



بیست و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۶ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

طراحی و ساخت آشکارساز پلاستیک سنتیلاتور میله‌ای جهت استفاده در ارتفاع سنج‌ها

رضا قلی پور پیوندی^۱، سجاد رحمن زاده توت کله^۱، مجتبی عسکری له‌داربنی^{۱*} سیده زهرا اسلامی راد^۲، علی عظیم بگی راد^۱

۱- سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای،

۲- دانشگاه قم، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

چکیده:

امروزه به دلیل پیچیده‌شدن فرآیندهای تولیدی، تعیین ارتفاع مواد درون مخازن از اهمیت بالایی در صنایع شیمیایی، فولاد، غذایی، پتروشیمی و ... برخوردار است. از همین رو در این تحقیق یکی از شیوه‌های نوین اندازه‌گیری که مبتنی بر پرتوهای گاما و آشکارسازی آنها به کمک فناوری پلاستیک سنتیلاتور است مورد بررسی قرار می‌گیرد. فناوری پلاستیک سنتیلاتور سبب می‌شود که ارتفاع مواد در مخازن با دقت بسیار بالایی اندازه‌گیری شوند. در این تحقیق ارتفاع‌سنج پرتو گاما با استفاده از پلاستیک سنتیلاتور ساخته شده و مورد آزمایش قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که سیستم آشکارساز میله‌ای به همراه پلاستیک سنتیلاتور در مقایسه با نمونه آشکارساز نقطه‌ای که در آن از کریستال سدیم یدید (NaI) استفاده شده باشد، دقت اندازه‌گیری را حدود ۱۶ درصد ارتفاع می‌دهد.

کلید واژه: ارتفاع‌سنج پرتو گاما-پلاستیک سنتیلاتور میله‌ای-مخازن فرآیندی

۱. مقدمه

با افزایش محصولات تولیدی در قرن اخیر، فرآیندهای تولیدی به صورت قابل ملاحظه‌ای گسترش یافته‌اند. مخازن تولیدی سبب شده‌اند تا بتوان علاوه بر ذخیره مواد، فرآیندهای جداسازی مواد نامحلول نیز به سهولت انجام گیرد. در همین راستا، تعیین ارتفاع مواد درون مخازن یکی از پارامترهای ضروری کنترل خطوط تولیدی بوده و در کاهش هزینه‌های فرآیند نقش بسزایی دارد. در همین زمینه، در سالهای اخیر دستگاه‌های مختلفی جهت تعیین ارتفاع مواد درون مخازن گسترش یافته‌اند. قدیمی‌ترین و ساده‌ترین فناوری اندازه‌گیری سطح که هنوز در بعضی صنایع کاربرد دارد شناور است [۱]. اصول کارکرد شناورها، شناور شدن یک جسم با چگالی کمتر نسبت به مایع درون مخزن است که معمولاً برای قطع و وصل کردن جریان مایع درون یک مخزن استفاده می‌شوند. روش دیگری که در صنعت برای سنجش ارتفاع مواد کاربرد دارد، استفاده از روش لیزر می‌باشد. در این روش یک گسیلنده لیزر در بالای مخزن، پالس کوتاهی بر روی سطح ماده مورد نظر می‌تاباند و بازتابش این پالس توسط گیرنده دریافت می‌شود. اختلاف زمان میان پرتو گسیل شده و دریافت شده توسط یک مدار زمانی اندازه‌گیری می‌شود و مسافت



