



Application Note AN-PAN-1013

Analisi online dell'acido borico nell'acqua di raffreddamento dei reattori ad acqua pressurizzata

L'acido borico viene utilizzato per assorbire i neutroni nel circuito primario dei reattori ad acqua pressurizzata (PWR) dei reattori nucleari, controllandone così la reattività. Pertanto, il monitoraggio pressoché continuo delle concentrazioni di acido borico è fondamentale. L'acido borico viene in genere monitorato con metodi di analisi di laboratorio manuali, ma questi richiedono molto tempo e sono soggetti a errori umani. Tuttavia, un'analisi online rapida e affidabile è possibile con 2060 TI Process Analyzer.

Questa Application Note di processo illustra l'analisi online del boro nei reattori nucleari PWR. Il software

adattivo IMPACT di 2060 TI Process Analyzer commuta automaticamente tra diverse burette, ciascuna con una diversa concentrazione di titolante a seconda della concentrazione di acido borico, per mantenere un'accuratezza ottimale nell'intero intervallo di misura. Integrato con il sistema di controllo chimico e del volume (CVCS), il monitoraggio in tempo reale consente di rilevare e mitigare tempestivamente potenziali problemi di concentrazione di acido borico, ottimizzando il controllo del reattore per un funzionamento sicuro ed efficiente.

INTRODUZIONE

Circa il 9% dell'elettricità globale proviene da fonti di energia nucleare [1]. I reattori ad acqua pressurizzata (PWR) sono uno dei tipi più comuni di reattori nucleari per scopi di generazione di elettricità [1]. Il funzionamento sicuro ed efficiente dei PWR è fondamentale per garantire un approvvigionamento energetico affidabile e al contempo proteggere l'ambiente.

In questi reattori nucleari a reazione (PWR), l'acido borico (isotopo B-10, ^{10}B) viene aggiunto al refrigerante primario per regolare la reazione nucleare. Il boro assorbe efficacemente i neutroni, impedendo loro di sostenere il processo di fissione. Regolando la concentrazione di acido borico nel refrigerante, gli operatori possono controllare con precisione la potenza erogata dal reattore.

Il boro è attentamente controllato all'interno del circuito primario e secondario (**Figura 1**). Sebbene

questi circuiti siano progettati per essere altamente confinati, potenziali rischi come incidenti, perdite o fuoriuscite potrebbero portare al rilascio di acqua contaminata nell'ambiente, con un conseguente impatto sulle fonti idriche vicine.

La concentrazione di boro nel refrigerante primario varia da 0 a 2.000 mg/L o più, a seconda della fase del ciclo del combustibile [2]. Questo è significativamente superiore al livello massimo raccomandato per l'acqua potabile, che è di 2,4 mg/L secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) [3] e 1 mg/L secondo gli standard UE [4].

Il CVCS è responsabile della regolazione delle concentrazioni di boro nel liquido di raffreddamento del reattore. Questo sistema regola attentamente la quantità di acido borico aggiunta al circuito primario per mantenere una reattività ottimale e garantire il funzionamento sicuro del reattore.

