

ДОСВІД «РАДІЯ»: ПЛАТФОРМИ НА БАЗІ FPGA

У НВП «Радій» багата історія співпраці з діючими АЕС, а також багаторічний досвід установки нових Інформаційно-керуючих систем (ІКС) за проектами «під ключ». Підприємство використовує технологію програмуваних логічних інтегральних схем (FPGA) у ролі обчислювачів у цифровій платформі для реалізації рішень в ІКС АЕС.

Проекти в Україні та за кордоном

Встановивши понад 100 систем і успішно пройшовши сертифікацію на відповідність рівню повноти безпеки (SIL) 3 відповідно до стандарту Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) 61508: 2010 року для нової платформи RadICS, компанія «Радій» продемонструвала високий рівень технологічної зрілості, що підвищує безпеку в ядерній сфері. ІКС компанії «Радій» встановлені у системах, пов'язаних з безпекою всіх діючих АЕС в Україні, а також на АЕС «Козлодуй» у Болгарії. До встановлених систем належать:

- програмно-технічний комплекс системи аварійного та попереджувального захисту (ПТК АЗ-ПЗ),
- програмно-технічний комплект автоматичного регулювання, розвантаження і обмеження потужності реактора та прискореного попереджувального захисту (ПТК АРП-РОП-ППЗ),
- програмно-технічний комплекс керуючих систем безпеки (ПТК УСБ),
- програмно-технічний комплекс групового та індивідуального управління (ПТК СГІУ),
- програмно-технічний комплекс системи нормальної експлуатації реакторного та турбінного відділень,

- електротехнічне обладнання.

Компанія «Радій» надала підтримку компанії Candu Energy Inc. (Канада) у спільних проектах з модернізації систем управління на АЕС Embalse (Аргентина), компанії OPG на АЕС Pickering (Канада), компанії EdF на випробувальній платформі ІКС (Франція) і компанії IPEN із модернізації ІКС консолі управління та ядерних каналів дослідного реактора IEA- R1 (Бразилія).

Для розробки і проектування ПТК НВП «Радій» застосовує процеси, що відповідають вимогам ISO 9001: 2015-го, МЕК 61508, IAEA GS-R-3, а також спеціальним вимогам для ядерних ІКС, як описано в стандартах МАГАТЕ і МЕК для ядерних об'єктів.



Модулі платформи RadICS

НАША ДОВІДКА

Науково-виробниче підприємство (НВП) «Радій» - провідний український розробник та постачальник передових інформаційно-керуючих систем для атомних електростанцій і теплових електростанцій. НВП «Радій» реалізує повний цикл розробки, включаючи проектування, виготовлення, випробування і налагодження устаткування. Персонал підприємства налічує понад 1000 працівників, в тому числі понад 300 висококваліфікованих розробників.

Цифрова інформаційно-керуюча платформа RadICS складається зі стандартних модулів, які можуть бути налаштовані і застосовані для виконання функцій, орієнтованих на конкретне застосування. Платформа RadICS складається стандартних модулів, кожен з яких створений із застосуванням технології FPGA.

Платформа безпеки на базі FPGA виробництва НВП «Радій» сертифікована по SIL-3 і готова для впровадження в різні системи на АЕС. На даний момент платформа RadICS сертифікується щодо вимог U.S. NRC.

З 2003 року НВП «Радій» розробив, виготовив і запустив в експлуатацію 100 додатків під ключ на базі FPGA.

Оцінювання підтвердило якість

Базова архітектура платформи RadICS складається із шасі, що містить логічний модуль, а також до 14 модулів введень/висновків і модулів волоконно-оптичного зв'язку.

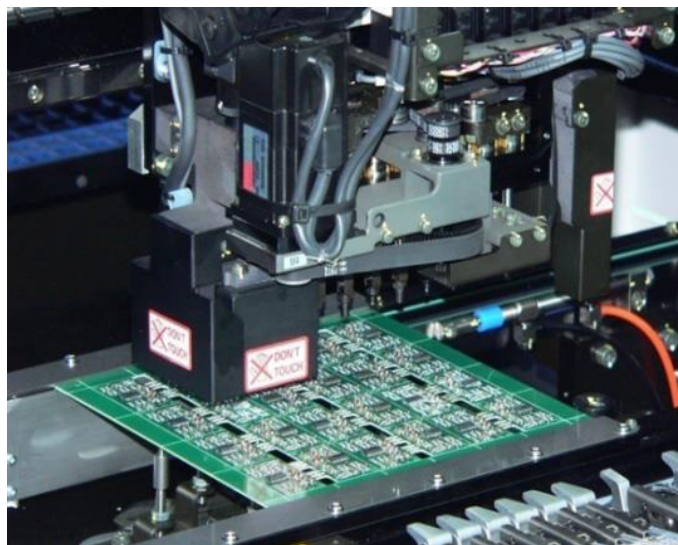
Для розробки програми НВП «Радій» надає інструмент під назвою RadIy Product Configuration Toolset (Комплект інструментальних засобів для конфігурації продукту Радій). Цей інструмент може бути використаний для налаштування логіки для різних додатків із використанням бібліотеки функціональних блоків.

