بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی هسته ای و فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای- راکتور

عنوان:

کنترل هوشمند روبات در سلول های داغ

نگارش:

پژمان لعلی

استاد راهنما :

دکتر سعید ستایشی

تاریخ :

مهر ماه یکهزار و سیصد وهشتاد و شش

بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی امیر کبیر
(پلی تکنیک تهران)
معاونت پژوهشی

فرم اطلاعات پایان نامه
کارشناسی ارشد و دکترا

تاریخ ....۴.. /..۱۲../....۸۶.....

پیوست ....

نام و نام خانوادگی : پزمان لعلی دانشجوی آزا د × بورسیه معادل ☐ ☐

شمارهٔ دانشجوئی : ۸۳۱۱۲۱۰۵ **دانشکده مهندسی هسته ای و فیزیک** **رشتهٔ تحصیلی : مهندسی هسته ای – راکتور**

نام و نام خانوادگی استاد راهنما :دکتر سعید ستایشی

عنوان پایان نامه به فارسی : کنترل هوشمند روبات در سلول های داغ

عنوان پایان نامه به انگلیسی : INTELLIGENT ROBOTS IN HOT CELLS

نوع پروژه : کارشناسی ارشد : ☐* کاربردی ☐* بنیادی ☐ توسعه ای ☐ نظری ☐
دکتـــــری ☐

تاریخ شروع: آذر ۸۵ - **تاریخ خاتمه :** خرداد ۸۶ **تعداد واحد :** ۶

واژه های کلیدی به فارسی روبات،سلول داغ،سینماتیک روبات،جدول دناویت–هارتنبرگ

واژه های کلیدی به انگلیسی Robot, Hotcell, Robot's kinematics, Denavit-Hartenberg Table

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیتهای پژوهشی دانشگاه :

استاد راهنما :

دانشجو :

امضاء استاد راهنما : **تاریخ :**

نسخهٔ ۱ : معاونت پژوهشی
نسخهٔ ۲: کتابخانه و به انضمام دوجلد پایان نامه به منظور تسویه حساب با کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک علمی

چکیده:

در این تحقیق به معرفی ، تحلیل و کنترل روبات Telbot تله روبات جدید در امور هسته ای و بالاخص در اتاقک سلول داغ(Hotcell)پرداخته می شود. این روبات با دارا بودن سینماتیک ویژه، سبکی در ساختار و توان جابجایی بالا توانسته است، جایگزین بسیار مناسب و پیشرفته ای برای تکنولوژی کنونی دستک ها در داخل سلول داغ(Hotcell) باشد.

در این مقاله با بررسی سلول داغ(Hotcell) و معادلات روبات، به بررسی و مدل سازی این روبات پرداخته خواهد شد. سینماتیک، دینامیک و کنترل این روبات از مباحثی است، که در این پروژه مورد نظر قراردارد.

تمام فرمول ها و معادلات بدست آمده در طول تحقیق با استفاده از برنامه هایی که برای شبیه سازی این پروژه آماده گردیده است، تست و شبیه سازی شده است.

به معرفی سلول داغ(Hotcell) به عنوان اطاقک محل انجام فعالیت های هسته ای پرداخته می شود.با بیان آنالیز محدود این فضا، تاریخچه و کاربرد های این اطاقک مورد بررسی قرار خواهد گرفت. مفاهیم کلی روبات، بیان می شود.هدف، آشنایی با کلیت روبات و معادلات آن برای استفاده در این پروژه می باشد. به نحوه بکارگیری روبات در فضای سلول داغ(Hotcell) پرداخته می شود. سینماتیک پیشرو و پسرو با بیان جدول دناویت–هارتنبرگ و نحوه حل معادلات ریاضی حاصل از این مدل سازی ها مورد بحث قرار می گیرد. معادلات و نحوه حرکت این روبات بیان می گردد.دو روش عمده شامل حرکت براساس متد زاویه ای و متد مکانی توصیف می گردد. به بررسی و پردازش شبیه سازی روبات مطرح شده در محیط سلول داغ(Hotcell) پرداخته می شود.

در بخش شبیه سازی، با استفاده از روابطی که در این پروژه حاصل شده، سینماتیک پسرو و پیشرو به صورت کاملا عملی مورد آزمایش قرارمی گیرد.پس از بررسی روبات در حالت ساکن، حرکت روبات را براساس دو متد مطرح شده در این تحقیق(متد زاویه ای و کارتزین) مورد شبیه سازی قرار می گیرد.

در ادامه با بررسی گشتاور لازم برای حرکت در هر کدام از متد هایی که ذکر گردید،با بررسی شرایط فیزیکی روبات به شبیه سازی دینامیکی روبات پرداخته می شود.

