

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی هسته ای (راکتور)

طراحی مفهومی و شبیه سازی ماشین تعویض سوخت
برای راکتور تحقیقاتی تهران

توسط:

حامد کارگران

اساتید راهنما:

دکتر محمدرضا اسکندری

دکتر محمد اقتصاد

شهریورماه ۱۳۸۷

۳ / ۳ / ۱۳۸۸

انتهای اطلاعات در آن موجود است
همیشه در آن

۱۱۳۵۹۳

به نام خدا

طراحی مفهومی و شبیه سازی ماشین تعویض سوخت
برای راکتور تحقیقاتی تهران

به وسیله ی:

حامد کارگران

پایان نامه

ارائه شده به معاونت تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی
از فعالیت های تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته ی:

مهندسی هسته ای - گرایش راکتور

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: عالی

دکتر محمدرضا اسکندری، استاد بخش مهندسی هسته ای و فیزیک (رئیس کمیته).....

دکتر محمد اقتصاد، دانشیار بخش مهندسی مکانیک (رئیس کمیته).....

دکتر فرشاد فقیهی، دانشیار بخش مهندسی هسته ای.....

دکتر رضا فقیهی، استادیار بخش مهندسی هسته ای.....

شهریورماه ۱۳۸۷

تقدیم به پدر، مادر و همسر عزیزم

آنان که وجودم برایشان همه نخب بود و وجودشان برایم همه مهر.

تو نشان رفت تابه توانایی بر رسم و مویشاں سپید کشت تا رویم سپید باند.

آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان سرمایه های

جادوئی زندگی من است.

آنان که راستی قائم در سنگتی قاتشان تجلی یافت.

در برابر وجود کرامیشان زانوی ادب بر زمین می زخم و بادلی علواز

عشق، محبت و خضوع

بر دستشان بوسه می زخم.

سپاسگزارى

بدینوسيله از اساتید ارجمند آقایان دکتر محمد رضا اسکندری، دکتر محمد اقتصاد، دکتر فرشاد
فقیهی و دکتر رضا فقیهی، که تمامی علم و دانش خویش را در طبق اخلاص قرار داده و مرا از سرچشمه
علم و معرفت خویش سیراب نمودند و نیز به خاطر تمامی رهنمودها و امدادهایی که در طول مدت تحصیل
به بنده عنایت فرمودند، کمال تشکر و امتنان را دارم و موفقیت و بهروزی ایشان را به همراه خانواده
مخترشان از درگاه حضرت دوست خواستارم.

چکیده

طراحی مفهومی و شبیه سازی ماشین تعویض سوخت
برای راکتور تحقیقاتی تهران

به وسیله ی:

حامد کارگران

در صنعت ساخت نیروگاههای هسته ای، ماشین تعویض و جابجایی سوخت، بخصوص به صورت رباتیک یکی از پایه های اساسی راکتور می باشد. این تکنولوژی تحت شرایط قلب تمیز (Clean Core) و رادیواکتیو شده بعد از شروع به کار، باید بتواند با حفظ ایمنی های هسته ای لازم، کار را بدقت انجام دهد. نتایج این طرح در جهت دستیابی به تکنولوژی آن یکی از نکات مهم در ایمنی و تکنولوژی مستقل هسته ای خواهد بود. این ماشین (ربات) در هنگام خاموشی راکتور جهت تعویض و جابجایی سوخت در راکتور تحقیقاتی تهران بصورت هوشمند و کنترلی، مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

در این پژوهش، روش کنترلی و جنس بازوی ربات مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از روش کنترل دینامیک معکوس یا خطی ساز پسخور برای ربات توصیه و اجرا شد و برای جنس ربات، فولاد زنگ نزن از نوع اوستنیتی ۳۱۰ پیشنهاد می گردد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول.....	۱۱
۱-۱-مقدمه.....	۱۱
۲-۱-راکتور تحقیقاتی تهران (TRR).....	۱۱
۱-۲-۱-مشخصات عمومی راکتور تحقیقاتی تهران.....	۲
۲-۲-۱-مشخصات قلب و سوخت راکتور.....	۲
۳-۱-هدف و روش کار در این تحقیق.....	۵
۴-۱-پیشینه تحقیق.....	۶
۱-۴-۱-کشور فرانسه.....	۶
۲-۴-۱-کشور ژاپن.....	۸
۳-۴-۱-کشور کره جنوبی.....	۹
۴-۴-۱-کشور روسیه.....	۱۱
فصل دوم - جنس بازوی ربات.....	۱۲
۱-۲-مقدمه ای بر فولاد های زنگ نزن (stainless steel).....	۱۲
۱-۱-۲-به کدامیک از فولادها زنگ نزن می گویند؟.....	۱۲
۲-۱-۲-دسته بندی فولادهای زنگ نزن.....	۱۳
۲-۲-اثر تابش نوترون روی خواص فولاد.....	۱۸
۱-۲-۲-۱-فرآیند اثرات مخرب تابش.....	۱۹
۲-۲-۲-اثرات مخرب جابجایی اتمها:.....	۱۹
۳-۲-۲-استحاله هلیوم.....	۲۱
۴-۲-۲-موارد استفاده انواع فولاد در قطعات راکتور.....	۲۲
۳-۲-فولاد زنگ نزن آلیاژ ۳۱۰.....	۲۳

