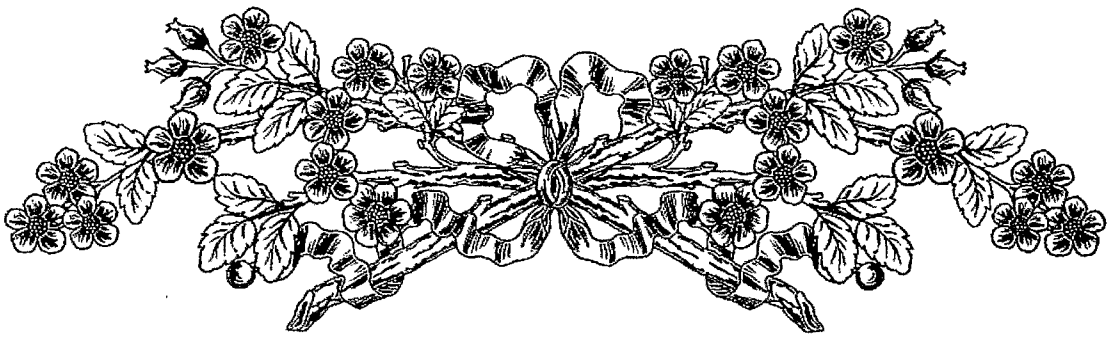
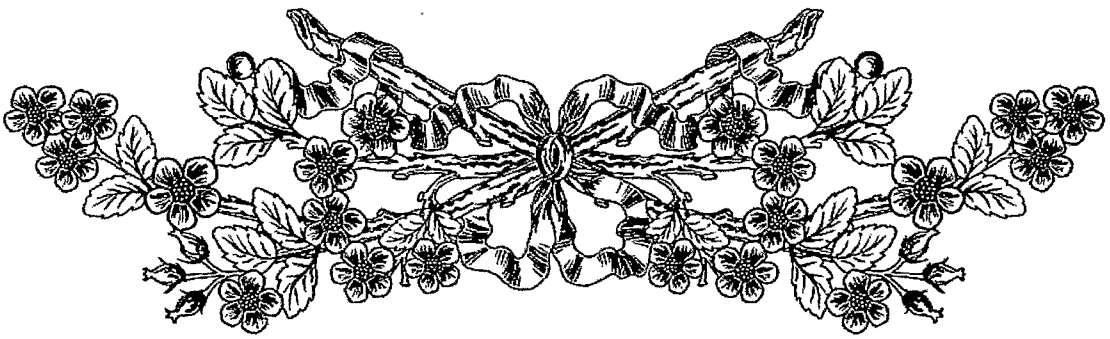


بسم الله



١٤٢٩١٣
أ

دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده مهندسی هسته ای

# طراحی و ساخت دستگاه تشخیص سطح سیال در مخزن

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای
گرایش کاربرد پرتوها

دانشجو:
میترا انصاری

استاد راهنما:
دکتر مجید شهریاری

استاد مشاور:
مهندس امین شرقی ایدو

۱۳۸۹/۱۰۱/۲۲

تیر ماه ۱۳۸۹



۱۴۲۹۱۳

تاریخ .....
شماره .....
پیوست.....

دانشگاه شهید بهشتی

بسمه تعالی

تهران ۱۹۸۳۹۶۳۱۱۳ اوین
تلفن: ۲۹۹۰۱

## " صورتجلسه دفاع از پایان نامه دانشجویان دوره کارشناسی ارشد "

بازگشت به مجوز دفاع شماره **۲۰۰/۱۳۰۶/د** مورخ**۱۳۸۹/۳/۳۰** جلسه هیات داوران ارزیابی پایان نامه خانم **میترا انصاری** به شماره دانشجویی: **۸۶۴۳۰۰۰۷** به شماره شناسنامه: **۱۹۶۴۰** صادره از: **تهران** متولد: **۱۳۶۲** دانشجوی دوره کارشناسی‌ارشد پیوسته/ناپیوسته رشته: مهندسی هسته ای (کاربردپرتوها)

با عنوان:

**طراحی و ساخت دستگاه تشخیص سطح سیال در مخزن**

به راهنمایی:

**آقای دکتر مجید شهریاری**

طبق دعوت قبلی در تاریخ **۱۳۸۹/۴/۹** تشکیل گردید و بر اساس رای هیات داوری و با عنایت به ماده ۲۰ آیین نامه کارشناسی ارشد مورخ ۷۵ /۱۰/۲۵ پایان نامه مزبور با نمره **۱۹,۷۵** و درجه **عالی** مورد تصویب قرار گرفت.

۱- استاد راهنما: **آقای دکتر مجید شهریاری**

۲- استاد مشاور: **آقای مهندس امین شرقی ایدو**

۳- داورداخلی و نماینده تحصیلات تکمیلی: **آقای دکتر فریدون عباسی دوانی**

۴- داور خارجی: **آقای دکترناصر وثوقی**

# قدردانی

پروردگار را شاکرم و سپاسگزار بخاطر هر آنچه که دارم و ندارم، که داشته‌هایم از رحمت خداست و نداشته‌هایم از حکمت خدا.

از خانواده عزیزم که در این راه زحمت فراوانی برای من کشیده‌اند سپاسگزارم بویژه از مادر مهربان و پدر بزرگوارم که در تمام طول تحصیل با صبر و حمایت بی‌دریغ خویش مرا یاری نموده‌اند، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

از راهنمایی‌های ارزشمند و زحمات استاد گرانقدرم، "جناب آقای دکتر شهریاری" در طول انجام پروژه و حمایت‌های علمی و معنوی ایشان بی نهایت سپاسگزارم.

از تمامی اساتید محترم دانشکده مهندسی هسته‌ای بویژه "جناب آقای دکتر عباسی" که زحمت مطالعه، تصحیح و داوری این پروژه را بر عهده گرفتند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از زحمات و راهنمایی جناب آقای دکتر بقراطی و جناب آقای مهندس شرقی تشکر می‌نمایم.

