рис. 3

Для реалізації інформаційного обміну на рівні підстанції та зберігання даних в CIM передбачено використання інформаційних інтернет-технологій, зокрема розширеної мови розмітки XML (eXtensible Markup Language), та набору специфікацій для XML, які використовуються для визначення структури даних у CIM та вимог до опису інформаційних повідомлень та методів обміну ними [5]. Сьогодні XML є універсальним форматом для структурованих документів і даних, який став де-факто стандартом для зберігання «машинно-читабельних» даних у структурованому, розширюваному форматі, доступному через Інтернет. Фактично XML – це метамова, яка дозволяє користувачеві розробляти свою власну марковану мову для опису структури даних, зокрема і для CIM.

З використанням нотації XML можуть бути визначені схеми для опису практично будь-якого типу даних. Програма, що інтерпретує XML дані, має знати використовувані синтаксис і семантику, інакше вона матиме складнощі з їх інтерпретацією. Це вимагає того, щоб

синтаксис і семантика XML були виражені у вигляді схеми, яка накладає обмеження на структуру і зміст XML документа.

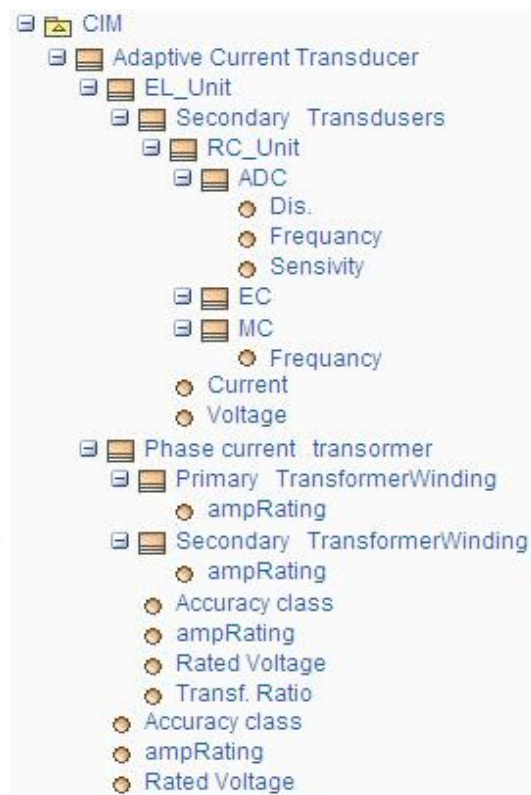
На рис. 4 а наведено приклад представлення CIM АТС в нотаціях XML, а на рис. 4 б – відображення структури CIM АТС в Інтернет браузері.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
- <model humanType="Model" icon="1.jpg" name="CIM">
- <ownedElement>
- <class humanType="Class" icon="2.jpg" name="Adaptive Current Transducer">
- <ownedElement>
- <class humanType="Class" icon="2.jpg" name="EL_Unit">
- <ownedElement>
- <class humanType="Class" icon="2.jpg" name="Secondary Transducers">
- <ownedElement>
- <class humanType="Class" icon="2.jpg" name="RC_Unit">
- <ownedElement>
+ <class humanType="Class" icon="2.jpg" name="ADC">
<class humanType="Class" icon="2.jpg" name="EC" />
+ <class humanType="Class" icon="2.jpg" name="MC">
</ownedElement>
</class>
<property humanType="Property" icon="3.jpg" name="Current" />
<property humanType="Property" icon="3.jpg" name="Voltage" />
</ownedElement>
</class>
</ownedElement>
</class>
- <class humanType="Class" icon="2.jpg" name="Phase current transformer">
- <ownedElement>
+ <class humanType="Class" icon="2.jpg" name="Primary TransformerWinding">
+ <class humanType="Class" icon="2.jpg" name="Secondary TransformerWinding">
<property humanType="Property" icon="3.jpg" name="Accuracy class" />
<property humanType="Property" icon="3.jpg" name="ampRating" />
<property humanType="Property" icon="3.jpg" name="Rated Voltage" />
<property humanType="Property" icon="3.jpg" name="Transf. Ratio" />
</ownedElement>
</class>
<property humanType="Property" icon="3.jpg" name="Accuracy class" />
<property humanType="Property" icon="3.jpg" name="ampRating" />
<property humanType="Property" icon="3.jpg" name="Rated Voltage" />
</ownedElement>
</class>
</ownedElement>
</model>

```

а



б

Рис. 4

Таким чином, на основі використання можливостей сучасних інформаційних технологій, зокрема технологій UML та XML, у відповідності з вимогами міжнародних стандартів щодо інформатизації електроенергетики розроблена загальна інформаційна модель АТС, яка дозволяє зберігати інформацію про АТС, його складові та характеристики у загальнодоступному формалізованому форматі та здійснювати її інтерактивне відображення. Розроблена CIM забезпечує інтеграцію даних та загальну структуру АТС разом із необхідними параметрами їх налаштування, в загальну інформаційну модель АСК ТП підстанції з метою подальшого моніторингу його стану та отримання розширених даних про параметри режимів роботи ЕЕО.