۲۳	..... ۱-۳-۲ خوردگی
۲۳	..... ۲-۳-۲ اثر پرتو ها
۲۴	..... فصل سوم - سینماتیک ربات
۲۴	..... ۱-۳-۱ مقدمه
۲۵	..... ۲-۳-۲ توصیفها و تبدیلهای فضایی کلی (Descriptions and Transformations)
۲۵	..... ۱-۲-۳ توصیفها: مکانها، جهتگیریها و چارچوبها
۲۹	..... ۲-۲-۳ نگاشتها: تغییر دادن توصیفها از چارچوبی به چارچوب دیگر
۳۱	..... ۳-۲-۳ عملیات ریاضی در تبدیل همگن
۳۳	..... ۳-۳ مطالبی دیگر درباره نمایش جهتگیری
۳۴	..... ۱-۳-۳ زوایای $X-Y-Z$ ثابت
۳۶	..... ۲-۳-۳ زوایای اویلر $Z-Y-X$
۳۸	..... ۳-۳-۳ زوایای اویلر $Z-Y-Z$
۳۹	..... ۴-۳-۳ قراردادهای دیگر مجموعه زوایا
۳۹	..... ۴-۳-۴ سینماتیک بازوی رباتیک
۴۰	..... ۱-۴-۳ روش دناویت- هارتنبرگ
۴۲	..... ۲-۴-۳ سینماتیک مستقیم ربات مورد بررسی
۴۵	..... ۳-۴-۳ سینماتیک معکوس ربات مورد بررسی
۴۸	..... فصل چهارم - دینامیک ربات
۴۸	..... ۱-۴-۱ مقدمه
۴۸	..... ۲-۴-۲ روش لاگرانژ
۴۸	..... ۱-۲-۴ حساب تغییرات (Calculus of Variations)
۴۹	..... ۲-۲-۴ اصل هامیلتون
۵۲	..... ۳-۲-۴ معادلات لاگرانژ
۵۴	..... ۳-۴-۳ معادلات دینامیک ربات
۵۴	..... ۱-۳-۴ انرژی جنبشی بازو
۵۷	..... ۲-۳-۴ انرژی پتانسیل بازو
۵۷	..... ۴-۴-۴ معادلات حرکت ربات
۵۸	..... ۱-۴-۴ ساختار و خواص معادله حرکت ربات

۶۰	..... خواص ماتریس جرم
۶۰	..... خواص جملات کوریولیس/جاناب به مرکز (Coriolis/Centripetal)
۶۳	..... خواص بردار گرانش و اغتشاش
۶۴	..... خطی بودن برحسب پارامترها
۶۴	..... ۵-۴-۵-دینامیک ربات مورد بررسی
۶۴	..... ۱-۵-۴-الگوریتم روش لاگرانژ
۶۶	..... ۲-۵-۴-الگوریتم روش برگشتی نیوتن-اوایلر
۶۸	..... فصل پنجم - کنترل
۶۸	..... ۱-۵-۱-مقدمه
۶۸	..... ۱-۱-۵-دینامیک سیستمهای غیر خطی
۶۹	..... ۲-۱-۵-پایداری سیستمهای غیر خطی و تئوری لیاپانوف
۷۷	..... ۲-۵-۲-روشهای کنترل ربات
۷۸	..... ۱-۲-۵-تئوریهای کنترل ربات
۷۸	..... ۲-۲-۵-تنظیم کردن (Regulation)
۸۰	..... ۳-۲-۵-کنترل پیروی مسیر (Tracking)
۸۶	..... ۴-۲-۵-کنترل تطبیقی ربات
۱۰۱	..... ۳-۵-کنترل ربات مورد بررسی
۱۰۵	..... فصل ششم - نتایج شبیه سازی
۱۰۵	..... ۱-۶-۱-مقدمه
۱۰۶	..... ۲-۶-مسیر مطلوب طراحی شده
۱۰۸	..... ۳-۶-شبیه سازی در حالت بدون حضور هیچگونه اغتشاش
۱۱۰	..... ۴-۶-شبیه سازی در حالت حضور اغتشاش
۱۱۳	..... فصل هفتم - نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات
۱۱۳	..... ۱-۷-نتیجه گیری
۱۱۴	..... ۲-۷-پیشنهادات
۱۱۵	..... مراجع