از تمامی دوستان خوبم که در انجام آزمایش‌ها مرا صمیمانه همراهی نمودند بسیار سپاسگزارم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع

این پایان نامه متعلق به دانشگاه شهید بهشتی

می باشد.

**به نام خدا**

**نام ونام خانوادگی: میترا انصاری**
**عنوان پایان نامه: طراحی و ساخت دستگاه تشخیص سطح سیال در مخزن**
**استاد راهنما: آقای دکتر مجید شهریاری**

اینجانب **میترا انصاری** تهیه کننده پایان نامه کارشناسی ارشد حاضر خود را ملزم به حفظ امانت داری و قدردانی از زحمات سایر محققین و نویسندگان بنا بر قانون Copyright می دانم. بدین وسیله اعلام می نمایم که مسئولیت کلیه مطالب درج شده با اینجانب می باشد و در صورت استفاده از اشکال؛ جداول، و مطالب سایر منابع، بلافاصله مرجع آن ذکر شده و سایر مطالب از کار تحقیقاتی اینجانب استخراج گشته است و امانتداری را به صورت کامل رعایت نموده ام. در صورتی که خلاف این مطلب ثابت شود، مسئولیت کلیه عواقب قانونی با شخص اینجانب می باشد.

نام ونام خانوادگی دانشجو: میترا انصاری

امضاء وتاریخ:

تقدیم به

# مادر مهربانم

و

# پدر عزیزم

به شکرانه‌ی وجودشان

# چکیده

**نام و نام خانوادگی : میترا انصاری**

**عنوان پایان نامه :** طراحی و ساخت سیستم تشخیص سطح سیال در مخزن

**استاد راهنما :** دکتر مجید شهریاری | **استاد مشاور :** مهندس امین شرقی ایدو

**درجه تحصیلی :** کارشناسی ارشد | **تاریخ فراغت از تحصیل :** -/-/۱۳۸۸

**رشته :** مهندسی هسته ای | **گرایش :** کاربرد پرتوها

**دانشگاه :** شهید بهشتی | **دانشکده:** مهندسی هسته ای

**کلید واژه ها :** سطح سنج هسته‌ای، چشمه رادیوایزوتوپ، آشکارساز، روش پرتوهای عبوری و پراکنده، کد MCNP ، کاربرد پرتو در صنعت

**چکیده:**

یکی از روش‌های تعیین ارتفاع سطح مواد در داخل مخازن روش هسته‌ای می‌باشد که در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش هسته‌ای نیاز به دسترسی به داخل مخزن وجود ندارد و اطلاعات سطح از بیرون مخزن دریافت می‌شود. همچنین به دلیل نداشتن تماس با ماده درون مخزن عواملی نظیر خورندگی یا سمی بودن ماده و جامد یا مایع بودن آن اشکالی در عملکرد سیستم ایجاد نمی‌کنند. از این روش می‌توان در شرایط کاری مختلف برای صنایع پتروشیمی، آب و فاضلاب، صنعت شیشه و کاغذ، پلاستیک، صنایع مواد غذایی، سیمان، آسفالت، فناوری شیمیایی، فرآوری سنگ معدن و غیره استفاده کرد.

در این پروژه تمامی پارامترهای موثر در طراحی کلید سطح هسته‌ای و سیستم تعیین ارتفاع سطح بصورت پیوسته برای داشتن حساسیت و دقت بالا برای هر کدام بطور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهایی مانند نوع چشمه و اکتیویته‌ی آن، حفاظ چشمه، نوع آشکارساز و موقعیت چشمه و آشکارساز نسبت به هم مورد بررسی قرار گرفتند. برای تعیین بهترین محل قرارگیری چشمه و آشکارساز نسبت به مخزن، سیستم توسط کد MCNP شبیه‌سازی شد. سپس یک نمونه آزمایشگاهی از سیستم سطح سنج هسته‌ای ساخته و مورد آزمایش قرار گرفت. این سیستم قادر است سطح سیال درون مخزن را در یک ارتفاع مشخص با دقت بالایی مشخص کند.

در مورد سیستم کلید سطح هسته‌ای، روش پرتوهای عبوری که در آن چشمه و آشکارساز در ارتفاع مورد نظر در دو طرف مخزن قرار گرفته‌اند، دارای بیشترین حساسیت می‌باشد. برای تعیین ارتفاع سطح بصورت پیوسته دو سیستم آشکارساز بلند و چهار آشکارساز کوچک مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج بدست آمده نشان داد اگر از آشکارساز بلند استفاده شود، بهتر است چشمه در بالای مخزن روبروی آشکارساز قرار بگیرد و اگر از روش چند آشکارساز و یک چشمه استفاده گردد، قرارگیری چشمه مقابل آشکارسازها در فاصله‌ی میان اولین و آخرین آشکارساز مناسب‌تر است.

در ضمن تطابق خوبی بین روند نتایج تجربی و شبیه‌سازی مشاهده شد که نشان می‌دهد کد MCNP ابزار مناسبی برای شبیه‌سازی ابزارهای اندازه‌گیری هسته‌ای می‌باشد.