Окрім того платформа RadICS включає у себе багатофункціональний самоконтроль в режимі онлайн і діагностику на різних рівнях, в тому

числі контроль живлення FPGA, контрольний таймер, цикл перевірки надмірності (CRC) і моніторинг ефективності роботи інструментальних схем FPGA, модулів введення/висновку, модулів зв'язку і джерел живлення.

Однією із головних переваг використання платформи RadICS є підвищення надійності роботи обладнання завдяки кільком чинникам:

- використання FPGI;
- високої надійності і функціональної безпеки;
- всеосяжного тестування;
- гнучкого управління конфігурацією;
- глибини самодіагностики понад 99%;
- часу реагування системи (<10 ms);
- можливості «гарячої заміни» модулів;
- високого рівня стійкості до зовнішніх впливів;
- спрощенню аналізу розвитку аварійних ситуацій на енергоблоці;
- підвищенню захисту від помилкових дій персоналу і зміни умов експлуатації.



Також перед розробниками платформи стояло завдання знизити витрати на обслуговування, чого і було досягнуто завдяки скороченню загального числа обладнання в 3-4 рази (шафи, збірки, датчики, кабельна продукція); скороченню номенклатури блоків і модулів в 2-3 рази; скороченню витрат на міжремонтне обслуговування завдяки відсутності необхідності технічного обслуговування, спрямованого на виявлення прихованих відмов або погіршення характеристик.

Вагомими факторами також стало скорочення часу на проведення регламентних перевірок та на метрологічне калібрування завдяки автоматизації процедур і збільшення точності вимірюваль-

відповідають вимогами SIL3 і платформа RadICS відповідає вимогам SIL3.

Нові проекти: трансатлантичний вектор



НВП «Радій» завжди шукає нові можливості для свого бізнесу і продукції. Одна з найбільш амбітних бізнес-цілей компанії – представити цифрову інформаційно-керуючу платформу RadICS на ядерному ринку США. В результаті докладених зусиль НВП «Радій» створив дочірню компанію ТОВ «Радікс» в 2012 році. Зараз компанія має 28 кваліфікованих співробітників, включаючи інженерів-конструкторів і відповідає за всі активності для міжнародних проектів програм на платформі RadICS, за винятком виготовлення обладнання платформи RadICS. Головна стратегія ліцензування в США – це демонстрація відповідності основної платформи RadICS і її якості, а також процесів життєвого циклу ПЗ американським вимогам з атомної безпеки.

У 2015 г. «Радій» розпочав співпрацю з компанією Global Quality Assurance для підтримки ТОВ «Радікс» у формуванні системи управління якістю відповідно до стандартів 10 CFR, частина 50, Додаток Б, ASME NQA-1-2008, NQA-1a-2009 і 10 CFR 21. 23-26 лютого 2016 року компанія Global Quality Assurance успішно провела внутрішній аудит комерційної оцінки в компанії НВП «Радій» у Кропивницькому (колишній Кіровоград).

Завданням аудиту було підтвердити, що система управління якістю НВП «Радій» передбачає всі види контролю з необхідними характеристиками для забезпечення виконання всіх вимог виробництва згідно з Кваліфікацією продукту для ядерної енергетики, які відповідають стандарту

ного каналу; зниження витрат на кваліфікацію персоналу завдяки застосуванню розвинутої системи внутрішньої самодіагностики і наявності механічних кодувальних елементів блоків/модулів.

Стандарт МЕК 61508 надає способи сертифікації систем на основі чотирьох заданих рівнів повноти безпеки (SIL 1-4), де SIL4 – цей найвищий рівень. Процес сертифікації SIL вимагає, щоби продукція, розроблена згідно з планом управління функціональною безпекою, підлягала перевірці незалежним органом сертифікації. План управління функціональною безпекою враховує всі вимоги МЕК 61508 і зобов'язує застосовувати їх під час всього терміну служби продукції.

Процес сертифікації SIL, зазначений в МЕК 61508, вимагає підготовки безлічі документів, характерних для кожного з етапів життєвого циклу продукції. Ці документи підлягають незалежному аудиту та оцінюванню органом сертифікації.

Оцінювання, виконане компанією Exida, а також остаточна незалежна оцінка функціональної безпеки, підтвердили: процеси компанії «Радій»

10CFR50, Додаток Б.

14 липня 2015 року представники НВП «Радій» зустрілися з представниками компанії U.S. NRC в Роквіллі (США) у процесі сертифікації платформи RadICS на базі FPGA. Метою зустрічі було надати технічну інформацію про платформу RadICS, домовитися про передачу на розгляд тематичного звіту «Радікс», а також отримати оцінку U.S. NRC про платформу, спільний план та розклад ліцензування.

Сторони уважно вивчили характеристики цифрової інструментально-керуючої платформи RadICS і процесу розробки; систему управління якістю RadICS і програму ліцензування; план кваліфікації продукту для ядерної енергетики і план кваліфікації.