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲- ترکیب استاندارد بعضی از فولادهای زنگ نزن اوستنیتی	۱۳
جدول ۲-۲- ترکیب استاندارد بعضی از فولادهای زنگ نزن فریتی	۱۶
جدول ۳-۲- ترکیب استاندارد بعضی از فولادهای زنگ نزن مارتنزیتی	۱۶
جدول ۴-۲- ترکیب استاندارد بعضی از فولادهای زنگ نزن رسوب سخت	۱۸
جدول ۵-۲- بعضی از انواع فولادها که در صنایع هسته ای کاربرد زیادی دارند	۲۲
جدول ۱-۳- مقادیر پارامترهای سینماتیکی ربات مورد بررسی	۴۳

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۱۱	شکل ۱-۱- نمای از راکتور تحقیقاتی تهران
۳	شکل ۲-۱- نمای فوقانی استخر راکتور تحقیقاتی تهران
۴	شکل ۳-۱- موقعیت استقرار بسته های سوخت راکتور تحقیقاتی تهران
۴	شکل ۴-۱- الف) سوخت قدیمی، ب) سوخت جدید
۵	شکل ۵-۱- نمایی از محفظه پلنوم در حالت Force Convection
۶	شکل ۶-۱- Dexterous Arm for Teleoperation (BD250)
۷	شکل ۷-۱- Articulated Carrier for Hot-Cell Inspection (PAC)
۷	شکل ۸-۱- Light Modular Carrier (PML)
۸	شکل ۹-۱- Teleoperation of Industrial Robots
۸	شکل ۱۰-۱- Hydraulic Robotic Telemanipulator (MAESTRO)
۹	شکل ۱۱-۱- Full Remote Maintenance Concept in Large Cell
۱۱	شکل ۱۲-۱- استفاده از سیستم KeproVt در واحد یک YGN - تصویر از Vessel
۱۳	شکل ۱-۲- تاثیر درصد کربن روی "گاما" در آلیاژهای آهن - کرم
	شکل ۲-۲- ساختار میکروسکوپی فولاد زنگ نزن اوستنیتی بعد از بازپخت: بزرگنمایی 250x محلول اچ: HNO_3 - اسید استیک - HCL - گلیکول. نمونه به شکل نوار در دمای - به مدت 5 min بازپخت شده و بعد سریعاً تا دمای محیط سرد شده است. ساختار حاوی دانه‌ها اوستنیت محوری و دو قلوبیهای بازپختی است.
۱۴	شکل ۳-۲- منحنی TTT فولاد ۴۱۰
۱۷	شکل ۴-۲- حفره های (بصورت مربع و دایره در شکل مشخص است.) تشکیل شده در فولاد زنگ نزن نوع ۳۱۶ تحت تابش 60 dpa در دمای -
۲۱	شکل ۱-۳- دستگاههای مختصات یا چارچوبها، به بازوی ربات و اجسام واقع در محیط، متصل میشوند.
۲۵	شکل ۲-۳- نمایش یک بردار نسبت به یک چارچوب
۲۶	شکل ۳-۳- تعیین مکان و جهتگیری یک جسم
۲۷	شکل ۴-۳- توصیف یک بردار در دو چارچوب
۳۰	شکل ۵-۳- چارچوبهای مرکب: هر چارچوب نسبت به چارچوب قبلی معلوم است.
۳۲	شکل ۶-۳- زوایای X-Y-Z ثابت
۳۵	شکل ۷-۳- زوایای اوپلر Z-Y-X
۳۷	شکل ۸-۳- مختصات دناویت- هارتنبرگ
۴۱	شکل ۹-۳- شکل کلی ربات و چارچوبهای نصب شده بر آن.
۴۳	شکل ۱-۵- دیاگرام کنترلر خطی ساز پسخور
۱۰۲	شکل ۱-۶- بلوک-دیاگرام استفاده شده برای شبیه سازی در simulink
۱۰۶	شکل ۲-۶- مسیر طی شده توسط ربات از سطح فوقانی استخر محور X-Y
۱۰۶	شکل ۳-۶- ورودی مطلوب در فضای کاری برای بررسی رفتار ربات
۱۰۷	شکل ۴-۶- ورودی مطلوب در فضای مفصلاً برای بررسی رفتار ربات