فهرست

۱- تحلیل سلول داغ(Hotcell) ۶
۱-۱- سلول داغ(Hotcell) ۶
۱-۲- تحلیل سلول داغ(Hotcell) ۸
۱-۳- تاریخچه استفاده از روبات در سلول داغ(Hotcell) ۱۰
۲- روبات ۱۲
۲-۱- تحلیل روباتیک ۱۲
۲-۱-۱- فضای کاری روبات ۱۳
۲-۱-۲- درجه آزادی ۱۳
۲-۲- محاسبات روبات ۱۶
۲-۲-۱- سینماتیک پیشرو ۱۸
۲-۲-۲- سینماتیک پسرو ۱۸
۲-۲-۳- تبدیل دناویت-هارتنبرگ ۱۸
۲-۲-۳-۱- نه قدم برای تبدیل دناویت-هارتنبرگ ۱۹
۲-۲-۳-۲- مثال تبدیل دناویت-هارتنبرگ ۲۰
۳- روبات در سلول داغ(Hotcell) ۲۲
۳-۱- معرفی Telbot ۲۲
۳-۲- تاریخچه طراحی سیستم Telbot بوسیله کامپیوتر ۲۸
۳-۳- مدل سازی ریاضی Telbot ۲۸
۳-۳-۱- سینماتیک پیشرو ۲۸
۳-۳-۲- سینماتیک پسرو ۳۲
۳-۳-۳- حل معادلات بسته برای سینماتیک ۳۲
۳-۳-۴- بررسی صحت جواب های بدست آمده ۳۶
۳-۳-۵- تعداد راه حل های معادلات ۳۶
۳-۴- نقشه راه(مسیر حرکت) ۳۷
۳-۴-۱- اهمیت نقاط ۳۹
۳-۴-۲- روش زاویه ای ۴۰
۳-۴-۳- روش مکانی ۴۱
۳-۴-۴- انتخاب بین دو روش زاویه ای و مکانی ۴۳

۳-۵- مدل سازی دینامیکی روبات ۴۳
۳-۵-۱- کنترل روبات ۴۳
۴- شبیه سازی، بکارگیری ۴۷
۴-۱- شبیه سازی ۴۷
۴-۲- برنامه نویسی مطلب ۴۷
۴-۳- بررسی شبیه سازی های صورت گرفته ۴۷
۴-۳-۱- سینماتیک پیشرو ۴۸
۴-۳-۲- سینماتیک پسرو ۴۹
۴-۳-۳- حرکت با استفاده از روش زاویه ای ۵۱
۴-۳-۴- حرکت با استفاده از روش مکانی ۵۴
۴-۳-۵- محاسبه گشتاور مفاصل ۵۷
۴-۳-۶- حرکت با گشتاور ثابت ۶۰
۴-۳-۷- کنترل روبات ۶۳
۴-۳-۷-۱- بکارگیری و نتایج ۶۳
نتایج و پیشنهادات ۶۶
مراجع ۶۷
ضمیمه اول ۷۱
ضمیمه دوم ۷۳

مقدمه

این پروژه به منظور مدل سازی و شبیه سازی روبات در فضای سلول داغ(Hotcell) تعریف و ارایه گردیده است.

با توجه به رشد روزافزون فن آوری هسته ای در تولید انرژی، پزشکی هسته ای و تمام فن آوری های علوم هسته ای، الزام تغییر روش و مکانیزه نمودن کلیه عملیات قابل انجام بر روی مواد هسته ای بیش از پیش مورد نیاز است.

با رشد سریع کامپیوتر و محاسبه گر های دیجیتالی با سرعت بسیار بالا و قابلیت برنامه ریزی نمودن این وسایل با بالاترین، سریعترین و کارآمد ترین زبان های برنامه نویسی، این امکان در اختیار طراحان و استفاده کنندگان قرار دارد، تا بتوانند، در دقیقترین و امن ترین حالت ممکن، روبات ها را برنامه ریزی نموده و در صنعت مورد استفاده قراردهند.

امکان ذخیره کلیه اعمال انجام گرفته برروی این وسایل، این قابلیت را به سیستم اضافه می کند، که بتوان کلیه اعمال انجام گرفته شده را ذخیره نمود، و در مواقع لازم شامل سانحه های بوجود امده و یا انجام اعمال مشابه با آنچه که رخ داده است، از آنها استفاده کرد، و زمان بسیار زیادی را از این طریق صرفه جویی نمود.

در حال حاضر، با پیشرفت علوم هسته ای و امکان استفاده از مزایای فراوان آن در علوم مختلف از جمله تولید انرژی، پزشکی، کشاورزی و ... ، می بایستی امنیت، پاکیزگی و دقت در انجام این امور برای دستیابی به نتایج بهتر، لزوم استفاده از روبات با دقت فراوان ، قابلیت برنامه ریزی و ذخیره هر گونه عملیات را چندین برابر می کند.

همگام با پیشرفت علوم هسته ای، مساله پاک بودن این فناوری برای کاربران آن بسیار مهم می باشد. هنوز بیماری و مشکلات جسمی کاربران مسایل هسته ای که با وجود پایین بودن، درجه پاکیزگی محیط، به این امور می پرداختند، از دغدغه های اصلی پیشرفت این تکنولوژی می باشد.

از این رو خارج کردن انسان از محیط های هسته ای و وارد نمودن روبات با دقت و کارایی به مراتب بیشتر، و عدم نگرانی از آلودگی های احتمالی می تواند، به رشد روزافزون این تکنولوژی کمک شایانی بنماید.