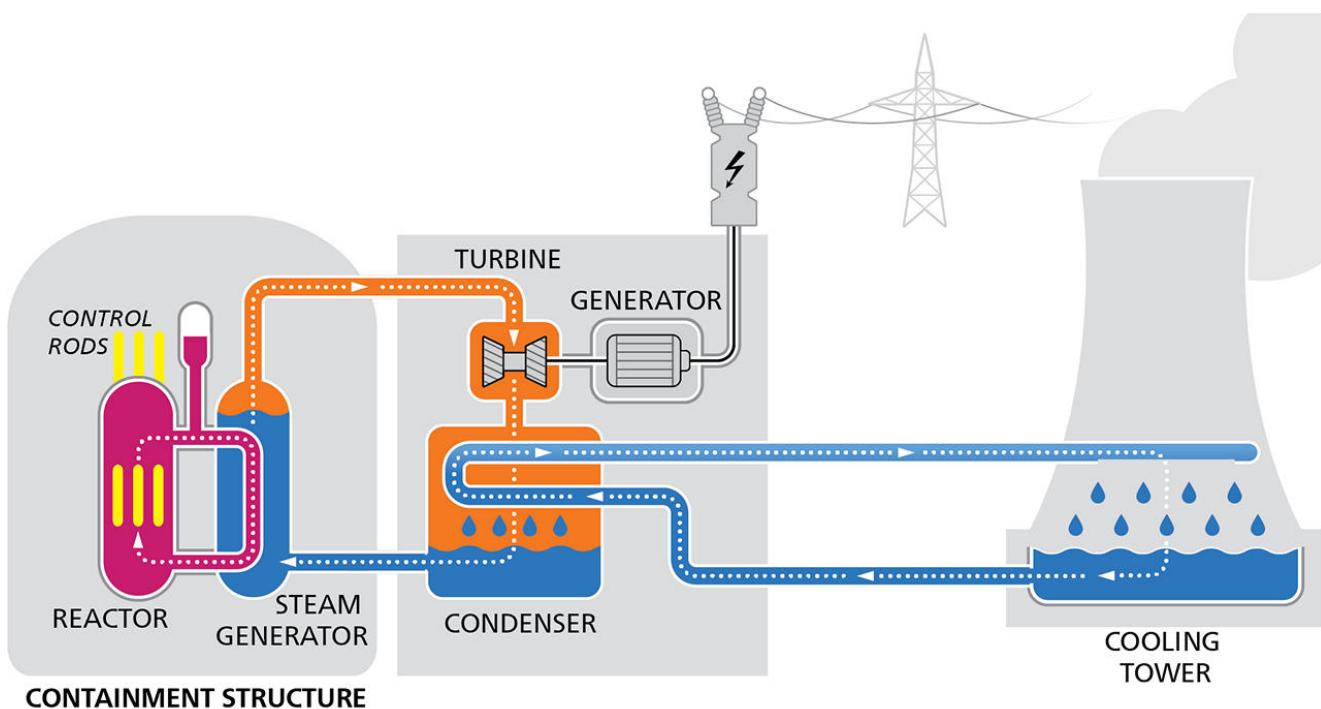


Figura 1. Illustrazione dei vari circuiti dell'acqua in un reattore nucleare (sinistra: circuito primario, centro: circuito secondario, destra: circuito di raffreddamento).

2060 TI Process Analyzer (Figure 2) offre un vantaggio significativo rispetto ai tradizionali metodi di analisi di laboratorio nel settore nucleare. La sua avanzata tecnica di titolazione consente il monitoraggio continuo e in tempo reale delle concentrazioni di boro nel PWR, senza la necessità di test di laboratorio manuali.

Inoltre, la funzione di autocalibrazione dell'analizzatore garantisce una precisione costante

senza richiedere frequenti regolazioni manuali. Grazie alla perfetta integrazione con i sistemi di controllo delle centrali nucleari, **2060 TI Process Analyzer** consente regolazioni automatiche della reattività in base alle concentrazioni di boro misurate. Questa automazione migliora l'efficienza operativa e contribuisce a mantenere prestazioni ottimali del reattore.

APPLICAZIONE

Il monitoraggio online dell'acido borico nell'acqua di raffreddamento è possibile tramite titolazione potenziometrica. Il software intelligente IMPACT utilizzato da 2060 TI Process Analyzer è in grado di

adattarsi automaticamente alle diverse concentrazioni di acido borico e di modificare le concentrazioni della buretta titolante per garantire la massima precisione nell'intero intervallo di misura.

Tabella 1. Concentrazioni tipiche di acido borico riscontrate nei reattori ad acqua pressurizzata.

Parametro	[mg/L]
Boron	0–2000

NOTE

Altre applicazioni di processo relative ai circuiti idrici dei produttori di energia includono silice, sodio, nichel, zinco, calcio, magnesio e cloruro. Misurazioni affidabili di questi parametri critici sono possibili con 2060 TI Process Analyzer di Metrohm Process Analytics (Figura 2).



Figura 2. 2060 TI Process Analyzer è adatto al monitoraggio di numerosi parametri critici nei reattori nucleari ad acqua pressurizzata.

CONCLUSIONE

La capacità di monitorare le concentrazioni di acido borico nell'intervallo 0-2000 mg/L è particolarmente preziosa negli impianti di reattori nucleari (PWR), dove il controllo preciso di questo parametro è essenziale

per un funzionamento sicuro ed efficiente. La versatilità e la precisione dell'analizzatore di 2060 TI Process Analyzer, lo rendono uno strumento prezioso per gli operatori delle centrali nucleari.