- شکل ۵-۶- خروجی در فضای مفصلها برای بررسی رفتار ربات در اثر اعمال کنترل
- شکل ۶-۶- خطای طی مسیر در حالت استفاده از کنترل خطی ساز پسخور و عدم حضور اغتشاش
- شکل ۷-۶- خطای طی مسیر مفصل اول در حالت استفاده از کنترل خطی ساز پسخور و عدم حضور اغتشاش
- شکل ۸-۶- خطای طی مسیر مفصل دوم در حالت استفاده از کنترل خطی ساز پسخور و عدم حضور اغتشاش
- شکل ۹-۶- خطای طی مسیر مفصل سوم در حالت استفاده از کنترل خطی ساز پسخور و عدم حضور اغتشاش
- شکل ۱۰-۶- خطای طی مسیر در حالت استفاده از کنترل خطی ساز پسخور و حضور اغتشاش
- شکل ۱۱-۶- خطای طی مسیر مفصل اول در حالت استفاده از کنترل خطی ساز پسخور و حضور اغتشاش
- شکل ۱۲-۶- خطای طی مسیر مفصل دوم در حالت استفاده از کنترل خطی ساز پسخور و حضور اغتشاش
- شکل ۱۳-۶- خطای طی مسیر مفصل سوم در حالت استفاده از کنترل خطی ساز پسخور و حضور اغتشاش

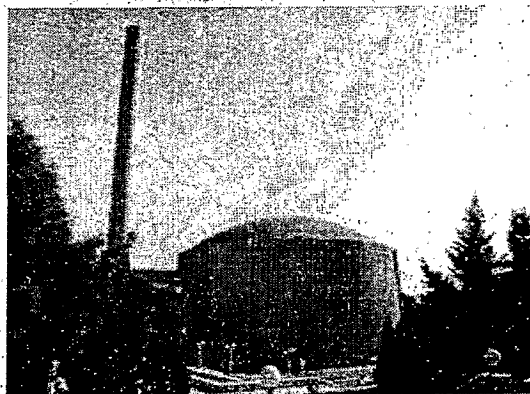
فصل اول

۱-۱- مقدمه

در صنعت ساخت نیروگاه های هسته ای، ماشین تعویض سوخت و جابجایی آنها، بخصوص به صورت روباتیک یکی از پایه های اساسی راکتور می باشد. این تکنولوژی تحت شرایط قلب تمیز (Clean Core) و قلب رادیواکتیو شده بعد از شروع به کار، باید بتواند با حفظ ایمنی های هسته ای لازم، کار را بدقت انجام دهد. نتایج این طرح در صورت وصول و دستیابی به تکنولوژی آن یکی از نکات مهم در ایمنی و تکنولوژی مستقل هسته ای خواهد بود. این ماشین (ربات) جهت تعویض و جابجایی سوخت در راکتور تحقیقاتی تهران بصورت هوشمند و کنترلی، در حین کار و خاموشی راکتور می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۲- راکتور تحقیقاتی تهران (TRR)

ساخت راکتور تحقیقاتی تهران در سال ۱۳۴۰ توسط شرکت AMF (American Machine & Foundry Co.) در منطقه امیرآباد آغاز شد. عملیات ساختمان و سوخت گذاری ۶ سال به طول انجامید و سرانجام در روز چهارم آذرماه ۱۳۴۶ بحرانی شد. این راکتور ابتدا زیر نظر دانشکده علوم دانشگاه تهران بوده و از سال ۱۳۵۳ و با تاسیس سازمان انرژی اتمی ایران، اداره و بهره برداری از آن به سازمان انرژی اتمی منتقل گردید. سوخت این راکتور از نوع MTR (Material Testing Reactor) می باشد. شکل ۱-۱- نمایی از راکتور تحقیقاتی تهران را نشان می دهد.



شکل ۱-۱- نمایی از راکتور تحقیقاتی تهران

۱-۲-۱- مشخصات عمومی راکتور تحقیقاتی تهران

راکتور تحقیقاتی تهران با اهداف زیر مورد بهره برداری قرار می گیرد:

- ۱- تولید رادیو ایزوتوپهایی که کاربردهای صنعتی، کشاورزی و پزشکی دارند.
- ۲- انجام نیازهای محققین هسته ای کشور و در اختیار گذاردن منبع نوترونی قوی برای طیف وسیعی از پروژه ها.
- ۳- آموزش و تجهیز نیروی انسانی متخصص برای بخش های مختلف صنعت هسته ای کشور.