در حالیکه تنوع محصولات در زمینه اتوماسیون هسته ای به طور چشمگیری رشد نموده است، لزوم بهره گیری از امنیت و دقت بسیار بالا در ساخت این وسایل، منجر به قیمت تمام شده بسیار بالا برای خریداری، نصب و نگهداری این تجهیزات می گردد.لذا شبیه سازی این محصولات می تواند، در حد بسیار بالایی از اتلاف هزینه ها جلوگیری نماید. آشنایی با مزیت ها، محدودیت ها، تحلیل

توانایی های قابل انجام، توسط روبات از امکاناتی است، که شبیه سازی بدون صرف هزینه های گزاف در اختیار طراحان و استفاده کنندگان آتی این سیستم ها قرار می دهد.
به علت نو بودن این تکنولوژی(استفاده از روبات کاملا برنامه ریزی شده در سلول داغ(Hotcell) در سطح جهان، کشور های بسیار محدودی به مانند ژاپن،کانادا،امریکا و آلمان از این فن آوری به منظور تولید و بازیابی فراورده های هسته ای استفاده می کنند[۳۳].
پیش از این استفاده از روبا تهای کاملا مکانیکی با کنترل انسان، پیشرفته ترین متد برای انجام این امور به حساب می آمد، اما به علت دوری اپراتور از مواد به دلیل رعایت مسایل بهداشتی و همچنین عدم دقت کافی باعث گردیده که استفاده از روبات برنامه پذیر، با سرعت بسیار بالا، جای خود را در این تکنولوژی بیش از گذشته پیدا کند[۵۲].
در کشور ما نیز به دلیل تازگی این تکنولوژی ، همچنان از روش های کاملا سنتی برای این امور استفاده می گردد. و تا بحال هیچ تحقیق کامل و جامعی در زمینه استفاده از روبات های قابل برنامه ریزی برای استفاده در صنعت علوم هسته ای مورد مطالعه قرار نگرفته است.
از این رو تلاش بر این است، در این پژوهش همراه با آشنایی جزییات مکانیکی-الکترونیکی-کامپیوتری ، راهی نو در استفاده از این فن آوری در امور هسته ای باز گردد.
هدف از این تحقیق بررسی همه جانبه روبات(به صورت خاص روبات Telbot) در محیط سلول داغ(Hotcell) می باشد.امید است به زودی همگام با پیشرفت مسایل هسته ای کشور، با استفاده از تکنولوژی معرفی شده در این تحقیق که یکی از پیشرفته ترین آنهاست، گامی بلند بسوی اتوماسیون هسته ای برداشته شود.

معرفی پروژه

هدف اصلی که در این پروژه مورد مطالعه قرارگرفته است، بررسی، تحلیل و شبیه سازی یک روبات جدید در صنایع هسته ای برای استفاده در اتاقک سلول داغ(Hotcell) می باشد.
برای آغاز این پروژه و بکارگیری این روبات در ابتدای کار موارد زیر، از مهمترین سوالات و خواسته های کار به حساب می آمد، و این پروژه برای رسیدن به هدف، بررسی این موارد را در دستور کار خویش قرارداد.

- شناخت کامل از محیط مورد فعالیت روبات، که همان اتاقک سلول داغ(Hotcell) می باشد.
- شناخت کامل از روبات، آشنایی با مکانیک و ریاضیات روبات، شامل، سینماتیک و دینامیک و کنترل روبات ها.

- شناخت کامل از روبات معرفی شده در این پروژه(Telbot) . شامل تمام موارد بالا.
- شناخت شبیه سازی، المان های قابل شبیه سازی، اهداف و نتایج این کار.
- تحلیل نتایج شبیه سازی و اطلاعات جمع آوری شده.
- نتیجه گیری.

در این پروژه از ابزار های زیر نیز استفاده شده است.

- اطلاعات مربوط به سلول داغ(Hotcell) از منابع مختلف.
- اطلاعات در مورد روبات بصورت کلی، و بصورت خاص، روبات مورد نظر.
- نرم افزار ها و برنامه های مختلف، برای برنامه نویسی و شبیه سازی.

فصل های که در پیش آمده است، گزارشی است، از نحوه تحقق خواسته ها و راه های کـه در بـالا و در طول کار مشخص گردید.

این تحقیق شامل چهار فصل به همراه دو ضمیمه مـی باشـد.در ادامـه بـه ترتیـب خلاصـه فـصول و ضمایم آمده است.

فصل اول:

در این فصل به بررسی سلول داغ(Hotcell) به عنوان اطاقک محـل انجـام فعالیـت هـای هـسته ای پرداخته شده است.با بیان تحلیل این فضا، تاریخچه و کاربرد های این اطاقک را بررسی خواهد شد. و بصورت کلی با روبات مستر- اسلیو، به عنوان یک روبـات کـاملا مکـانیکی کـه عمـدتا در حـال حاضر در این اطاقک ها مورد استفاده قرار می گیرید، پرداخته خواهد شد.