# فهرست مطالب


فصل اول - مروری بر ابزارهای اندازه‌گیری سطح ..... ۱

۱-۱- مقدمه ..... ۲

۱-۲ اندازه‌گیری سطح با استفاده از روش لوله اندازه‌گیری ..... ۳

۱-۳- حباب‌ساز ..... ۴

۱-۴- شناور ..... ۵

۱-۴-۱ روش شناور/ ریسمان ..... ۷

۱-۴-۲- شناوری که کلید سطح فنری را به‌کار می‌اندازد. ..... ۷

۱-۴-۳- شناور مغناطیسی ..... ۸

۱-۵- کلیدهای جابه‌جاگر ..... ۹

۱-۶- حسگرهای سطح حرارتی ..... ۱۰

۱-۷- آشکارسازهای سطح اختلاف فشار ..... ۱۱

۱-۸- نوار مقاومت ..... ۱۳

۱-۹- اندازه‌گیری سطح به روش ظرفیت خازنی ..... ۱۵

۱-۹-۱- مواد نارسانا ..... ۱۷

۱-۱۰- کلیدهای سطح اثر میدان و رسانایی الکتریکی ..... ۱۸

و نیازی به مخزن فلزی متصل به زمین نیست. ..... ۱۹

۱-۱۰-۱- پروب سطح اثر میدان ..... ۲۰

۱-۱۱- آشکارسازهای سطح دیافراگم ..... ۲۱

۱-۱۱-۱- کلیدهای دیافراگم برای جامدات ..... ۲۱

۱-۱۱-۲- کلیدهای دیافراگم برای مایعات ..... ۲۳

۱-۱۲- کلیدهای پاروی چرخشی ..... ۲۳

۱-۱۳- تجهیزات سطح اپتیکی ..... ۲۵

۱-۱۳-۱- بازتاب نور ..... ۲۵

۱-۱۳-۲- عبور نور ..... ۲۶

۱-۱۳-۳- شکست نور ..... ۲۶

۱-۱۴- کلیدهای سطح میکروویو ..... ۲۷

۱-۱۴-۱- کلیدهای بازتابی ..... ۲۸

۱-۱۴-۲-کلید موج شکن ..... ۲۹

۱-۱۵- کلیدهای سطح ارتعاشی ..... ۳۰

۱-۱۶- حسگر سطح رادار ..... ۳۱

۱-۱۶-۱ تعیین زمان پرواز ..... ۳۲

۱-۱۷- حسگرهای اختلاف فاز (PDS) ..... ۳۳

۱-۱۸- حسگرهای سطح لیزر ..... ۳۵

۱-۱۸-۱- اندازه‌گیری زمان انعکاس ..... ۳۵

۱-۱۹- آشکارسازهای سطح فراصوتی ..... ۳۷
۱-۲۰- اندازه‌گیری سطح به روش هسته‌ای ..... ۳۹
فصل دوم: سیستم اندازه‌گیری سطح به روش هسته‌ای ..... ۴۲
۲-۱ مقدمه ..... ۴۳
۲-۲- چشمه‌های تابش ..... ۴۴
۲-۳- آشکارساز ..... ۴۶
۲-۳-۱- تیوب گایگر-مولر ..... ۴۶
۲-۳-۲- محفظه‌ی یونش گاز ..... ۴۶
۲-۳-۳- سوسوزن ..... ۴۷
۲-۳-۴- آشکارسازهای سوسوزن انعطاف‌پذیر ..... ۴۷
۲-۴- سیستم الکترونیک اندازه‌گیری تابش ..... ۴۹
۲-۵- دقت اندازه‌گیری ..... ۵۰
۲-۵-۱- نتایج اندازه‌گیری ..... ۵۰
۲-۵-۲ تخمین خطای اندازه گیری : ..... ۵۰
۲-۵-۳ آمار شمارش پالس و خطای شمارش: ..... ۵۲
۲-۶- چگونگی و کیفیت اندازه گیری ..... ۵۳
۲-۶-۱- پرتوهای عبوری ..... ۵۴
۲-۶-۱-۱- گیج‌های شکارسطحی ..... ۵۹
۲-۶-۲-گاماهای پس پراکنده ..... ۶۱
۲-۷- اندازه‌گیری سطح مشترک ..... ۶۲
۲-۸- حفاظت در برابر اشعه ..... ۶۳
۲-۸-۱-یکاهای مورد استفاده در حفاظت در برابر اشعه ..... ۶۴
۲-۸-۲- پرتوگیری‌های مجاز تابش ..... ۶۵
فصل سوم: طراحی سیستم سطح سنج هسته‌ای ..... ۶۸
۳-۱- مقدمه ..... ۶۹
۳-۲- انتخاب رادیوایزوتوپ ..... ۷۰
۳-۳- تعیین اکتیویته چشمه ..... ۷۱
۳-۴- حفاظ گذاری ..... ۷۳
۳-۵- انتخاب آشکارساز ..... ۸۱
۳-۶- شبیه‌سازی دستگاه سطح سنج هسته‌ای ..... ۸۲
۳-۶-۱ شبیه‌سازی کلید سطح هسته‌ای ..... ۸۳
۳-۶-۲- شبیه‌سازی دستگاه اندازه‌گیری پیوسته سطح ..... ۸۷
۳-۶-۲-۱- شبیه‌سازی روش استفاده از آشکارساز بلند ..... ۸۷
۳-۶-۲-۲- بررسی تاثیر قرار دادن گوه در مقابل چشمه ..... ۹۰
۳-۶-۲-۳- شبیه‌سازی روش استفاده از چند آشکارساز ..... ۹۲
۳-۶-۳- شبیه‌سازی حفاظ چشمه ..... ۹۶