این راکتور از نوع استخری (Pool Type) و غیر همگن بوده و برای حداکثر قدرت 5MW طراحی شده است. آب سبک در این راکتور نقش خنک کننده، کند کننده و حفاظ بیولوژیکی را بر عهده دارد. استخر از سیمان و بتون آرمه ساخته شده که لایه داخلی آن از فلز استیل پوشانیده شده است. استخر راکتور دارای دو بخش مرتبط با هم می باشد که قلب در هر کدام از آنان می تواند قرار گیرد. در یک بخش، تسهیلاتی جهت آزمایشات پرتودهی مانند Beam Tubes تعبیه شده است، که این بخش را Stall end می نامند. از بخش دوم که فضای اطراف قلب فقط محتوی آب می باشد می توان جهت مطالعات مربوط به اندازه گیری میزان پرتو و دیگر کاربردها استفاده کرد. این بخش Open Pool نامیده می شود. شکل ۱-۲ نشان دهنده نمای فوقانی استخر راکتور تحقیقاتی تهران می باشد و قسمتهای Stall end و Open Pool به ترتیب با نامهای Core position No.1 و Core position No.2 نشان داده شده اند.

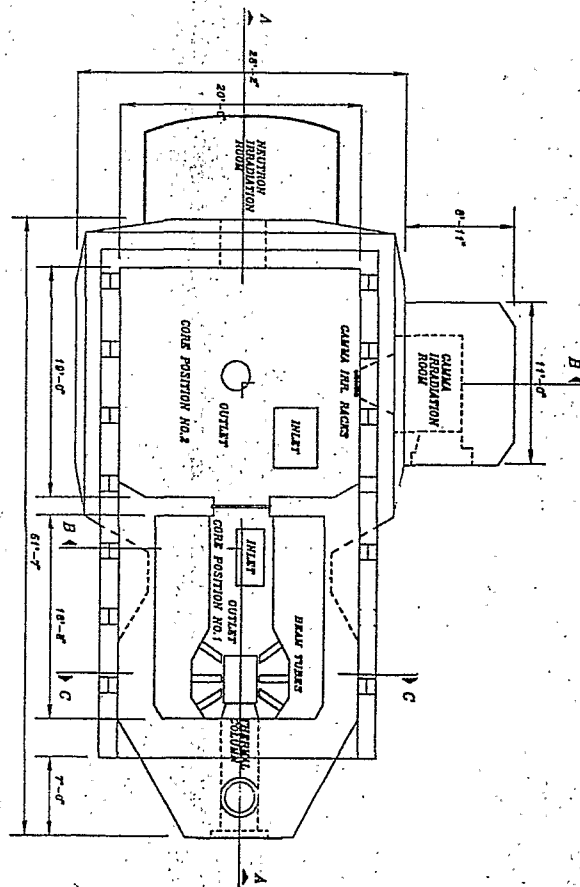
ساختمان محفظه ایمنی راکتور به شکل گنبدی و استوانه قائم بوده که قطر آن حدود ۳۰ متر و ارتفاع آن حدود ۱۴ متر است. مساحت گنبد راکتور ۷۰۰ متر مربع با دیواری به ضخامت متغیر از ۸۰ سانتیمتر تا ۱/۸۰ متر می باشد، ضخامت عرقچین فولادی گنبد ۸ میلی متر و وزن آن ۱۴۰ تن می باشد. حجم هوای درون این محفظه ایمنی در حدود ۱۵۰۰۰ متر مکعب است.

۱-۲-۲- مشخصات قلب و سوخت راکتور

صفحه نگهدارنده عبارتست از یک شبکه آلومینیومی به ابعاد ۴۵×۷۵ سانتی متر و با ضخامت ۱۳ سانتی متر بوده که دارای ۵۴ محل بالقوه برای قرارگیری میله های سوخت می باشد. میله های سوخت هر یک در محل خود روی این صفحه مستقر می گردد و مجموعه آن قلب را تشکیل می دهد. این صفحه در عمق حدود ۸ متری آب استخر قرار دارد.

شکل ۱-۳ آرایش شماره ۲۳ سوخته‌های قلب راکتور تحقیقاتی تهران را نشان می‌دهد. در این شکل مجموعه از بسته‌های سوخت و حاوی بازتابنده گرافیتی نشان داده شده است. محل‌های خالی مناسب برای قرار دادن نمونه‌ها با IR-BOX نمایش داده شده‌اند. عبور آب خنک‌کننده فقط از میان بسته‌های سوخت بوده و از محل‌های خالی روی صفحه سوخت آب عبور نمی‌کند. سوخت اولیه این راکتور آلیاژی از آلومینیوم و اورانیوم با درصد غنای بالا یعنی (HEU) U^{235} 90% بوده است. در سال ۱۳۷۲ سوخت راکتور از درجه غنای بالا (HEU) به درجه غنای پایین یعنی U^{235} 20% (HEU) تبدیل گردید و از آن تاریخ راکتور با سوخت جدید کار می‌کند. ترکیب شیمیایی سوخت جدید به صورت U_3O_8AL می‌باشد. شکل ۱-۴ مجموعه سوخت قدیمی و جدید را نشان می‌دهد.