بیست و یکمین کنفرانس هشتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

محاسبه می‌گردد. این روش به دلیل هدر رفتن نور در اثر پراکندگی و همچنین آلوده شدن لنز لیزر و عدم ایجاد ساختار روزنه در بدنه مخازن در صنایع شیمیایی که در آن برای مهار فشار بالای خط و همچنین جلوگیری از اثر سمی مواد از مخازن فلزی بسته استفاده می‌شود، کاربردی ندارد [۴-۳]. همچنین روش‌هایی نظیر روش مبتنی بر فشار [۵]، منشور نوری [۶-۷]، خازن [۸] و مغناطیس [۹] نیز در همین زمینه کاربرد دارد. در این روش‌ها محدودیت کاربرد در محیط‌های زلال و شفاف و دقت کم در محیط‌های تحت فشار بالا که به تبع آن ضخامت بدنه مخازن افزایش می‌یابد و عدم کاربرد در محیط‌های اسیدی از جمله محدودیت‌های استفاده از این دستگاه‌ها می‌باشد. بنابراین در مخازنی که امکان دسترسی به درون مخزن در طی فرآیند وجود ندارد و یا به هر دلیلی سنجشگرهای غیرتماسی نسبت به سایر روش ترجیح داده می‌شوند، از دستگاه‌های ارتفاع‌سنج پرتو گاما استفاده می‌شود. در این دستگاه، یک چشمه ماده رادیواکتیو میله‌ای در یک طرف مخزن و سیستم آشکارسازی در طرف دیگر آن قرار می‌گیرد. با توجه به تضعیف پرتوهای گاما ساطع شده از چشمه و شناسایی آنها توسط آشکارساز، ارتفاع مواد درون مخزن اندازه‌گیری می‌شود. سیستم آشکارسازی نقطه‌ای، از یک کریستال سدیم یدید (NaI) جهت آشکارسازی پرتوهای گاما استفاده می‌کند. در این تحقیق، سیستم آشکارساز نقطه‌ای با یک سیستم آشکارساز میله‌ای پلاستیک سنتیلاتور BC-400 جایگزین شده و نتایج نشان می‌دهد که محاسبه ارتفاع مواد بدست آمده نسبت به حالت قبل از دقت بالاتری برخوردار است.

۲. روش کار

روش پرتو گاما در بسیاری از مخازن تحت‌فشار و همچنین مخازنی که در آنها به علت خوردندگی و اشتعال‌زایی مواد، امکان به کارگیری روش‌های اندازه‌گیری غیرهسته‌ای وجود ندارد، کاربرد دارد. برای استفاده از پرتوهای گاما در سیستم‌های ارتفاع‌سنج هسته‌ای، از روش جذب پرتوهای گاما استفاده می‌شود. در روش جذب، چشمه پرتوزا می‌تواند در داخل و یا خارج از مخزن قرار گیرد و سیستم آشکارسازی در بیرون از مخزن نصب می‌گردد. در این سیستم‌ها پرتو گاما پس از برخورد به ماده سیال با توجه به چگالی آن تضعیف شده و به وسیله آشکارساز دریافت می‌شود. تعیین ارتفاع مواد درون مخزن بر اساس عبور پرتو گاما از ماده صورت می‌گیرد. برای این منظور از رابطه تضعیف پرتوی گامای عبوری از میان محصول استفاده می‌شود. شار عبوری تضعیف شده از فرمول (1) به دست می‌آید:

$$I = I_0 \times e^{-\mu' \times \rho \times d} \quad (1)$$

که در آن I شار عبوری از ماده، I₀ شار عبوری بدون حضور ماده، μ ضریب تضعیف جرمی (ضریب جذب) بر حسب cm²/g، ρ چگالی ماده بر حسب g/cm³ و d ضخامت ماده بر حسب cm می‌باشد.