فصل دوم:

در این بخش به اختصار، مفاهیم کلی روبات را که در این پروژه مورد استفاده قرار گرفته است، بیـان می شود.هدف، آشنایی با کلیت روبات و معادلات آن برای استفاده در این پروژه می باشد.
در این بخش به توصیف فضای کاری روبات پرداخته شده است، در ادامه با بیان مفهوم در جه آزادی به بیان روابط ریاضی حاکم بر روبات پرداخته شده است.بـا توصـیف جـدول دناویـت-هـارتنبرگ ، نحوه بدست آوردن معادلات سینماتیک پیشرو، پسرو توضیح داده می شود. برای روشن شدن بیـشتر مطلب، نحوه تشکیل قدم به قدم جدول دناویت-هارتنبرگ را به کمک مثال آورده شده است.در پایان نیز با یک مثال، نحوه محاسبه سینماتیک پیشرو با کمک جدول دناویت-هارتنبرگ تشریح می گردد.

فصل سوم:

در این بخش به نحوه بکارگیری روبات در فضای سلول داغ(Hotcell) پرداخته شده است.در بخش های قبل روبات و سلول داغ(Hotcell) معرفی گردید.در این بخش به صورت جامع تر به نحوه بکارگیری روبات در این اتاقک پرداخته می شود.در این بخش به معرفی روبات Telbot پرداخته شده است و تاریخچه آن را بیان می گردد.

در این بخش همچنین به معرفی مدلسازی ریاضی این روبات پرداخته شده است، سینماتیک پیشرو و پسرو با بیان جدول دناویت–هارتنبرگ و نحوه حل معادلات ریاضی حاصل از این مدل سازی ها مورد بحث قرار می گیرد.

پس از بررسی روبات در حالت ایستایی و بررسی سینماتیک این وضعیت، به بیان معادلات و نحوه حرکت این روبات پرداخته شده است.دو روش عمده شامل حرکت براساس متد زاویه ای و متد مکانی توصیف می گردد.

در ادامه با بیان سیستم کنترلی روبات Telbot به مدل سازی دینامیکی روبات پرداخته خواهد شد.

فصل چهارم:

در این بخش به بررسی و پردازش شبیه سازی روبات مطرح شده(Telbot) در محیط سلول داغ(Hotcell) پرداخته شده است.هدف از این بخش راه اندازی محیطی برای شبیه سازی روبات می باشد.با استفاده از مفاهیمی که در بخش های پیشین مطرح گردیده است، به شبیه سازی و مدل سازی روبات مطرح شده پرداخته شده است.

در شرایط مختلف ورودی ها و خروجی های سیستم را مورد بررسی قرار می گیرد.

نتیجه گیری و پیشنهادات:

در این بخش نتیجه حاصل از این پژوهش به همراه پیشنهادات برای ادامه این پروژه آمده است.در واقع سعی شده در این بخش به سوال مطرح شده در مورد انجام این پژوهش در فصل اول پاسخ گفته شود.در ادامه به مسیر هایی که در حین انجام این تحقیق برای گروه تحقیقی روشن گردید، اما خارج از تعریف و زمان این پروژه بود، پرداخته می شود.امید است که این پیشنهادات بزودی به جامه عمل برسند.

مراجع:

به علت گستردگی مباحث، و حتی جدید بودن خیلی از مطالب برای نویسنده این تحقیق، از مراجع بسیار متعدد برای این تحقیق استفاده شده است. بعضی از این مراجع، لینک های اینترنتی بوده که حتی در حد یک جمله به پیشبرد این پژوهش کمک کرده اند.در این بخش، سعی شده که تمامی این مراجع با اطلاعات کامل و قابل دسترسی آورده شود.

ضمیمه اول:

همانگونه که در فصل سوم و چهارم ملاحظه خواهد شد، از روش چرخش یگانه برای حل معادلات سینماتیک روبات بهره جستیم. لازم دانستم که این روش به صورت خلاصه در ضمیمه این تحقیق گنجانده شود.

ضمیمه دوم:

در این بخش کلیه کد های نوشته شده در این پروژه به تفکیک اسم برنامه های که در بخش چهارم آورده شده است، قرارگرفته شده است. برنامه ها در محیط مطلب نوشته شده و اجرا گردیده است.

فصل اول
تحلیل سلول داغ(Hotcell)

در این فصل به معرفی سلول داغ(Hotcell) به عنوان اطاقک محل انجام فعالیت های هسته ای پرداخته شده است.با بیان تحلیل محدود این فضا، تاریخچه و کاربرد های این اطاقک را بررسی خواهد شد. و بصورت کلی با روبات مستر- اسلیو، به عنوان یک روبات کاملا مکانیکی که عمدتا در حال حاضر در این اطاقک ها مورد استفاده قرار می گیرید، پرداخته خواهد شد.

۱-۱سلول داغ(Hotcell):

سلول داغ(Hotcell)، یک اتاق با دیواره های شیلد دار شده بسیار ضخیم می باشد.که در داخل آن برروی مواد رادیواکتیو، توسط روبات های دستی و یا اتوماتیک، توسط اپراتوری که از پشت پنجره اتفاقات داخل اطاق را مشاهده می کند، صورت می گیرد.