کل مجموعه سوخت، قلب و Grid Plate بر روی محفظه‌ای به نام پلنوم نصب می‌گردند. در مواقع بعد از خاموشی و در قدرتهای زیر ۱۰۰ کیلو وات در پیچه فلاپر روی محفظه پلنوم باز شده و اجازه خنک‌کنندگی قلب به صورت طبیعی را خواهد داد. محفظه پلنوم و صفحه نگهدارنده در حالت Force Convection در شکل ۱-۵ نشان داده شده است [1].



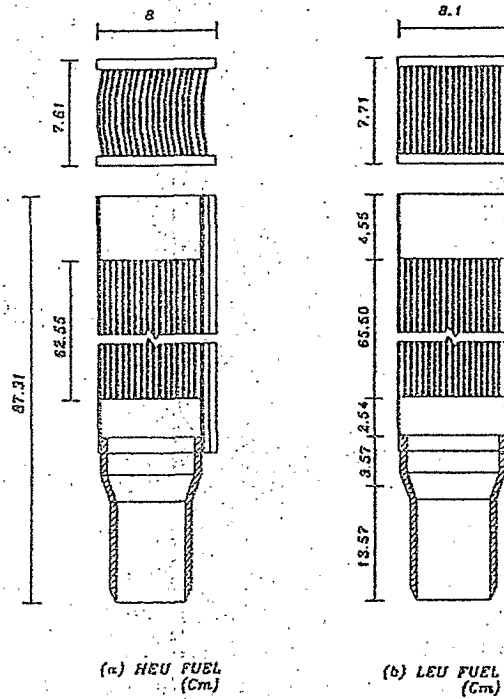
شکل ۱-۲- نمای فوقانی استخر راکتور تحقیقاتی تهران

Core Configuration 23

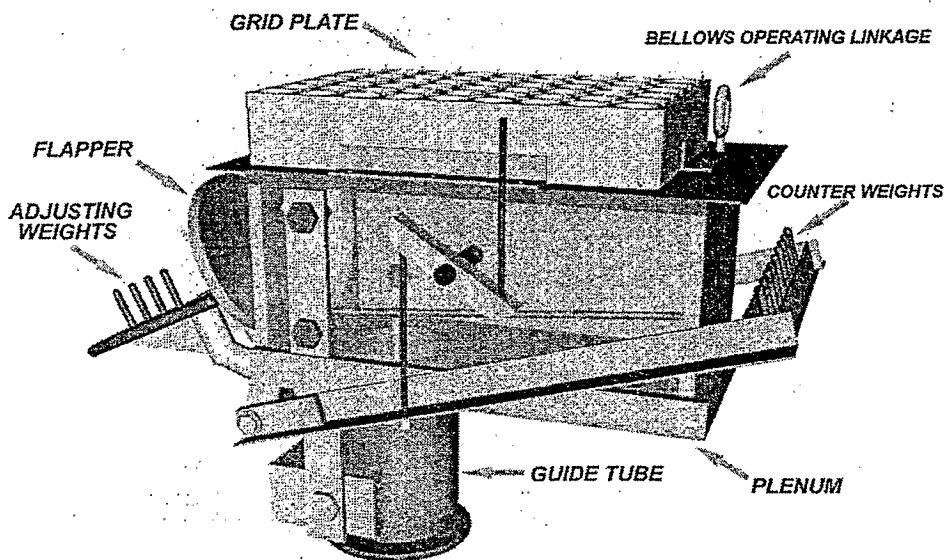
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	GR BOX	GR BOX	GR BOX	IR BOX	A121	A146	A135	A57	IR BOX	Thermal Column
B		GR BOX	N.S	A62	A70	AS 27	A150	AS 26	GR BOX	
C	GR BOX	GR BOX			AS 25				GR BOX	
D	GR BOX	GR BOX	A64	A147	SR4	A75	A112	A111	GR BOX	
E	GR BOX	GR BOX	IR BOX	A136	A66	A63	IR BOX	A115	AS 23	
F	GR BOX	GR BOX	IR BOX	A148	A149	AS 28	SR3	A137	A144	
				IR BOX	A145	A151	A139	AS 29	GR BOX	
								AS 24	IR BOX	
								AS 21	IR BOX	
								AS 20	IR BOX	
								AS 19	IR BOX	
								AS 18	IR BOX	
								AS 17	IR BOX	
								AS 16	IR BOX	
								AS 15	IR BOX	
								AS 14	IR BOX	
								AS 13	IR BOX	
								AS 12	IR BOX	
								AS 11	IR BOX	
								AS 10	IR BOX	
								AS 9	IR BOX	
								AS 8	IR BOX	
								AS 7	IR BOX	
								AS 6	IR BOX	
								AS 5	IR BOX	
								AS 4	IR BOX	
								AS 3	IR BOX	
								AS 2	IR BOX	
								AS 1	IR BOX	
								AS 0	IR BOX	