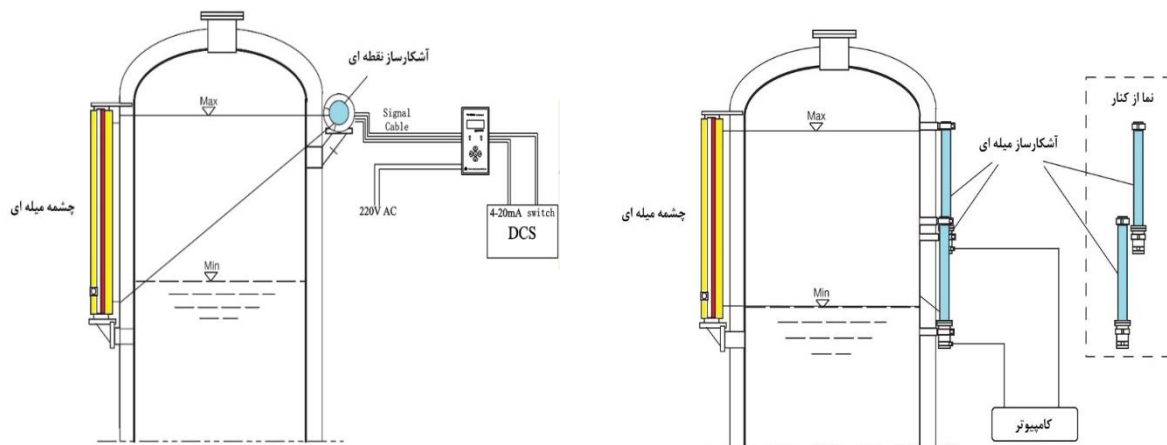
بدیهی است که هرچه قدر ارتفاع ماده در مخزن بالاتر باشد، تعداد پرتوهای گاما دریافت شده توسط آشکارساز



بست و یکمین کنفرانس هفتای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

کمتر خواهد بود. با تغییر میزان ماده موجود درون مخزن یا به عبارتی تغییر ارتفاع مواد، تعداد فوتون‌های آشکار سازی شده تغییر کرده با تحلیل و برازش داده‌های اندازه‌گیری شده توسط سیستم می‌توان ارتفاع مواد موجود در مخزن را با دقت بسیار بالایی بدست آورد. در این تحقیق، برای افزایش دقت در تعیین ارتفاع مواد و همچنین کاهش قدرت چشمه ماده رادیواکتیو، سیستم آشکارساز نقطه‌ای که شامل کریستال سوسوزن سدیم می‌باشد با یک سیستم آشکارساز میله‌ای پلاستیک سنتیلاتور جایگزین می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است دو آشکارساز میله‌ای به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر در یک طرف مخزن و یک چشمه میله‌ای ۱ متری ^{60}Co با اکتیویته mCi ۲ که اکتیویته‌ی آن به صورت یکنواخت توزیع شده است در طرف دیگر مخزن قرار داده می‌شود.



شکل ۲. آشکارساز نقطه‌ای کریستال سوسوزن سدیم یدید

شکل ۱. آشکارساز میله‌ای پلاستیک سنتیلاتور

روند آزمایش بدین صورت است که ابتدا مخزن مورد آزمایش از آب پر شده و سپس به تدریج به کمک یک پمپ با نرخ یکسان خالی می‌شود. در همین زمانتعداد پرتوهای آشکار شده در آشکارساز میله‌ای به همراه ارتفاع آب در مخزن ثبت می‌شود. همین عمل نیز به کمک یک آشکارساز نقطه‌ای کریستال سوسوزن سدیم یدید تکرار می‌شود. با توجه به اینکه هر آشکارساز پلاستیک سنتیلاتور ۵۰ سانتی‌متر از چشمه‌ی میله‌ای را پوشش می‌دهد، انتظار بر این است که به ازای هر آشکارساز، در صورتی که ارتفاع آب درون مخزن خارج از ناحیه‌ی مورد سنجش باشد، میزان پرتوهای آشکار شده ثابت باقی بماند. بنابراین، آشکارساز بالایی بین فواصل ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر و آشکارساز پایینی بین فواصل ۰ تا ۵۰ سانتی‌متر را تحت پوشش قرار می‌دهد.

۳. نتایج

همانطور که در بالا توضیح داده شد، در این تحقیق برای سنجش میزان ارتفاع ماده درون مخزن از آشکارساز پرتو گاما به کمک فناوری پلاستیک سنتیلاتور میله‌ای استفاده شده است. برای مقایسه عملکرد سیستم آشکارساز



بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

نقطه‌ای و سیستم آشکارساز میله‌ای، یک مخزن به ارتفاع ۱۰۰ سانتیمتر از آب پر گردیده و با نرخ ثابتی مقدار آب مخزن به کمک یک پمپ کاهش پیدا کرد. همچنین در همین حین میزان پرتوهای گاما دریافتی به همراه ارتفاع آب درون مخزن ثبت گردید.