دیواره های سلول داغ(Hotcell) از بتون یا فلز به ضخامت یک متر و یا بیشتر ساخته شده است.این دیواره این امکان را می دهد، که بتوان برروی مواد رادیواکتیو با تشعشع خیلی بالا در حالتی بسیار امن کار کرد[۵۶].

از محیط سلول داغ(Hotcell) برای ساخت میله های سوخت، و یا بازکردن مجدد سوخت مصرف شده، به منظور فراوری مجدد و همچنین برای تولید ایزوتوپ های دارویی که در محیط راکتور تشعشع دیده شده اند و یا هر فرایندی که در طی آن تشعشع رادیواکتیو سلامت کار اپراتور را تحت خطر قرار می دهد، استفاده می شود[۵۲].شکل ۱-۱ یک سلول داغ(Hotcell) را از بیرون نشان می دهد.

مراحل جداسازی پلوتونیم از سوخت های استفاده شده و همچنین اولین مرحله فراوری مجدد سوخت (PUREX) می بایستی در سلول داغ(Hotcell) انجام گیرد[۵۷].مرحله دوم فراوری مجدد سوخت در Glove Box انجام می گیرد.شکل ۱-۲ یک Glove Box را نشان می دهد.

هدف اصلی که سلول داغ(Hotcell) دنبال می کند، ایجاد فضایی امن برای کار برروی مواد رادیو اکتیو، هم از نظر سلامت اپراتور و هم برای مواد رادیو اکتیو برای جابجایی، ترکیب، برش و اعمال دیگر است.

شکل۱-۱ نمای خارجی یک مجموعه اطاقک های سلول داغ(Hotcell) را نشان می دهد.

شکل ۱-۲ یک Glove Box را نشان میدهد.

برروی دیواره سلول داغ(Hotcell) پنجره ای تعبیه شده است، که اپراتور می تواند، از طریق آن رخ داد های داخل اطاق را مشاهده کند.

به طور معمول در حال حاضر از دستک های مکانیکی که بصورت مستر–اسلیو، همانگونه که در شکل ۱–۳ آمده است، استفاده می شود.اینگونه دستک ها طوری طراحی شده اند، که هر حرکتی سمت مستر توسط اپراتور انجام گیرد، عینا آن حرکت در سمت اسلیو صورت می گیرد. این ارتباط توسط تسمه ها، چرخ دنده ها، و غیره بصورت کاملا مکانیکی انجام می گیرد.

از این جهت است که این نوع دستک ها را مستر–اسلیو می نامند، که هر حرکتی روی بازو سمت مستر اتفاق بیافتد، بازوی سمت اسلیو آنرا عینا تقلید می کند[۵].

بصورت عمده این بازو ها عمل جابجایی را انجام می دهند. در اطاق سلول داغ(Hotcell) سیستم های جداگانه ای برای پرس کردن، برش دادن وسایر اعمال وجود دارد، که مواد رادیو اکتیو در صورت صلاحدید اپراتور توسط بازو ها برای انجام اعمال لازم به این یونیت ها سپرده می شوند.

اندازه اتاق سلول داغ(Hotcell) به نوع کاری که داخل آن انجام می شود، بستگی دارد. اندازه دستک های استفاده شده نیز به اندازه اطاق بستگی دارد.دستکی باید استفاده شود، که فضای کاری آن با فضای داخل اطاق منطبق باشد.

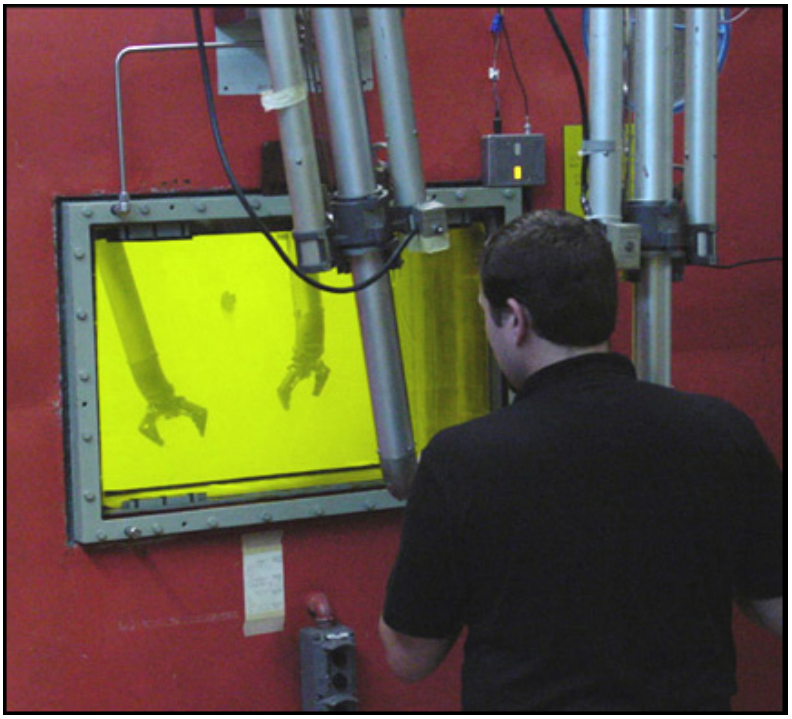
فضای کاری بازو، مجموعه ای از نقاط در فضاست، که نوک موثر بازو می تواند رسم کند.

