

ЮТИЛИТИС

АПРИЛ 2023 Г. • БРОЙ 3 (207)
ГОДИНА XXI • ЦЕНА 9 ЛВ.

www.utilities.bg
ISSN 1312-3017



НАУКА
И БИЗНЕС

ЯДРЕНА
ЕНЕРГЕТИКА

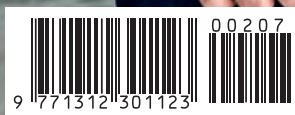
НОВИЯТ
ПАЗАРЕН
МОДЕЛ НА ЕС

Теодор Бобочиков

Ентра Енерджи

Проф. дн инж. Валери Младенов

Технически университет – София



9 771312 301123

Ефективни решения за наблюдение на активната зона на ядрен реактор

Модернизацията на системите за вътрешно-реакторен контрол е особено актуална в светлината на бъдещото увеличаване на капацитета на съществуващите АЕЦ

Системата за вътрешно-реакторен контрол (СВРК), произведена от консорциума ПАО НПП Радий, Украйна и Studsvik, Швеция, е система за наблюдение на ядрено гориво на реактора, която, използвайки сензори за неутронния поток в реактора, равномерно разпределени по височината и азимута на активната зона, непрекъснато предоставя на операторите в контролната зала информация за текущото състояние на активната зона и също така извършва прогноза за до 72 часа напред. Консорциумът включва реномирани компании с дългогодишна история в ядрената енергетика, което гарантира не само качеството на

продукта, но и надеждната техническа поддръжка в дългосрочен план.

Модернизацията на Системата за вътрешно-реакторен контрол (СВРК) е особено актуална в светлината на бъдещото увеличаване на капацитета на съществуващите атомни електроцентрали до 104% от номиналната мощност или повече. Такова увеличение на мощността изисква повишаване на точността на изчисленията и прогнозите на СВРК, за да се осигури гарантиран контрол на състоянието на ядреното гориво във всяка отделна горивна касета в реално време.

Особености на СВРК-Р

Оборудването ПТК СВРК-Р е съставено от съвременни компо-

Модернизацията на СВРК е особено актуална в светлината на бъдещото увеличаване на капацитета на съществуващите АЕЦ до **104%** или повече.

ненти. Платформата RadiCS е лицензирана за използване в системи от класове на безопасност 2 и 3 и е многократно тествана в енергоблокове на АЕЦ с реактори ВВЕР. Софтуерно-хардуерният комплекс СВРК-Р, произведен от ПАО НПП "Радий", има следните отличителни характеристики:

1. Оборудването е инсталирано в шест шкафа по такъв начин, че да не се нарушават съществуващите кабелни връзки и да се минимизират разходите за наджраждане.
2. Във всеки шкаф на СВРК-Р са монтирани две шасита: едното за получаване на сигнали от канала за неутронно измерване (КНИ), а второто – за приемане на сигнали от датчици за процесите в реактора (пълният набор от модули се определя от изходните данни).
3. Всяко шаси е оборудвано с два логически модула за функционална обработка на КНИ-сигнали, които се резервират един друг.
4. Всеки логически модул (ЛМ) в шасито има два оптични (напълно идентични) канала за предаване на информация по Ethernet мрежа (по еднопосочен UDP протокол). Използването на UDP гарантира защитата на ЛМ модулите от неоторизирано проникване на зловреден софтуер.
5. На всеки оптичен канал на всеки 5 ms всеки ЛМ модул предава пакети данни, получени от модулите за приемане на КНИ-сигнали, както и диагностична ин-



© coddy, iStock



GARDEL

е усъвършенстван модул за основни физически изчисления в реално време

осъществява с помощта на специален патентован протокол на Рагий и е защитена с технически мерки за защита срещу неоторизиран достъп (механични ключове и софтуерна парола за достъп).

формация за състоянието на всички модули.

6. Всеки ЛМ има специален оптичен вход (TUNING) за настройка на основни елементи за обработка на (време на отпадане, скали, коефициенти и др.). Връзката към входа TUNING се

7. Събирането и първичната обработка на данните от всички модули се извършва в първични сървъри. Всеки сървър е високопроизводителна конфигурация на Hewlett-Packard. Всеки сървър има RAID масив от твърди дискове за гарантирано съхранение на данни.
8. Сигналите на всеки ЛМ се събират в мрежовите комутатори на всеки сървърен шкаф. По този начин, ако един превключвател

се повреди, сигналите от всички ЛМ ще пристигнат до двата сървъра през другия.

