

# Ефективни решения за наблюдение на активната зона на ядрен реактор

Модернизацията на системите за управление в реакторите е особено актуална в светлината на бъдещото увеличение на капацитета на съществуващите ядрени централи до 104 процента или повече

**С**истемата за **вътрешно-реакторен контрол (СВРК)**, произведена от консорциума ПАО НПП Рагий, Украйна и Studsvik, Швеция, е система за наблюдение на ядреното гориво на реактора, която, използвайки сензори 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. Използването на сертифициран инструмент за математическо моделиране, доказан през годините на експлоатация в много атомни електроцентрали в Европа и САЩ, гарантира висока точност на изчисленията, която е непостижима за съществуващите аналози.

Модернизацията на системите за управление в реакторите е особено актуална в светлината на бъдещото увеличение на капацитета на съществуващите ядрени централи до 104 процента или повече. Такова увеличение на мощността изисква повишена точност на изчисленията и прогнозиите на СВРК, за да се осигури гарантиран контрол върху състоянието на ядреното гориво във всяка горивна сборка (ТВС) в реално време.

## Същност на СВРК-Р

Софтуерно-хардуерният комплекс СВРК-Р, произведен от ПАО НПП Рагий, има следните отличителни характеристики:

1. Хардуерът е инсталиран в шест шкафа, за да не се нарушават съществуващите кабелни връзки.
2. Във всеки шкаф са монтирани две шасита: 1-во – за приемане на сигнали от КНИ (канал за неутронно измерване), 2-ро – приемащо сигнали от датчици (пълният набор от модули ще бъде определен въз основа на първоначалните данни).
3. Всеки логически модул (ЛМ) в шасито има два оптични (напълно идентични) канала за предаване на информация през Ethernet мрежата (UDP протокол).
4. На всеки канал на всеки 5ms всеки ЛМ модул предава пакети данни, получени от модулите, както и диагностична информация от всички модули.
5. Всеки ЛМ има специален оптичен вход (TUNING) за настройка на основните елементи за обработка на данни (време на отпадане, скали, коефициенти и др.). Свързването към входа TUNING е възможно само с помощта на специален протокол Рагий.
6. Сигналите на всеки ЛМ се събират в комутаторите на всеки шкаф. По този начин, ако единият комутатор се повреди, сигнали от всички ЛМ ще бъдат изпратени към двата РС през другия.



СВРК на Рагий и Studsvik извършва прогноза за до

**72**

часа напред за състоянието на активната зона

7. Събирането и първичната обработка на данни от всички модули се извършва в първичните сървъри. Всеки сървър е високопроизводителен компютър на HP. Всеки сървър има RAID масив от твърди дискове за архивиране на данни.
8. След първична обработка, данните се прехвърлят към сървъра за оперативни изчисления, където се извършват необходимите изчисления на основните параметри. Обработените данни влизат в неговия архив, а също така се прехвърлят на горното ниво за разпространение до потребителите (оператори в контролната зала и контролиращи физици).
9. Всеки модул за получаване на сигнали от сензори в реактора също генерира изходни токови сигнали, които могат да се използват за по-нататъшна обработка с цел изолиране на шумовия компонент за управление на механичните елементи на активната зона.
10. Софтуерът е внедрен на базата на подобрен софтуерен продукт за изчисление на основните физични показатели GARDEL, разработен от Studsvik; основният изчислителен механизъм е разработен на базата на системата за управление на активната зона 5 (CMS5) за водо-воден енергиен реактор ВВЕР-1000/V320, в който като охлаждаща течност и модератор се използва вода под налягане.



**Технически средства за СВПК, производство на ПАО НПП Рагий**

GARDEL е усъвършенстван модул за наблюдение на ядрото в реално време с въградени инструменти за управление на реактивността. Комбиниране CMS5 на Studsvik с ефективна технология за бази данни и графичен потребителски интерфейс, който може да бъде персонализиран според вашите нужди. Софтуерът GARDEL вече е внедрен в повече от 40 водо-водни реактори (PWR) с различни дизайни. В момента системата GARDEL се инсталира в още девет леководни реактора. Техническите средства за събиране на сигнали от вътрешно-реакторните сензори, както и софтуерът GARDEL-ВВЕР, в момента работят в тестов режим паралелно със съществуващата СВПК на енергоблок №3 на АЕЦ „Ровно“.

Системата GARDEL е удобна за оператора, тъй като непрекъснато сравнява изчислените и измерени стойности на топлинната енергия на ядрото и показанията от сензорите в реактора. Тези проверки осигуряват незабавно валидиране на основния модел и увереност във възможностите на системата GARDEL.

Надеждните методи и самоактуализиращият се основен модел осигуряват много по-голяма точност от традиционните предварително изчислени таблични модели, които обикновено се използват за наблюдение, проследяване и поддържане на активната зона в периода на експлоатация. Във всеки момент от работния цикъл инженерите могат да анализират предшни състояния на активната зона, да ги сравняват с текущите или да правят прогнозни изчисления, използвайки реалния архив с данни, за да маневрират уверено с мощността на реактора, което е особено важно при работа при мощност над номиналната (104 и повече процента).

Следните доклади бяха представени на Държавната комисия за ядрено регулиране на Украйна (ГК ЯР) за одобрение на подобрената СВПК реактора и официалното ѝ използване в ядрените блокове в Украйна:

- Софтуер за подсистема за физически изчисления (ПЗ ПФР) GARDEL за блокове ВВЕР-1000 –

Софтуерът GARDEL  
вече е внедрен  
в повече от  
**40**  
водо-водни  
реактори с  
различни дизайни

**radiy**  
RESEARCH & PRODUCTION  
CORPORATION

**radICS**

**ADEN**  
GROUP

- общ системен анализ;
- Сравнение на CASMO5 и HELIOS2 за горивни касети за ВВЕР1000;
- CMS5 моделиране за блок 3 на АЕЦ „Ровно“, горивни цикли 24-30.

### **ПЗ ПФР GARDEL. Процедура за възстановяване на захранването.**

ПО GARDEL лесно се интегрира в съществуващи модели на активни зони на пълномасщабни симулатори с цел прогнозиране и изследване на изгарянето на гориво при изчисляване на параметри за ново гориво. Функцията за автоматично събиране на данни и изграждане на основния модел е специфична за кампанията и гарантира, че симулаторът изпълнява функционалните задачи на симулатора и отговаря на стандартите и разпоредбите – включително на 10CFR55.46, SOER 96-02 и ANSI 3.5.

Комбинирайки усъвършенстван анализ на състоянието на реактора, ефективна технология за управление на базата данни и силно адаптивен графичен потребителски интерфейс, СВПК, предлаган от консорциума Рагий/Studsvik, позволява да се намалят факторите на несигурност и степента на консерватизъм, които ограничават ефективността на работата на реактора с увеличаване на мощността до 104 или повече процента от номиналната.

# ЮТИЛИТИС

АПРИЛ 2022 Г. • БРОЙ 11 (107)  
ГОДИНА XX • ЦЕНА 5.75 €

[www.utilities.bg](http://www.utilities.bg)  
ISSN 1312-3017

ХИДРОЕНЕРГИЯ

ЯДРЕНА  
ЕНЕРГЕТИКА

ГАЗОВИ  
ПАЗАРИ

## Данаил Каменов

Съпредседател  
Асоциация „Хидроенергия“