۱–۲ تحلیل سلول داغ(Hotcell)

به منظور جلوگیری از انتقال آلودگی از لحظه‌شروع پروسس میتوان از سه سیستم کاملا مجزا برای انجام اعمال داخل سلول داغ(Hotcell) استفاده کرد. بنا به این گفته یک سیستم سلول داغ(Hotcell)شامل سه واحد کاملا مجزا خواهد بود.که به ترتیب ورود موادآنها را سیستم اول (ورودی) وسیستم دوم (پردازش) و سیستم سوم (خروجی) نامگذاری‌می کنیم[۴۴].

در ناحیه اول که با سیستم تهویه مستقل عمل می کند ورود مواد قابل پردازش صورت می گیرد.در ناحیه دوم که همچنین دارای سیستم تهویه مستقل نیز خواهد بود،اعمال پردازش ساخت وساز ها صورت می گیرد.درناحیه سوم که دارای سیستم تهویه مستقل است، جمع بندی و بسته بندی محصولات انجام می گیرد.

طراحی می بایستی به گونه ای انجام گیردکه مقدار کمتری از آلودگی پایدار در هریک از ناحیه ها به ناحیه دیگر منتقل گردد.



شکل ۱-۳ یک بازو بصورت مستر اسلیو را نشان می دهد.

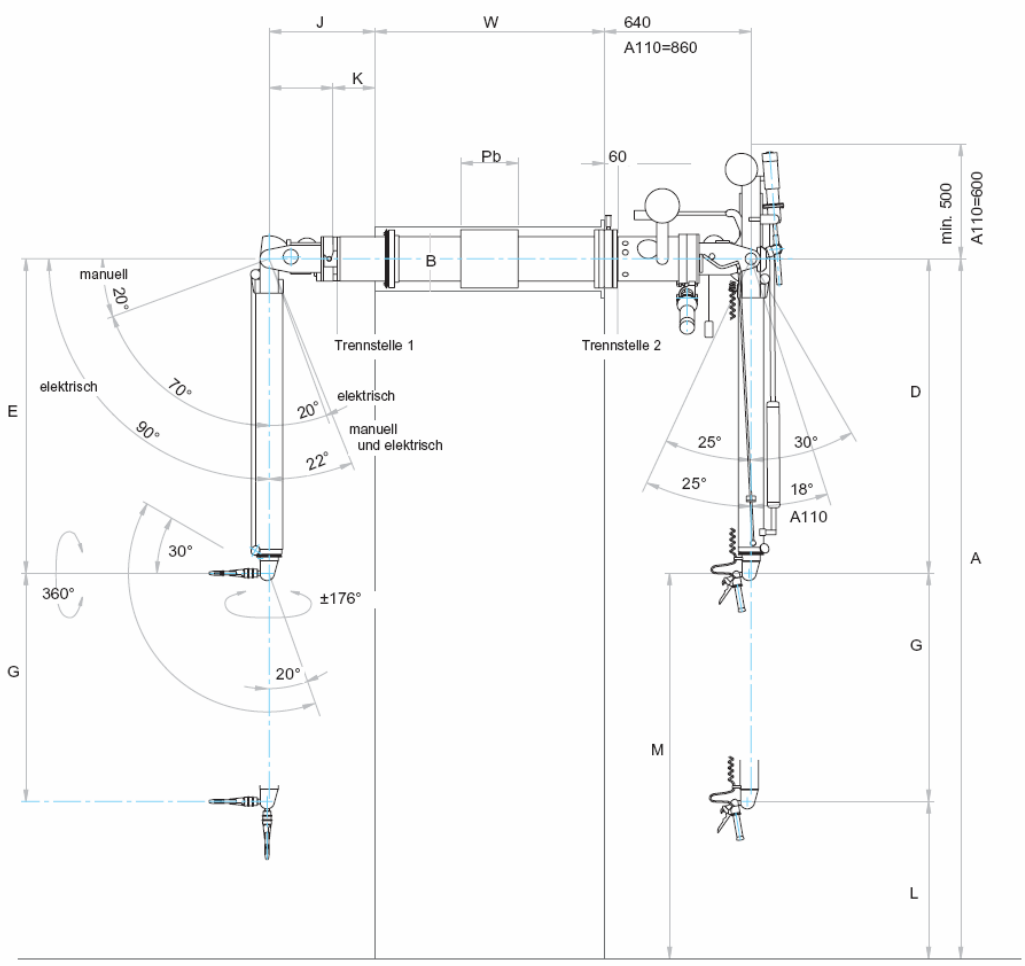
در صورتیکه اعمال انجام شده در سیستم شماره یک ناقص انجام شود کل سلول داغ (Hotcell) از کار نمی افتدبلکه مسوولیت سیستم شماره یک بیشتر خواهد بود البته در نظر بگیریم که این اتفاق منجر به صرفزمان بیشتر-آلودگی بیشتر وراندمان کمتری خواهد بود.