فصل چهارم : نتایج آزمایش‌های تجربی ..... ۱۰۱
۴-۱- مقدمه ..... ۱۰۱
۴-۲- تعیین ولتاژ کار آشکارسازها ..... ۱۰۰
۴-۲-۱- آشکارساز یدورسدیم ..... ۱۰۰
۴-۲-۲- شمارنده گایگر مولر بلند ..... ۱۰۴
۴-۲-۲-۱ تعیین ولتاژ کار ..... ۱۰۴
۴-۲-۲-۲- تعیین زمان مرگ آشکارساز ..... ۱۰۵
۴-۲-۳- مشخصات گایگر مولر ZP1201 ..... ۱۰۵
۴-۳- مشخصات چشمه‌ی گاما و حفاظ ..... ۱۰۶
۴-۴- مشخصات مخزن ..... ۱۰۷
۴-۵- آزمایش‌های مربوط به کلید سطح هسته‌ای ..... ۱۰۷
۴-۶- راه‌اندازی کلید سطح هسته‌ای ..... ۱۱۲
۴-۶-۱- سیستم پردازنده ..... ۱۱۳
۴-۶-۲- کالیبراسیون دستگاه ..... ۱۱۶
۴-۶-۳-حساسیت سیستم ..... ۱۱۷
۴-۷- آزمایش‌های مربوط به اندازه‌گیری پیوسته سطح ماده ..... ۱۱۷
۴-۷-۱- روش استفاده از آشکارساز بلند ..... ۱۱۷
۴-۷-۲- روش چند آشکارساز ..... ۱۱۹
۴-۸- نتیجه‌گیری ..... ۱۲۴
۴-۹- پیشنهادات ..... ۱۲۵
پیوست ..... ۱۲۶
مراجع ..... ۱۲۸

# فهرست شکل‌ها

**فصـــــــــــــل اول**


شکل(۱-۱) روش لوله اندازه‌گیری در مخزن باز ..... ۳
شکل(۱-۲) روش لوله اندازه‌گیری در مخزن تحت فشار ..... ۴
شکل(۱-۳) اندازه‌گیری سطح از راه دور ..... ۴
شکل(۱-۴) سیستم ساده سیلندر هوا ..... ۵
شکل(۱-۵) یک نوع ساده از شناور ..... ۷
شکل(۱-۶) روش شناور/ ریسمان ..... ۷
شکل(۱-۷) شناور فنری ..... ۸
شکل(۱-۸) شناور مغناطیسی برای اندازه‌گیری سطح ..... ۸
شکل(۱-۹) کلید سطح جابجاگر ..... ۹
شکل(۱-۱۰) جابجاگر- میله گشتاور ..... ۱۰
شکل(۱-۱۱) کلید سطح رسانندگی حرارتی ..... ۱۱
شکل (۱-۱۲) اندازه‌گیری فشار هیدورستاتیک در مخزن باز ..... ۱۲
شکل (۱-۱۳) اندازه‌گیری فشار هیدورستاتیک در مخزن بسته ..... ۱۲
شکل (۱-۱۴) اندازه‌گیری سطح مایع بر پایه روش اختلاف فشار در مخزن باز ..... ۱۳
شکل (۱-۱۵) اندازه‌گیری سطح مایع بر پایه روش اختلاف فشار در مخزن سرپوشیده ..... ۱۳
شکل (۱-۱۶) ساختار حسگر سطح نوار مقاومت ..... ۱۴
شکل(۱-۱۷) یک طرح کلی از عملکرد حسگر نوار مقاومت ..... ۱۴
شکل (۱-۱۸) اساس اندازه‌گیری سطح به روش ظرفیت خازنی ..... ۱۵
شکل(۱-۱۹) پروب ظرفیت خازنی ..... ۱۶
شکل(۱-۲۰) اندازه گیری خازنی در یک محیط نارسانا ..... ۱۷
شکل (۱-۲۱) حسگر ظرفیت خازنی ..... ۱۸
شکل(۱-۲۲) کلید سطح رسانایی الکتریکی که با جریان میکروآمپر کار می‌کند ..... ۱۹
شکل (۱-۲۳) کلید سطح رسانایی الکتریکی ..... ۲۰
شکل(۱-۲۴) کلید سطح اثر میدان و نصب آن ..... ۲۱
شکل(۱-۲۵) استفاده از کلیدهای دیافراگم برای جامدات ..... ۲۲
شکل (۱-۲۶) دیافراگم ارتعاشی برای جامدات ..... ۲۲
شکل(۱-۲۷) کلید دیافراگم برای مایعات ..... ۲۳
شکل(۱-۲۸) طرح کلی از کلید پاروی چرخشی ..... ۲۴
شکل(۱-۲۹) کلیدهای پارویی با لبه‌های مسطح ..... ۲۵
شکل(۱-۳۰) حسگر سطح اپتیکی(بازتاب نور) ..... ۲۵
شکل(۱-۳۱) حسگر اپتیکی برای تعیین سطح سیال ..... ۲۶
شکل(۱-۳۲) حسگر سطح اپتیکی (عبور نور) ..... ۲۶
شکل(۱-۳۳) کلید اپتیکی سطح نوع شکست نور ..... ۲۷
شکل(۱-۳۴) خصوصیات بازتاب میکروویو ..... ۲۸
شکل(۱-۳۵) حسگر بازتابی میکروویو ..... ۲۹
شکل(۱-۳۶) کلید موج شکن ..... ۲۹

شکل(۱-۳۷) کلید ارتعاشی و نحوه‌ی نصب صحیح آن ..... ۳۱
شکل(۱-۳۸) انواع آنتن رادار ..... ۳۱
شکل(۱-۳۹) شیفت فرکانسی رادار ..... ۳۲
شکل(۱-۴۰) اندازه‌گیری اختلاف فاز برای اندازه‌گیری سطح در سیلوها ..... ۳۴
شکل(۱-۴۱) سطح می‌تواند با اندازه‌گیری زمان انعکاس، مشخص شود. ..... ۳۶
شکل (۱-۴۲) بلوک دیاگرام از سیستم اندازه‌گیری سطح به روش فراصوتی ..... ۳۸
شکل(۱-۴۳) اندازه‌گیری سطح به روش فراصوتی..... ۳۸
شکل(۱-۴۴) حسگر فراصوتی ..... ۳۹
شکل(۱-۴۵) سیستم تعیین سطح به روش هسته‌ای ..... ۳۹