9. След първична обработка, данните се прехвърлят към оперативния сървър за физически изчисления, където се извършват необходимите изчисления на основните параметри на активната зона на реактора. Обработените данни се изпращат в архива, а също така се прехвърлят на горното ниво за показване на потребителите (оператори в контролната зала, контролиращи физици, персонал по поддръжката).

10. Всеки модул за събиране на КНИ-данни също така генерира изходни токови сигнали, които могат да бъдат използвани за по-нататъшна обработка от външно оборудване (ако има такова), за да се изолира шумовият компонент за наблюдение на състоянието на структурните елементи на ядрото (вибрации, изкривявания и т.н.).

11. Програмата СВРК-Р е реализирана на базата на усъвършенствания програмен продукт за изчисляване на ядрено-физичното състояние на активната зона GARGEL, разработен от Studvik. Основният изчислителен механизъм е разработен на базата на системата за изчисление на активната зона (CMS5) за реактори с вода под налягане от типа ВВЕР-1000/В-320.

GARDEL е усъвършенстван модул за основни физически изчисления в реално време с вграден контрол на реактивността. Той съчетава CMS5 кода на Studvik с ефективна технология за база данни и графичен потребителски интерфейс, който може да бъде персонализиран, за да отговаря на нуждите на клиента. Софтуерът GARDEL вече е внедрен в повече от 40 ВВЕР реактора с различни дизайни и в момента се инсталира в други девет ВВЕР реактора в АЕЦ в Европа и в САЩ. Може да работи

ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА

и с горивни касети на ТВЕЛ, Westinghouse, както и със смесени товари. Възможно е да се достави на Клиента софтуерен пакет за подготовка на постоянното обезпечаване на СВРК и за изчисляване на неутронно-физичните характеристики (НФК).

Софтуерът GARDEL има широка референтност, отличава се с разширени функции за прогнозиране на състоянието на ядрото и възможност за персонализиране според нуждите на конкретен клиент. Функционалността и техническите характеристики на системата съответстват и надвишават функционалността на СВРК системата „Крузиз“. Използването на сертифициран инструмент за математическо моделиране, доказал се през годините на работа в много АЕЦ в Европа и САЩ, осигурява висока точност на изчисленията, недостижима за съществуващите аналози.

Процедура по внедряване в Украйна

Внедряването на СВРК-Р-1000 е извършено въз основа на изискванията на техническото задание, разработено от специалистите на АЕЦ „Ровно“ за провеждане на търг за подмяна на системи в блок 3. Техническата спецификация почти напълно повтаря характеристиките на ПТК СВРК, който в момента се експлоатира в АЕЦ „Ровно“-3 със софтуера от най-високо ниво „Крузиз“. За да се разширят възможностите за предоставяне на информация на контролиращите физици и операторите в контролната зала, бяха предоставени алтернативни стилове за показване на информация и възможност за създаване на собствени видео кадри, отчети и др.

Особено внимание в новия ПТК СВРК-Р е отделено на реализацията на възможностите на системата за работа с горивни касети от различни производители като ТВЕЛ (Руската Федерация), Westinghouse (САЩ), включително смесени преходни натоварвания на активната зона, както и

прогнозиране възможности за подгъждане на работата на блока в режими след зареждане.

За получаване на официално разрешение за използване на техническите средства на хардуерно-програмния комплекс СВРК-Р и софтуера GARDEL в украинските АЕЦ през 2021 г. бяха представени необходимите документи в Държавната комисия за ядрено регулиране на Украйна и беше получено разрешение за провеждане на пробна експлоатация по време на кампания 2022-23 г. на един шкаф ШФС-ВРК със софтуер GARDEL-WWVER на работещ енергоблок.

През април 2022 г. на енергоблок № 3 на АЕЦ „Ровно“ един от

КНИ беше официално изключен от персонала на СВРК и свързан към шкафа на СФС-ВРК „Рагий“. Информацията се обработва от софтуера GARDEL-WWVER, инсталиран на високопроизводителен сървър на НР. За показване на информация в контролната зала на блок 3 беше инсталиран специален допълнителен монитор.