A : Standard Fuel Element
 AS : Control Fuel Element
 SR : Shim Safety Rod
 RR : Regulating Rod
 N.S : Neutron Source
 IR-Box : Irradiation Box
 GR-BOX : Graphite Box

شکل ۱-۲- موقعیت استقرار بسته های سوخت راکتور تحقیقاتی تهران



شکل ۱-۴- (الف) سوخت قدیمی، (ب) سوخت جدید



شکل ۱-۵- نمایی از محفظه پلنوم در حالت Force Convection

۱-۳- هدف و روش کار در این تحقیق

طراحی مفهومی این روبات با اهداف زیر بررسی و برای طراحی و ساخت آماده می گردد:

- انتقال سوخت مصرف شده از محفظه راکتور به استخر نگهداری سوخت های مصرف شده.
- قرار دادن سوخت های تازه در کانال سوخت در محفظه راکتور.

در این تحقیق ابتدا جنس بازوی ربات مورد بررسی قرار می گیرد. این بازو در استخر حاوی آب و پرتوهای ساطع شده از قلب قرار می گیرد و بایستی اثرات خوردگی و تابش بر روی آن بررسی گردد که در فصل دوم بصورت کامل به این دو موضوع پرداخته شده است و با توجه به پژوهش های انجام شده و نظریه های موجود جنس بازوی ربات جهت این کار مشخص می گردد. قسمت دوم تحقیق، شبیه سازی حمل یک خوشه سوخت از قلب به ناحیه نگهداری سوخت های مصرف شده است، که برای این قسمت یک مسیر برای جایابی خوشه سوخت در نظر گرفته شده و با بدست آوردن روابط و معادلات ربات (سینماتیک، دینامیک و کنترل ربات)، پیروی مسیر توسط ربات مشاهده و میزان خطای طی این مسیر، برای ربات را بررسی می نمایم. در ادامه این فصل به پیشینه استفاده رباتها در صنعت هسته ای اشاره ای خواهیم کرد.

۴-۱- پیشینه تحقیق

در ایران تاکنون هیچگونه پژوهش و فعالیتی در این زمینه انجام نشده است ولی در سطح دنیا و در کشورهای صاحب تکنولوژی هسته ای روبات هایی با فعالیتهای بازرسی ، عیب یابی و جابجایی سوخته های مصرف شده ساخته شده اند و از جمله آن، می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱-۴-۱- کشور فرانسه

Dexterous Arm for Teleoperation (BD250)

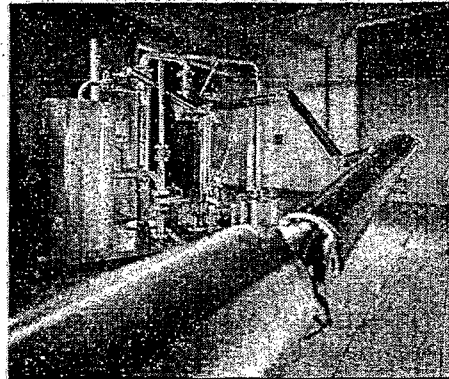
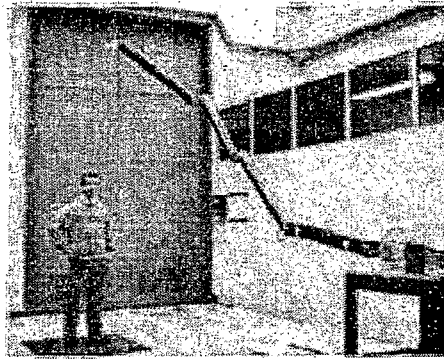
این ربات که در شکل ۱-۶ نمایش داده شده است، از نوع روباتهای جابجاگر (manipulator) می باشد و از خصوصیات آن می توان به ۷ محور حرکتی در جابجایی ، ظرفیت قابل حمل ۲۵ کیلوگرم و دز قابل تحمل 10 KGy اشاره کرد. نمونه اولیه آن توسط شرکت COGEMA ساخته شده است و در جاهایی که روباتهای خودکار جابجاگر نمی توانند نصب گردند و وظیفه پشتیبانی از سوخت را انجام دهند، مورد استفاده قرار می گیرد [2].