**فصـــــــــــل دوم**

شکل(۲-۱) محفظه یونش گاز ..... ۴۶
شکل(۲-۲) آشکارساز سوسوزن ..... ۴۷
شکل (۲-۳) : آشکارساز سوسوزن مایع قابل انعطاف. ..... ۴۸
شکل (۲-۴): آشکارساز فیبر سوسوزنی ..... ۴۸
شکل (۲-۵): دو گروه از آشکارسازهای تابش که برا ی عملکرد در مد پالس و جریان مورد استفاده قرار می گیرند..... ۴۹
شکل(۲-۶): توزیع گوسی که در آن Σ انحراف معیار و Q مقدار مشاهده (اندازه گیری) شده است..... ۵۱
شکل (۲-۷) : خطای نسبی در میانگین ضریب تضعیف خطی اندازه گیری شده یا ضخامت. ..... ۵۳
شکل (۲-۸) : تصویر مقطعی از آشکال اندازه گیری قابل اجرا در سیستم های اندازه گیری صنعتی. ..... ۵۴
شکل (۲-۹): هندسه‌های ممکن برای اندازه‌گیری پرتوهای عبوری برای رسیدن به تضعیف بهینه ..... ۵۵
شکل(۲-۱۰) شمای کلی نشان دادن سطح به روش هسته‌ای ..... ۵۵
شکل(۲-۱۱) کنترل اتوماتیک بارگیری واگن‌های باری توسط رله‌های گاما..... ۵۶
شکل(۲-۱۲): کلید سطحی چندگانه ..... ۵۶
شکل(۲-۱۳)پایش پیوسته سطحی با چشمه‌های پرتوزای نقطه‌ای و آشکار ساز خطی ..... ۵۷
شکل(۲-۱۴): پایش پیوسته سطحی با یک چشمه پرتوزای نقطه‌ای و آشکار ساز خطی..... ۵۸
شکل(۲-۱۵): پایش پیوسته سطحی با یک چشمه پرتوزای نقطه‌ای و آرایه‌ای از آشکار سازها..... ۵۸
شکل (۲-۱۶) پایش پیوسته سطح با چشمه خطی و آشکارساز نقطه‌ای ..... ۵۹
شکل (۲-۱۷) اساس کار گیج‌های شکارسطحی (HUNTING) ..... ۶۰
شکل(۲-۱۸) پایش به روش شکارسطحی با چشمه پرتودهی ثابت..... ۶۰
شکل (۲-۱۹) مشخص کردن سطح، با ترکیبات گوناگون خطوط اندازه گیری..... ۶۱
شکل(۲-۲۰): اساس کار روش اندازه‌گیری پروفایل موقعیت گاما..... ۶۲
شکل(۲-۲۱) تعیین سطح مشترک سنگ و آب با روش هسته‌ای ..... ۶۳
شکل(۲-۲۲) پرتوگیری تابش بعنوان تابعی از زمان و ایمنی..... ۶۶

**فصـــــــــــل سوم**

شکل (۳-۱): شار فوتون($\gamma/cm^2.s$) برای تولید نرخ پرتوگیری ۱ MR/H ..... ۷۲
وشکل (۳-۲): حفاظ چشمه گاما QC2000 ..... ۷۷
شکل (۳-۳): طرحی از ساختار مکانیکی حفاظQC2000 ..... ۷۸
شکل (۳-۴): حفاظ چشمه سری SR..... ۷۹
شکل (۳-۵) : ضریب تضعیف برای مواد پی در پی بکار رفته در حفاظ نمره دار ..... ۸۰

شکل (۳-۶) : نمونه هایی از موازی سازهای آشکارساز. ..... ۸۰
شکل (۳-۷): دیاگرام عملی نشانگر ارتفاع سطح ..... ۸۳
شکل (۳-۸): موقعیت‌های مختلف چشمه و آشکارساز ..... ۸۴
شکل (۳-۹): تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (الف) ..... ۸۵
شکل (۳-۱۰): تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (ب) ..... ۸۵
شکل(۳-۱۱): تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (ج) ..... ۸۶
شکل(۳-۱۲): تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (د) ..... ۸۶
شکل (۳-۱۳): سیستم اندازه‌گیری پیوسته سطح که از دو چشمه استفاده می‌کند. ..... ۸۷
شکل (۳-۱۴): موقعیت‌های مختلف چشمه و آشکارساز ..... ۸۸
شکل (۳-۱۵): نمودار تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (الف). ..... ۸۹
شکل (۳-۱۶): تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (ب). ..... ۸۹
شکل (۳-۱۷): تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (ج). ..... ۹۰
شکل(۳-۱۸): شبیه‌سازی حفاظ چشمه و گوه در MCNP ..... ۹۰
شکل (۳-۱۹): میزان تغییرات شار چشمه گاما برحسب ارتفاع با و بدون گوه ..... ۹۱
شکل (۳-۲۰): میزان تغییرات شار در سلول آشکارساز برحسب ارتفاع آب با و بدون گوه ..... ۹۲
شکل (۳-۲۱): موقعیت‌های مختلف چشمه و آشکارسازها ..... ۹۳
شکل (۳-۲۲): تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (الف). ..... ۹۳
شکل (۳-۲۳): نمودار لگاریتمی تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (الف). ..... ۹۴
شکل (۳-۲۴): تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت(ب) ..... ۹۴
شکل (۳-۲۵): نمودار لگاریتمی تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (ب). ..... ۹۵
شکل (۳-۲۶): تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (ج). ..... ۹۵
شکل (۳-۲۷): نمودار لگاریتمی تغییرات شار در سلول آشکارساز بر حسب ارتفاع در موقعیت (ج). ..... ۹۶
شکل (۳-۲۸) موقعیت‌هایی که در آن دوز دریافتی از چشمه اندازه‌گیری می‌شود. ..... ۹۷