جدول ۱. تعداد پرتوهای شمارش شده بر حسب ارتفاع در دو حالت آشکارساز پلاستیک سنتیلاتور و آشکارساز کریستال سوسوزن سدیم یدید

ارتفاع آب در مخزن (cm)	سیستم آشکارسازی میله‌ای پلاستیک سنتیلاتور	
	تعداد پرتوهای آشکار شده توسط آشکارساز پلاستیک سنتیلاتور (cps)	تعداد پرتوهای آشکار شده توسط آشکارساز پلاستیک سنتیلاتور (cps)
۰	۵۱۶۶۰	۴۹۰۱۲
۵	۵۱۶۱۶	۴۵۸۸۰
۱۰	۵۱۵۰۶	۴۳۲۳۷
۱۵	۵۱۲۹۰	۴۰۴۱۶
۲۰	۵۱۰۱۴	۳۷۱۸۹
۲۵	۵۰۵۴۶	۳۳۶۴۰
۳۰	۵۰۰۰۴	۲۹۸۵۶
۳۵	۴۹۳۱۳	۲۵۷۹۶
۴۰	۴۸۰۷۸	۲۱۲۷۲
۴۵	۴۶۸۱۹	۱۷۱۵۸
۵۰	۴۵۰۳۰	۱۳۷۸۵
۵۵	۴۲۱۴۰	۱۱۲۵۳
۶۰	۳۸۶۳۲	۹۵۰۵
۶۵	۳۴۳۱۶	۸۱۴۱
۷۰	۳۰۰۳۲	۷۲۴۵
۷۵	۲۵۵۰۴	۶۵۶۷
۸۰	۲۰۸۷۷	۶۰۵۵
۸۵	۱۶۵۹۷	۵۶۶۳
۹۰	۱۲۳۱۹	۵۳۶۲
۹۵	۸۴۳۱	۵۱۰۸
۱۰۰	۴۹۹۲	۵۰۱۳

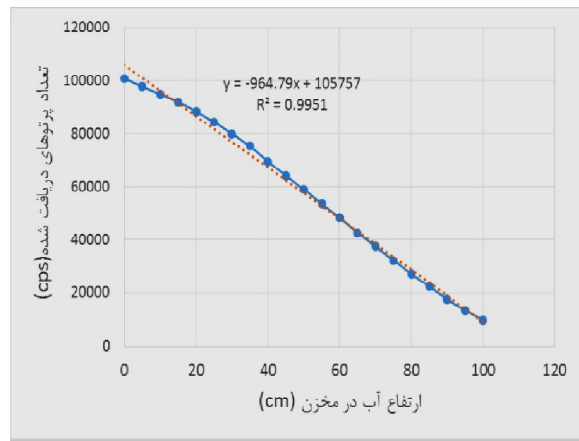
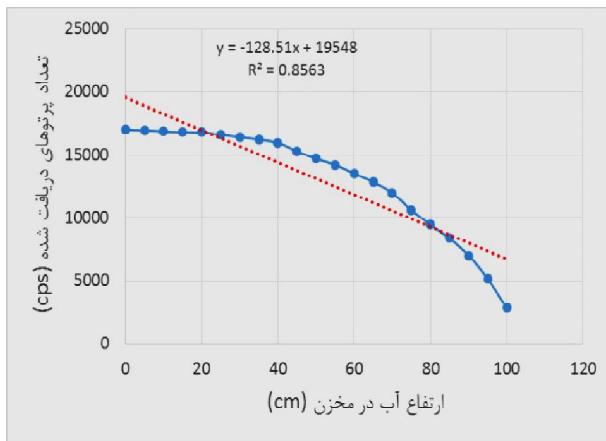
جدول ۱ نتایج آزمایشات مربوط به این دو آزمایش را نشان می‌دهد. در صورتی که مجموع پرتوهای آشکار شده توسط دو آشکارساز میله‌ای پلاستیک سنتیلاتور بالا و پایین نسبت به ارتفاع رسم شود (شکل ۳)، نتایج نشان می‌دهد که یک رابطه خطی با شیب منفی بین ارتفاع و تعداد پرتوهای آشکار شده وجود دارد. بنابراین با برآزش یک رابطه خطی می‌توان با توجه به تعداد پرتوهای آشکار شده، ارتفاع مواد درون مخزن را بدست آورد. در سیستم آشکارساز نقطه‌ای کریستال سوسوزن سدیم یدید، همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، رابطه بین ارتفاع و تعداد پرتوهای آشکار شده غیر خطی بوده و با توجه به اینکه در فرآیند کالیبراسیون دستگاه‌ها، تنها دو ارتفاع پر و خالی مخزن در دسترس می‌باشد، بکار بردن برآزش‌های غیر خطی عملاً امکان پذیر نمی‌باشد. بنابراین همانطور که در