Освен това беше доставен и монтиран допълнителен комплект оборудване в пълномащабния симулатор за ВВЕР-1000 на АЕЦ „Ровно“ за провеждане на задълбочени изследвания въз основа на резултатите от десет предишни зареждания с гориво на енергоблок 3 на АЕЦ „Ровно“. През 2022 г. специалистите на централата

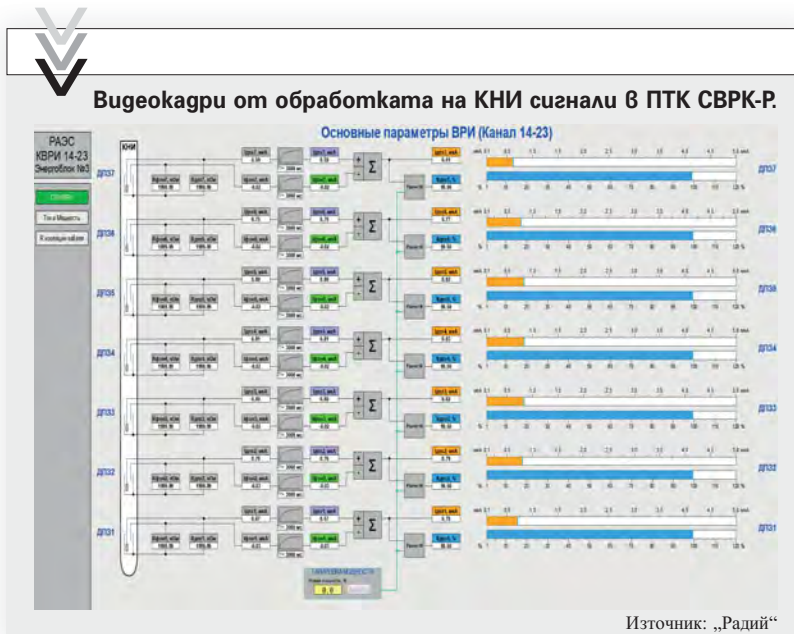


анализираха работата на софтуера GARDEL-WWVER и сравниха резултатите от него с архивирани данни на софтуера „Крузиз“.

Тази година приключва пробната експлоатация на хардуера и софтуера. Според одобрените резултати от изпитванията на ШФС-ВРК, АЕЦ „Ровно“ издаде технически доклад № 152-35/21-ЗВ-ЦТАВ „Отчет за работата на токовия измервателен канал БДПЗ на база на шкаф ШФС-ВРК, произведен от ПАО НПП „Радий“ за енергоблок 4 на АЕЦ „Ровно“.

Въз основа на резултатите от проверката на пълномащабния симулатор и пробната експлоатация на енергоблок 3 на

Софтуерът GARDEL е внедрен в повече от **40** реактора с вода под налягане по целия свят.



АЕЦ „Ровно“, софтуерът GARDEL-WWVER е валидиран за използване в действащи енергоблокове на украинските АЕЦ с реактори ВВЕР-1000, включително в динамични режими.

Въз основа на резултатите от прегледа, методологията за изчисляване на константите и резултатите от пилотната експлоатация на енергоблок 3 на АЕЦ „Ровно“ GARDEL е одобрена от ядрения регулатор на Украйна за използване в украинските АЕЦ за наблюдение на активната зона на реактори ВВЕР-1000, включително в динамични режими.

Относно софтуера за физически изчисления GARDEL

Софтуерът СВРК GARDEL се използва в голям брой атомни електроцентрали по света:

- 1) Като система за оперативен мониторинг:
 - 39 енергоблока с PWR реактори
 - 6 енергоблока с BWR реактори
- 2) Като система за инженерни изчисления:
 - 6 енергоблока с PWR реактори
 - 2 енергоблока с BWR реактори.

Освен това софтуерът GARDEL

лесно се интегрира в съществуващи основни модели на пълномащабен симулатор за прогнозиране и изследване на изгарянето на гориво при изчисляване на нови параметри на горивото. Функцията за автоматично събиране на данни и изграждане на модел е специфична за кампанията и гарантира, че функционалността на симулатора е изпълнена и съответствие със стандартите и разпоредбите – включително 10CFR55, SOER 96-02 и ANSI 3.5.

Комбинацията от най-добри практики за изчисляване на състоянията на реактора, ефективна технология за база данни и високоефективен, адаптивен графичен потребителски интерфейс, предложен от консорциума Радий/Studsvik, намалява несигурността и степента на консерватизъм, които ограничават производителността на реактора, когато мощността се увеличи до 104% от номиналната или повече.

Софтуерът GARDEL е внедрен в повече от 40 реактора с вода под налягане по целия свят.



© Енергоатом

Studsvik

ADEN
GROUP

radiy
RESEARCH & PRODUCTION CORPORATION