دستک های خادم-مخدوم دستکهای مکانیکی هستندکه بصورت کاملا ایزوله از دیوارسلول داغ (Hotcell)به داخل وارد شده اند. که بصورت کاملا امن وراحت می توانندداعمال لازم برروی مواد رادیو اکتیو را مطابق دستورهای رسیده از طرف خادم(Master)،توسط مخدوم(Slaves) انجام می دهند.

اپراتور از طریق دستک ها خادم وبصورت کنترل از راه دور برروی مواد کار می کند، به عبارت دیگر اپراتور پشت شیشه اتاقک سلول داغ (Hotcell)بادر دست گرفتن دستک خادم(Master) با دیدن مواد داخل اتاق وحرکت های تعریف شده، دستک خادم را حرکت داده و بوسیله آن مواد داخل اتاق را جابجا می کند. در شکل۱-۳ یک اپراتور که از طریق شیشه داخل اطاقک را می بیند ودستک خادم را در دست دارد، دیده می شود.

کنترل بازوی مخدوم (Slave) بصورت مکانیکی از طریق سمت خادم(Master) فرستاده می شود. این ابزار مکانیکی شامل انواع سیم ها ،تسمه ها ،وسایل الکتریکی می باشد همچنین برای سادگی در امر کنترل کردن دستک ها بصورت دستی (غیر اتوماتیک)می توان از دستگاه های الکتریکی برای نشانه گذاری های موقعیت کنونی دستک استفاده نمود که این نشانه گذاری در بازگشت دستک به موقعیت قبلی کمک می کند.

در حالت استفاده غیر اتوماتیک دستک های مخدوم (Slave)، رفتاری دقیقا مطابق با حرکت دستک های خادم(Master) که در دستان اپراتور قراردارد، دارند.
البته دامنه حرکت دستک مخدوم (Slave) محدود به فضای داخلی اتاق سلول داغ (Hotcell) می باشد.



شکل ۱-٤ شماتیک یک بازوی مستر-اسلیو را نشان می دهد.

۱-۳ تاریخچه استفاده از روبات در سلول داغ(Hotcell)

چن در مقاله [٤٠] استفاده از روبات را در شرایط خاصی که توصیف نموده است،در داخل سلول داغ(Hotcell) استفاده کرد. وایشان درآخرین مقاله ای که چاپ نمود برروی استفاده از روبات در سلول داغ(Hotcell) تمرکز کرده است. ایشان در این مقاله سینماتیک پیشرو و پسرو رادرروبات تحلیل کرد.

در سال ۱۹۸۹ کراگر[١٦] طراحی ومدل سازی سه بعدی از بازو روبات را به منظور استفاده در سلول داغ(Hotcell) بکار گرفت. در این زمینه نهایت سادگی در طراحی ودرجه آزادی روبات را در نظر گرفت. در سال۱۹۹۵اودونال[٢٨] مساله استفاده از اپراتور برای کنترل روبات را مطرح

کرد.ایشان در مقاله اش با عنوان روبات های اتوماتیک در کنترل کردن زباله های هسته ای استفاده از کامپیوتر و نرم افزار را برای کنترل‌ارتباط بین اپراتور ودستک ها ارائه داد. برنامه واسطه، وظیفه دریافت‌درخواست‌اپراتوروشبیه‌سازی آن با مدل طراحی شده از محیط پیرامون را دارد، در صورت اینکه هیچ اختلالی در این میان نباشد، دستور به ربات برای انجام منتقل می شود وسیستم کاملا به صورت خادم- مخدوم انجام وظیفه می نماید.در غیر این صورت روبات تا جاییکه در امنیت باشد به حرکت خود ادامه می دهد و سپس از حرکت می ایستد.نکته حائز اهمیت این مقاله جمع آوری اطلاعات از محیط و اپراتور وتوسعه دادن نرم افزار، برای ارتباط بین تمام اجزا داخل سیستم می باشد. طرح ایشان بصورت عملی تست گردید، ودرخواست های اپراتور در صورتیکه تناقضی با طرح وارد شده از محیط نداشت، فرمان مستقیما به روبات اعمال می شد، در غیر این صورت روبات از کنترل اپراتور خارج می شد تا موقعییکه اپراتور مسیر را تصحیح کند[۲۸].

فصل دوم
روبات

در این بخش به اختصار، مفاهیم کلی روبات را که در این پروژه مورد استفاده قرار گرفته است، بیان می گردد.هدف، آشنایی با کلیت روبات و معادلات آن برای استفاده در این پروژه می باشد.
در این بخش به توصیف فضای کاری روبات پرداخته شده است، در ادامه با بیان مفهوم در جه آزادی به بیان روابط ریاضی حاکم بر روبات پرداخته شده است.با توصیف جدول دناویت–هارتنبرگ ، نحوه بدست آوردن معادلات سینماتیک پیشرو، پسرو توضیح داده می شود. برای روشن شدن بیشتر مطلب، نحوه تشکیل قدم به قدم جدول دناویت–هارتنبرگ را به کمک مثال آورده شده است.در پایان نیز با یک مثال، نحوه محاسبه سینماتیک پیشرو با کمک جدول دناویت–هارتنبرگ تشریح می گردد.