RIFERIMENTI

1. *Nuclear Power in the World Today - World Nuclear Association.* <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today> (accessed 2024-08-20).
2. Mesquita, A. Z.; Reis, I. C.; de Almeida, V. F.; et al. Boron-10 Effect on the Reactivity of the IPR-R1 Triga Research Reactor. *Annals of Nuclear Energy* **2019**, 132, 64–69.
DOI:10.1016/j.anucene.2019.04.023
3. *Boron, a key challenge for reverse osmosis systems, successfully treated with LG Chem TFN membranes GWI.* <https://www.globalwaterintel.com/articles/boron-a-key-challenge-for-reverse-osmosis-systems-successfully-treated-with-lg-chem-tfn-membranes-lg-chem> (accessed 2024-08-19).
4. *EU's drinking water standards.* <https://www.lenntech.com/applications/drinking/standards/eu-s-drinking-water-standards.htm> (accessed 2024-08-19).

APPLICATION NOTES CORRELATE

[AN-PAN-1016 Analisi online della silice nell'acqua di alimentazione delle caldaie delle centrali elettriche](#)

[AN-PAN-1032 Monitoraggio della corrosione nelle centrali elettriche con analisi di processo online](#)

[AN-PAN-1038 Produzione di energia: analisi del numero m \(alcalinità\) nell'acqua di raffreddamento](#)

[AN-PAN-1040 Ammoniaca nell'acqua di raffreddamento delle centrali termoelettriche](#)

[AN-PAN-1042 Analisi online delle tracce di anioni nel circuito primario delle centrali nucleari](#)

[AN-PAN-1043 Analisi online delle tracce di cationi nel circuito primario delle centrali nucleari](#)

[AN-PAN-1044 Analisi online delle tracce di ammine nel circuito acqua-vapore alcalino delle centrali elettriche](#)

[AN-PAN-1045 Monitoraggio online degli inibitori di corrosione del rame nell'acqua di raffreddamento](#)

[AN-PAN-1056 Monitoraggio online del sodio nelle centrali elettriche industriali](#)

VANTAGGI DELL'ANALISI NEI PROCESSI ONLINE

- Ambiente di lavoro più sicuro per i dipendenti (reattore nucleare).
- Diagnostica completamente automatizzata: allarmi automatici quando i campioni sono fuori dai parametri di specifica

- Garantire il rispetto degli standard ambientali.
- Elevata precisione per limiti di rilevamento inferiori del boro.



CONTACT

Metrohm Italiana Srl
Via G. Di Vittorio, 5
21040 Origgio (VA)

info@metrohm.it

CONFIGURAZIONE



2060 Process Analyzer

Il 2060 Process Analyzer è un analizzatore chimico per via umida online adatto a innumerevoli applicazioni. Questo analizzatore di processo prevede un nuovo concetto di modularità che consiste in una piattaforma centrale, chiamata «armadio di base». L'armadio di base è composto da due parti. La parte superiore contiene uno schermo tattile e un PC industriale. La parte inferiore contiene una parte flessibile a umido in cui è alloggiato l'hardware per l'analisi effettiva. Se la capacità di base della parte a umido non è sufficiente a risolvere le sfide delle vostre analisi, è possibile aggiungere all'armadio di base fino a quattro ulteriori armadi con parte a umido per garantire uno spazio sufficiente a risolvere le sfide anche delle applicazioni più impegnative. Gli armadi aggiuntivi possono essere configurati in modo tale da combinare ciascun armadio con parte a umido con un armadio per reagente con rilevamento del livello (non a contatto) integrato, in modo migliorare il tempo di funzionamento dell'analizzatore.

Il 2060 Process Analyzer permette di eseguire diverse tecniche chimiche per via umida: titolazione, titolazione Karl Fischer, fotometria, misurazione diretta e metodi di aggiunta standard.

Per soddisfare tutti i requisiti del progetto (o tutte le vostre esigenze), sono disponibili sistemi di precondizionamento del campione, a garanzia di una soluzione per analisi robusta. Possiamo offrire qualunque sistema di precondizionamento del campione, ad esempio sistemi di raffreddamento o riscaldamento, degassificazione e riduzione della pressione, filtraggio e tanto altro.