**فصـــــــــــل چهارم**

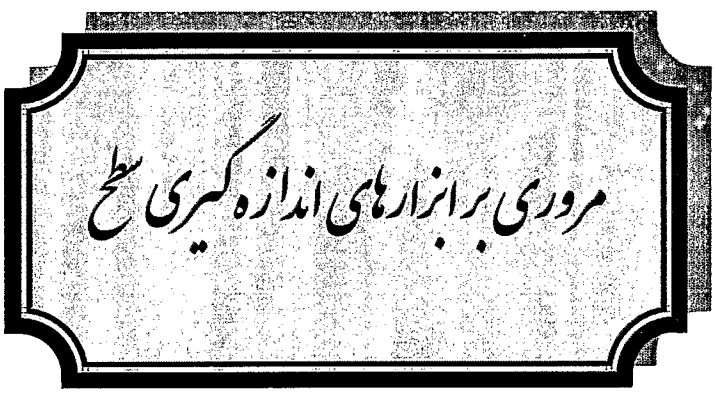
شکل(۴-۱): آشکارساز یدورسدیم ۱ و ۳ اینچ ..... ۱۰۰
شکل(۴-۲): چیدمان آزمایش تعیین ولتاژکار آشکارساز یدور سدیم ..... ۱۰۰
شکل(۴-۳) نمونه‌های خوب (الف و ب) و بد (ج و د) تپها آنچنان که بر روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ دیده می‌شوند. ..... ۱۰۱
شکل(۴-۴) تعداد شمارش‌های ثبت شده در آشکارساز بر حسب تغییرات ولتاژ ..... ۱۰۲
شکل(۴-۵): نمودار برازش تابع گوسی بر فوتوپیک ..... ۱۰۳
شکل (۴-۶): تغییرات قدرت تفکیک انرژی برحسب ولتاژ ..... ۱۰۳
شکل(۴-۷): شمارنده گایگر مولر بلند ..... ۱۰۴
شکل (۴-۸): چیدمان آزمایش تعیین ولتاژکار شمارنده گایگر مولر بلند ..... ۱۰۴
شکل (۴-۱۰) :شمارنده گایگر ZP1201 ..... ۱۰۶
شکل(۴-۱۱) : چشمه گامای سزیم ۱۳۷ به همراه حفاظ سربی ..... ۱۰۶
شکل (۴-۱۲)چیدمان الکترونیک برای تعیین سطح آب با آشکارساز یدورسدیم ..... ۱۰۸
شکل(۴-۱۳) چیدمان آزمایش برای تعیین سطح آب با آشکارساز یدورسدیم ..... ۱۰۸
شکل(۴-۱۴): تعداد پرتوهای رسیده به آشکارساز یدور سدیم یک اینچ برحسب ارتفاع آب ..... ۱۰۹
شکل(۴-۱۵): تعداد پرتوهای رسیده به آشکارساز یدور سدیم سه اینچ برحسب ارتفاع آب ..... ۱۰۹

شکل(۴-۱۶) چیدمان آزمایش برای تعیین سطح آب با آشکارساز گایگر-مولر ..... ۱۱۰
شکل(۴-۱۷) نمودار تعداد پرتوهای رسیده به آشکارساز گایگر مولر .ZP1201 برحسب ارتفاع آب ..... ۱۱۰
شکل(۴-۱۸) نمودار پرتو رسیده به آشکارساز برحسب ارتفاع آب ..... ۱۱۱
شکل(۴-۱۹) نمودار پرتو رسیده به آشکارساز برحسب ارتفاع آب زمانیکه چشمه. ..... ۱۱۱
شکل(۴-۲۰) نمودار پرتو رسیده به آشکارساز برحسب ارتفاع آب در روش پرتوهای بازگشتی. ..... ۱۱۲
شکل (۴-۲۱): بلوک دیاگرام کلی سیستم پردازش سیگنال دیجیتال ..... ۱۱۴
شکل (۴-۲۲) لایه فوقانی برد پردازنده سیگنال دیجیتال ..... ۱۱۵
شکل (۴-۲۳): لایه پایین برد پردازنده سیگنال دیجیتال ..... ۱۱۶
شکل (۴-۲۴): نصب آشکارساز بلند بر مخزن ..... ۱۱۸
شکل (۴-۲۵):تغییرات شمارش در آشکارساز برحسب تغییر ارتفاع سطح آب ..... ۱۱۸
شکل (۴-۲۶):تغییرات شمارش در آشکارساز برحسبِ تغییر ارتفاع سطح آب ..... ۱۱۹
شکل (۴-۲۷) : اندازه‌گیری ارتفاع سطح آب به روش یک چشمه و چند آشکارساز ..... ۱۲۰
شکل (۴-۲۸) : چیدمان اندازه‌گیری ارتفاع سطح آب در روش چند آشکارساز ..... ۱۲۰
شکل (۴-۲۹): تغییرات شمارش در آشکارساز بر حسب ارتفاع آب. ..... ۱۲۱
شکل (۴-۳۰): نمودار لگاریتمی تغییرات شمارش در آشکارساز بر حسب ارتفاع آب ..... ۱۲۱
شکل (۴-۳۱): تغییرات شمارش در آشکارساز بر حسب ارتفاع آب. ..... ۱۲۲
شکل (۴-۳۲): نمودار لگاریتمی تغییرات شمارش در آشکارساز بر حسب ارتفاع آب ..... ۱۲۲