شکل ۱-۶- Dexterous Arm for Teleoperation (BD250)

Articulated Carrier for Hot-Cell Inspection (PAC)

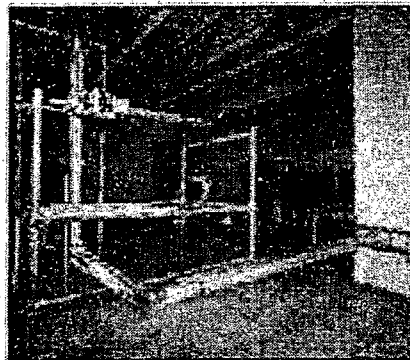
این یک روبات بسیار کارآمد و انعطاف پذیر برای بازرسی از Hot-Cell در تاسیسات هسته ای بصورت دید غیر مستقیم می باشد. این روبات در مکانی ثابت نصب شده و طول آن ۶ متر است و ظرفیت حمل ۱ کیلوگرم را دارا می باشد. این روبات به تجهیزات بسیار مقاوم الکترونیکی مجهز شده است که تحمل دز تابشی 10KGy را امکان پذیر می نماید. نمونه اولیه آن در حال حاضر (سال ۲۰۰۵) در دست توسعه است. در شکل ۱-۷ این ربات نشان داده شده است [3].



شکل ۷-۱ - Articulated Carrier for Hot-Cell Inspection (PAC)

Light Modular Carrier (PML)

این روبات که در شکل ۸-۱ نمایش داده شده است، یک ابزار پیش ساخته برای انجام وظیفه در تعمیر و نگهداری تاسیسات هسته‌ای، به غیر از تعمیر در داخل قسمت‌های پیچیده می باشد. این روبات در برابر پرتوهای با برد زیاد (long-reach) مقاوم است و شامل یک وسیله متحرک برای سوار کردن تجهیزات و حمل آنها در برابر پرتوها می شود. از وظایف اصلی این روبات می توان جوشکاری، برش، کنترل و نگهداری و فرآیند تعمیر را نام برد. نمونه اولیه نصب شده در شرکت COGEMA La Hague در دست ارزیابی است [4].

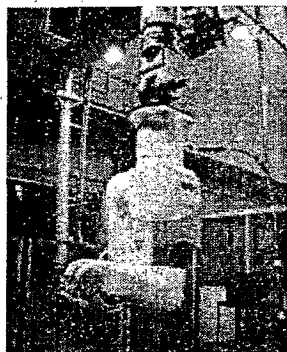


شکل ۸-۱ - Light Modular Carrier (PML)

Teleoperation of Industrial Robots

در جاهایی که محدودیت های کاربردی (دز تابشی ، حجم ، بار مفید) امکان فعالیت را از انسان سلب می نماید، استفاده از روباتهای صنعتی همراه با کاهش هزینه ها و عملکرد بالا با کنترل دقیق امری ضروری است. این روبات که در شکل ۹-۱ نمایش داده شده است، از سوی

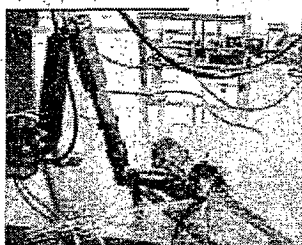
شرکت STAUBLI به سفارش شرکت COGEMA ساخته شد و توسط شرکت SICN بصورت تجاری عرضه گردید. این روبات در سال ۱۹۹۸ توسط شرکت COGEMA تست شد [5].



شکل ۱-۹- Teleoperation of Industrial Robots

Hydraulic Robotic Telemanipulator (MAESTRO)

"MAESTRO"، یک جابجاگر با ۶ محور حرکتی مرکب با سیستم محرک قدرت هیدرولیک برای کنترل بسیار دقیق استفاده می شود. قدرت حمل بار مفید ۸۰ کیلوگرمی با طول ۲/۴ متر را دارا می باشد. قدرت تحمل دز تابشی 10Kgy را دارد و برای پیاده و سوار کردن قطعات، عملیات جابجایی قطعات سنگین استفاده می شود. این بازو توسط شرکت CYBERNETIX بصورت تجاری عرضه می شود. شکل ۱-۱۰ این ربات را نشان می دهد [6].



شکل ۱-۱۰- Hydraulic Robotic Telemanipulator (MAESTRO)

۱-۴-۲-کشور ژاپن

در ژاپن تعداد کارخانه های چرخه سوخت زیاد است. ۵۱ راکتور هسته ای تجاری در حال کار هستند و همچنین کارخانه های هسته ای شامل ۲ کارخانه غنی سازی اورانیوم، ۵ کارخانه ساخت و تولید و ۲ کارخانه بازیابی و بقیه تاسیسات مدیریت سوخت هستند. بسیاری از کارخانه ها تحت شرایط پرتوگیری بالا کار، تعمیر و نگهداری و بازرسی می شوند، زیرا با