بیست و یکمین کنفرانس هشتاد و یکمین کنفرانس هسته‌ای ایران

۶ و ۷ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است، معیار خوبی برازش (R^2) در حالت استفاده از آشکارساز میله‌ای پلاستیک سنتیلاتور و آشکارساز نقطه‌ای کریستال سوسوزن سدیم یدید به ترتیب ۰.۹۹۵۱ و ۰.۸۵۶۳ می‌باشد.



شکل ۴. رابطه ارتفاع ماده در مخزن با تعداد پرتوهای آشکار شده در

شکل ۳. رابطه ارتفاع ماده در مخزن با تعداد پرتوهای آشکار شده

آشکارساز کریستال سوسوزن سدیم یدید

در آشکارساز پلاستیک سنتیلاتور

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق، روش‌های مختلف تعیین ارتفاع مواد در مخازن و همچنین برتری روش پرتو گاما نسبت به سایر روش‌ها در شرایط مخازن تحت فشار و قابل اشتعال مورد بررسی قرار گرفت. در روش هسته‌ای چشمه ماده رادیواکتیو در یک طرف مخزن و آشکارساز پرتو گاما در سمت دیگر قرار می‌گیرد. پرتوهای گاما ساطع شده از چشمه با مواد درون مخزن برخورد کرده و تضعیف می‌شوند. تعداد پرتوهایی که توسط آشکارساز شناسایی می‌گردند با میزان مواد موجود در مخزن رابطه داشته و از طریق تعداد پرتوهای دریافت شده، ارتفاع مواد درون مخزن بدست می‌آید. در این مقاله، نشان داده شد که دقت اندازه‌گیری در سیستم‌های ارتفاع‌سنج گاما میله‌ای پلاستیک سنتیلاتور نسبت به سیستم‌های آشکارسازی نقطه‌ای کریستال سوسوزن سدیم یدید ۱۶ درصد افزایش می‌یابد. همچنین با بکارگیری پلاستیک سنتیلاتور می‌توان قدرت چشمه ماده رادیواکتیو را کاهش داد که این عمل باعث افزایش ایمنی و کاهش خطر پرتوگیری منطقه‌ی کاربرد می‌شود.

۵. مراجع

- [1] Bruski, D., 'Eight most common Level Sensing Methods', SICK Sensor Intelligence.
- [2] A Dozen Ways to Measure Fluid Levels and How They Work, 2004, Available: <http://www.sensorsmag.com/sensors/leak-level/a-dozen-ways-measure-fluid-level-and-how-they-work-1067>
- [3] ABLE company, 'Radar level gauges'.



بیست و یکمین کنفرانس هسته ای ایران

۷ و ۸ اسفند ماه ۱۳۹۳ دانشگاه اصفهان

- [4] EMERSON Process Management, 'TankRadar REX système de jaugeage de réservoir de haute précision'.
- [5] BABBITT International, 'Magnetic liquid level gauge'.
- [6] BABBITT International, 'LTM-100S magnetostrictive level transmitter'.
- [7] MAG GAGE, 'The platinum level gauge'.
- [8] BERTHOLD Technologies, 'Continous level measurement for cement clinker coolers'.
- [9] BERTHOLD Technologies, 'Concentration measurement for dredging applications'.