# فهرست جداول

**فصـــــــــــــل دوم**
جدول (۲-۱) : مرسوم‌ترین چشمه‌های بسته‌بندی شده و مورد استفاده در دستگاه‌های صنعتی ..... ۴۵
جدول (۲-۲) : روابط بین واحدهای قدیمی و جدید اکتیویته و جذب تابش ..... ۶۵
**فصـــــــــــــل سوم**
جدول (۳-۱): اطلاعات رادیوایزوتوپ‌ها ..... ۷۰
جدول (۳-۲): خصوصیات تضعیف سرب و تنگستن ..... ۷۴
جدول (۳-۳): دز ناشی از چشمه سزیم ۱۰۰ میلی‌کوری برای ضخامت‌های مختلف سرب ..... ۷۶
جدول (۳-۴): ترکیب یک نمونه حفاظ که برای حفاظ سازی یک آشکارساز در مقابل گاماهای $^{137}Cs$ بکار می رود ..... ۷۹
جدول (۳-۵) میزان دوز دریافتی در موقعیت‌های مشخص شده در شکل با محاسبه و شبیه‌سازی ..... ۹۷

# فصل اول



# ۱- مروری بر ابزارهای اندازه‌گیری سطح

## ۱-۱- مقدمه

ارتفاع سطح از مهم‌ترین ویژگی‌ها در دستگاه‌های چند جزیی است که در سیستم‌های انتقال یا ذخیره مواد، در کنترل مراحل بصورت اتوماتیک یا دستی و نیز پایش مقدار ماده مورد توجه قرار دارد.

برای پایش سطح ماده در یک سیستم ، از نشانگرهای ارتفاع سطح و دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح استفاده می‌شود. نشانگر سطح برای تشخیص و مشخص کردن حدود نهایی معین (نظیر بیشینه، کمینه، و غیره) از راه دور مناسب است. دستگاه اندازه‌گیری ارتفاع بصورت پایش پیوسته ارتفاع سطح برای اندازه‌گیری و ثبت ارتفاع سطح از راه دور بکار می‌رود. هر دو نوع این دستگاه‌ها می‌توانند از اجزای کنترلی مانند حسگرهای پردازش استفاده کنند[۱].

با وجود اینکه پایشگر سطح با نتایج قابل اعتماد در شرایط معین بسیار مهم است، اما روش یکسانی برای همه کاربردها بصورت توسعه یافته وجود ندارد زیرا از یک طرف به تنوع خواص مواد ذخیره شده یا انتقال یافته (حالت، شرایط فیزیکی، دما، و غیره) و از طرفی دیگر به ابزار حمل‌ونقل، مخازن و تجهیزات بستگی دارد.

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری سطح مواد وجود دارند، برای داشتن بهترین انتخاب ، با بدست آوردن اطلاعات در مورد ماده مورد اندازه‌گیری و شرایط اندازه‌گیری مانند حالت ماده، محدوده فشار و دمای کاربردی، رسانا یا نارسانا بودن ماده، سمی یا خورنده بودن آن، نوع اندازه‌گیری (نقطه‌ای یا پیوسته)، دقت مورد نیاز برای اندازه‌گیری، هزینه‌های اقتصادی و دانستن ویژگی‌های هر کدام از حسگرهای اندازه‌گیری سطح، انتخاب حسگر سطح مناسب برای کاربر آسانتر می‌شود.

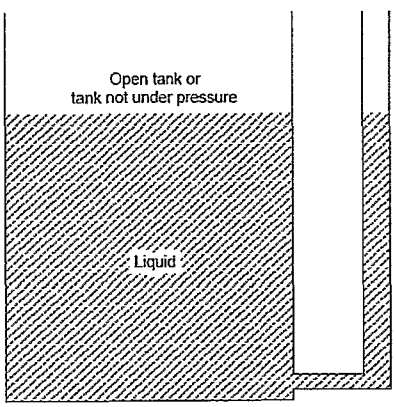
در این فصل مروری مختصر بر مهمترین روش‌های اندازه‌گیری سطح خواهیم داشت.

## ۱-۲ اندازه‌گیری سطح با استفاده از روش لوله اندازه‌گیری[۱]

لوله اندازه‌گیری یک شیشه‌ی مرئی است که برای اندازه‌گیری سطح مایع و همچنین تعیین پیوسته‌ی سطح مایع داخل مخزن استفاده می‌شود[۲].

لوله اندازه‌گیری شامل یک لوله‌ی مدرج از شیشه‌ای مقاوم است که قسمت پایین آن به داخل مخزن متصل می‌شود تا ارتفاع آب اندازه گرفته شود. شکل(۱-۱) یک لوله اندازه‌گیری ساده برای مخزن باز را نشان می‌دهد که در آن سطح مایع در شیشه‌ی اندازه‌گیری مطابق با سطح مایع در مخزن می‌باشد.

چنانچه سطح مایع در مخزن بالا و پایین برود، مطابق با آن سطح در لوله اندازه‌گیری بالا و پایین می‌رود. بنابراین با اندازه‌گیری ارتفاع سطح در لوله اندازه‌گیری، سطح مایع در مخزن اندازه گرفته می‌شود.
زمانی که مایع تحت فشار یا خلا قرار دارد و اندازه‌گیری سطح مایع مطلوب است، لوله اندازه‌گیری باید علاوه بر پایین مخزن به بالای آن هم متصل شود، در غیر اینصورت اختلاف فشار بین مخزن و لوله اندازه‌گیری موجب قرائت اشتباه می‌شود.

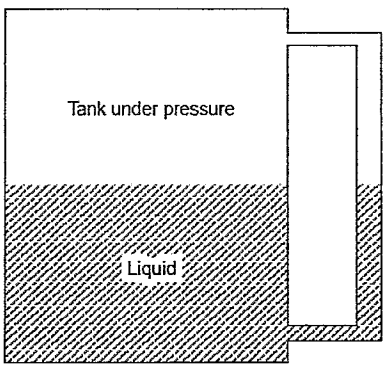



شکل(۱-۱) روش لوله اندازه‌گیری در مخزن باز

شکل (۱-۲) یک مخزن تحت فشار را به همرا لوله اندازه‌گیری نشان می‌دهد. در این مورد لوله اندازه‌گیری در مخازن با فشار بالا با در نظر گرفتن احتیاط‌های ایمنی مناسب استفاده می‌شود. میله‌ی شیشه‌ای باید قطر داخلی کوچک و دیواره‌ی ضخیم داشته باشد.