У вересні 2016 року НВП «Радій» надав тематичний звіт U.S. NRC, який був прийнятий до детального аналізу в грудні 2016.

Аргентинський проект

За два роки до цього, у 2014 році, НВП «Радій» виконав два проекти модернізації для АЕС Embalse в Аргентині у співпраці з канадською компанією CANDU Energy. Ядерні програми, розроблені в рамках двох проектів, ґрунтувалися на платформі RadICS.

Перший проект включав розробку системи аварійного оповіщення на блочному щиті управління (БЩУ), резервному щиті управління (РЩУ) АЕС Embalse.

Українське підприємство надало цілу низку обладнання: панель імітації, релейний модуль, блоки електроживлення, контролер системи аварійного оповіщення, комплект сигналізації РЩУ і БЩУ.

Як платформу для обладнання систем аварійного оповіщення «Радій» використовував модулі і шасі стандартної платформи RadICS на базі FPGA. Ці модулі сертифіковані як SIL 3 за стандартом IEC 61508. Це обладнання пройшло певні випробування кваліфікації відповідно до стандартів IEEE і IEC, які підтвердили стабільність в різних робочих умовах.

Другий проект модернізації на АЕС Embalse

NPP включав розробку Блоку обробки сигналів (SPU) системи контролю швидкості обертання головного циркулярного насоса, який був роз-



роблений для реалізації алгоритму аварійного захисту із швидкості обертання головних циркуляційних насосів (ГЦН). Система моніторингу та діагностика переводять SPU в безпечний стан у випадку виявлення критичної відмови. Блок SPU пройшов кваліфікацію за MEK 61513 Клас 1 і підтримує функції безпеки Категорії А.

11-21 березня 2014 року, після того як «Радій» провів всі кваліфікаційні випробування, проходили заводські приймально-здавальні випробування Панелі індикації БЩУ і РЩУ, засвідчені компанією Candu Energy. Результати приймально-здавальних випробувань і кваліфікаційних випробувань показали, що обладнання повністю відповідає специфікації клієнта і застосовним стандартам. Використання платформи RadICS на базі FPGA у тісній співпраці з Candu Energy Inc., також як і переконливий досвід розробки «Радію» були невід'ємними складовими для успішного завершення проектів.

Обладнання для французьких АЕС

У жовтні 2014 року НВП «Радій» підписав контракт з Électricité de France (EdF) на поставку прототипу ІКС на базі FPGA, заснованого на платформі RadICS. Прототип служить в дослідницьких цілях з можливістю подальшого впровадження на АЕС, оператором яких є компанія EdF. Проект тривалістю в півроку завершився постачанням прототипу разом з документацією, інструментарієм для розробки програми, а також було створено управляючий додаток спеціально



для EdF. Обсяг послуг також включав навчальний курс щодо запуску і експлуатації прототипу, з подальшим вивченням і розробкою тривалістю в три роки та можливим продовженням ще на такий самий період.

Виконуючи цей проект, фахівці НВП «Радій» провели навчальний курс із застосування і експлуатаційних можливостей платформи ІКС RadICS I&C для наукових співробітників EdF в Шату (Франція). Даний проект дав можливість EdF ознайомитися з розробкою програми для ІКС на базі FPGA як для модернізації АЕС, так і для нових проектів.

Реалізуючи Комплексну зведену програму підвищення безпеки АЕС України, яку виконує НАЕК «Енергоатом» і частково фінансує ЄБРР/Євратом, в 2016 році НВП «Радій» уклало договір на модернізацію систем нормальної експлуатації важливої для безпеки реакторного та турбінного відділень (СНЕ СБ РВ і СНЕ СБ ТО) для 3-го енергоблоку ВП «Рівненська АЕС».

На початку 2017 року устаткування СНЕ СБ ТО було відвантажено і успішно введено в експлуатацію. Виготовлення СНЕ СБ РВ завершено, пройшли приймально-здавальні випробування, обладнання було відвантажено замовнику. Монтаж і введення в експлуатацію будуть проводитися на початку 2018 року.

Також в 2017 році були підписані контракти,

згідно з якими буде проведена поставка продукції для модернізації системи управління приводами СУЗ (системи управління і захисту), включаючи систему силового живлення для 3, 4 і 5 енергоблоків ВП «Запорізька АЕС»; за цим контрактом вся продукція вже поставлена замовникові.

Домовилися також про модернізацію керуючих систем безпеки із заміною уніфікованих комплексів технічних засобів (УКТЗ) на 3 енергоблоці ВП «Рівненська АЕС»; за цим контрактом виконана часткова поставка обладнання, протя-

гом першого кварталу 2018 року відвантажено інше обладнання.

Запланована модернізація системи автоматичного регулювання потужності реактора (АРМ), розвантаження і обмеження потужності реактора (РОМ) на 4 і 5 енергоблоки ВП «Запорізька АЕС»; очікується поставка обладнання в 2018 році.