1. Арлоу Д., Нейштадт И. UML 2 и унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование, 2-е изд. Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2007. – 624 с.
2. Гінайло А.В., Блоцаневич І.М., Уцяповський К.В., Сергієнко П.О., Васильченко В.І., Людмирський В.М., Сухомлінов О.В. Стандарти для створення інтегрованих систем управління електроенергетичними компаніями // Енергетика та електрифікація. – 2007. – № 3.
3. Кириленко О.В., Танкевич Є.М., Танкевич С.Є. Інтелектуальний вимірювальний перетворювач струмів та напруг для інтелектуальних енергосистем // Пр. Інституту електродинаміки НАН України. Спец. вип. – 2010. – С. 82–86.
4. Танкевич Є.М., Танкевич С.Є., Блінов І.В. Організація обміну даними вимірювальних трансформаторів в інтегрованій АСУ ТП підстанції // Техн. електродинаміка. Темат. вип. «Силовa електроніка та енергоефективність». Ч.1. – 2010. – С. 110–113.
5. An Introduction to IEC 61970-301 & 61968-11: The Common Information Model // Dr Alan W. McMoran / <http://cimphony.org/cimphony/cim-intro.pdf>. – Glasgow. – 2007. – 43 p.

6. *IEC 61970-301: Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 301: Common information model (CIM) base.* – Geneva. – 2009. – 211 p.
7. *IEC 61970-453: Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 453: CIM based graphics exchange.* – Geneva. – 2008. – 16 p.
8. *IEC 61970-501: Energy management system application program interface (EMS-API) - Part 501: Common Information Model Resource Description Framework (CIM RDF) schema.* – Geneva. – 2006. – 19 p.
9. *IEC 61968-11: Application integration at electric utilities – System interfaces for distribution management - Part 11: Common information model (CIM) extensions for distribution.* – Geneva. – 2010. – 162 p.
10. *International Standard IEC 60044-7: Instrument transformers – Part 7: Electronic voltage transformers.* – Geneva. – 2007. – 69 p.
11. *International Standard IEC 60044-8: Instrument transformers – Part 8: Electronic current transformers.* – Geneva. – 2007. – 124 p.
12. *International Standard IEC 61850: Communication networks and systems in substations.* – Geneva. – 2010. – 1835 p.

УДК 621.391

С.Е. Танкевич¹, инж. 1-й кат., **И.В. Блинов²**, канд. техн. наук

1, 2 – Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина

Общая информационная модель адаптивного трансформатора тока и напряжения высоковольтной ЛЭП

Определены основные принципы общего информационного моделирования и рассмотрены его основные составляющие. Разработана общая информационная модель адаптивного трансформатора тока высоковольтной ЛЭП. Библ. 12, рис. 4.

Ключевые слова: общая информационная модель, измерительный преобразователь тока, информационное взаимодействие, автоматизированная система управления.

S.E. Tankevych¹, I.V. Blinov²

1, 2 – Institute of electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,
Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Common information model of adaptive current and voltage transducer for high voltage power transmission lines

The general aspects and main packages of Common Information Modeling are described. The Common Information Model of adaptive current and voltage transducer for high voltage power transmission lines is developed. References 12, figures 4.

Key words: common information model, instrument current transducer, informational interoperate, automated control system.

Надійшла 2.02.2011

Received 2.02.2011