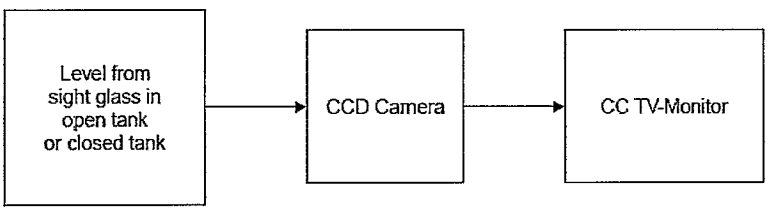
---

[۱] Gauge glass technique




شکل(۱-۲) روش لوله اندازه‌گیری در مخزن تحت فشار

سطح مایع در مخازن باز یا بسته می‌تواند توسط لوله اندازه‌گیری تعیین شده و توسط یک کاربر در اتاق کنترل با کمک یک دوربین که بر لوله اندازه‌گیری متمرکز شده است کنترل شود. شکل (۱-۳) به صورت بلوک دیاگرام روش اندازه‌گیری سطح مایع از راه دور را نشان می‌دهد.




شکل(۱-۳) اندازه‌گیری سطح از راه دور

اما این طرح محدودیت‌هایی دارد، مثلاً تا زمانیکه لوله اندازه‌گیری خارج مخزن قرار گرفته است، ممکن است مایع داخل لوله اندازه‌گیری در هوای سرد منجمد شود در حالیکه این اتفاق برای مایع داخل مخزن نمی‌افتد، و این موجب خطا در اندازه‌گیری می‌شود.

لوله اندازه‌گیری نمی‌تواند سطح مایعات سنگین، چسبنده و یا مایعاتی که شامل موادی هستند که ممکن است در لوله ته‌نشین شوند را اندازه بگیرد. به‌علاوه دقت و قابلیت اطمینان در اندازه‌گیری به تمیزی شیشه و سیال بستگی دارد.

## ۱-۳- حباب‌ساز[۱]

این روش ساده‌ی اندازه‌گیری سطح شامل یک لوله‌ی عمق سنج[۲] است که انتهای آن باز بوده و در نزدیکی انتهای مخزن نصب می‌شود. جریانی از یک گاز که معمولاً هوا یا نیتروژن است از داخل لوله عبور کرده و فشار هوای برایند در لوله به ارتفاع هیدرولیکی مایع در مخزن مربوط می‌شود. فشار هوای حباب‌ساز متناسب با تغییر ارتفاع مایع تغییر می‌کند. عملکرد یک حباب‌ساز مشابه با دمیدن هوا به شیشه‌ای محتوی آب همراه با پوشال است. هر چه آب در شیشه بیشتر باشد دمیدن هوا سخت‌تر می‌شود. اگر فشار هوای

---

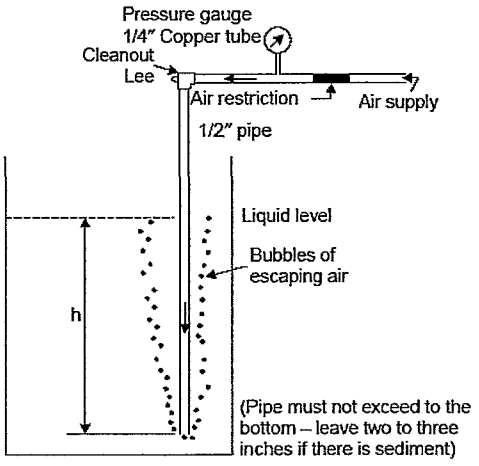
[۱] bubbler
[۲] tip pipe

ورودی به لوله عمق‌سنج بیشتر از فشار ایستایی سیال داخل مخزن باشد حباب‌های هوا در انتهای لوله ایجاد می‌شود. دو اتصال جداگانه برای این لوله باید ساخته شود، یکی برای تنظیم منبع هوا و دیگری برای اندازه‌گیری فشاری که نمایانگر سطح است. سر لوله باید در فاصله حدود ۷۵ mm از انتهای مخزن نگه داشته شود تا از مسدود شدن آن توسط رسوب جلوگیری شود.

چنانچه سطح مایع تغییر کند فشار هوا در لوله عمق‌سنج تغییر می‌کند. فشار عمق‌سنج توسط گیج‌های فشار برای نمایش در محل یا توسط کلیدهای فشار[۱] برای هشدار دادن، و توسط فرستنده‌ها برای نمایش از راه دور یا دیده‌بانی اندازه‌گیری می‌شود. در جاهایی که هوا، نیتروژن، یا حتی منبع آب در دسترس نیست از پمپ‌های دوچرخه‌ای دستی برای تولید فشار هوای مورد نیاز استفاده می‌شود.

لوله عمق‌سنج باید از موادی انتخاب شود که با طبیعت خورنده سیال مطابق باشد و میتواند فلزی یا پلاستیکی باشد.

حباب‌سازها بطور گسترده در فاضلاب، صنایع غذایی، و کاربردهای ذخیره‌سازی با گنجایش زیاد استفاده می‌شوند.




شکل(۱-۴) سیستم ساده سیلندر هوا

## ۱-۴- شناور[۲]

انواع مختلف شناورها برای اندازه‌گیری سطح مایع در مخازن بسته و باز مورد استفاده قرار می‌گیرد[۲و۳].

حدود ۲۲۰۰سال پیش اولین بار ارشمیدس دریافت که وزن ظاهری جسم شناور به اندازه‌ی وزن مایع جابه‌جا شده کاهش می‌یابد. شناورها ابزارهای تعادل حرکتی هستند که با سطح مایع بالا و پایین می‌روند.

---

[۱] pressure switch
[۲] float