۲-۱ تحلیل روباتیک:

روبات مجموعه ای مکانیکی قابل تحرکی می باشد، که می توان با سیستم های الکترونیکی حرکت آنرا کنترل نمود.این حرکت می تواند، شامل چرخیدن چرخها، تغییر زاویه محورها، پیچش یک محورو یا هر حرکت دیگری که بتوان در سیستم های مکانیکی در نظر گرفت، می باشد[۳۶].
روبات را می توان از نظر حرکت اجزا روبات نسبت به هم به دو دسته کلان تقسیم نمود.دسته اول روبات هایی هستند، که اجزا مختلف آن نسبت به یک فریم اصلی (ساقه اصلی روبات)، حرکت می کنند. مانند بازو هاو ... .و گروه دیگر روبات هایی هستند، که قسمت های مختلف روبات نسبت به هم ثابت هستند. مانند ماشین ها، روبات های انسان نما و غیره.
در این بخش به تشریح روبا ت های نوع اول پرداخته شده است.یعنی روباتهایی که حرکت اجزا مختلف آن بر حسب یک فریم اصلی تعریف می شوند.به زبان ساده تر این روباتها، کارشان را در جاییکه ایستاده اند، انجام می دهند.از انواع این روبات ها می توان به چاپگر ها،CNC ها، بالابر هااشاره کرد.این نوع روبات ها را نیز می توان به دوبخش کاملا مجزا تقسیم نمود.روباتهایی که فضای کاری آنها داخل فضای روبات می باشد، مانند چاپگر ها و روباتهایی که فضای کاری آنها در خارج از سیستم روبات می باشد،مانند بازوهای متحرک و بالابرها.
در بخش بعدی فضای کاری روبات را تعریف می گردد.

۲-۱-۱ فضای کاری روبات:

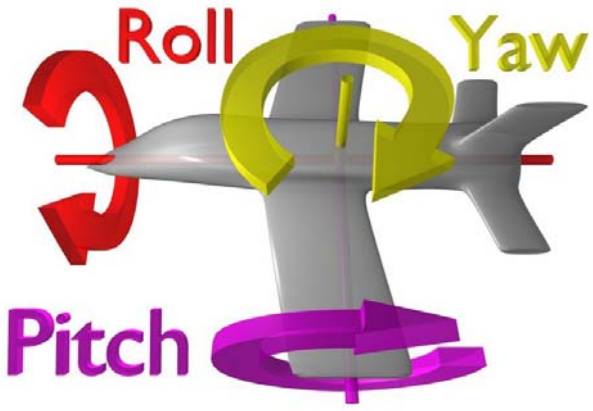
فضای کاری یک روبات آن قسمت از فضا است که ، بخش تاثیر گذار آن روبات می تواند در فضا رسم کند.

به عنوان مثال، در یک بالابر فضای کاری سیستم یک خط مستقیم می باشد، که از حرکت قلاب یا کفه بالابر در فضا رسم می شود.در مورد یک بازوی متحرک، فضای کار روبات، حجمی از فضا است، که نوک بازو در فضا می تواند رسم کند[۴۵].

در روباتهای که از متصل شدن چندین لینک توسط مفاصل مختلف بهره می گیرند، علاوه بر بررسی فضای کاری روبات، بحث در مورد درجه آزادی از ملزومات می باشد.

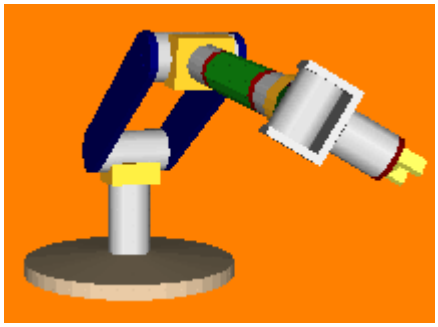
۲-۱-۲ درجه آزادی:

تعداد حرکت های قابل انجام مستقل در یک روبات را درجه آزادی آن روبات می نامند.به عنوان مثال، یک جسم معلق در فضا دارای درجه آزادی برابر ۳ می باشد.شکل ۲-۱ یک هواپیما ودرجات آزادی آنرا نشان می دهد.



شکل ۲-۱یک جسم صلب را نشان می دهد.

درسیستم های به هم متصل سخت، درجه آزادی برابراست با مجموع درجات آزادی لینک های مختلف آن سیستم.شکل زیر یک بازو شبیه سازی شده از دست انسان را نشان می دهد. درجه آزادی این بازو برابر ۷ می باشد.



شکل ۲-۲ یک بازوی معادل دست انسان را نشان می دهد.

این ۷ درجه شامل تحرک های زیر می باشد.

۱- حرکت لینک ۱ در محور Z .

۲- حرکت لینک ۲ در محور X.

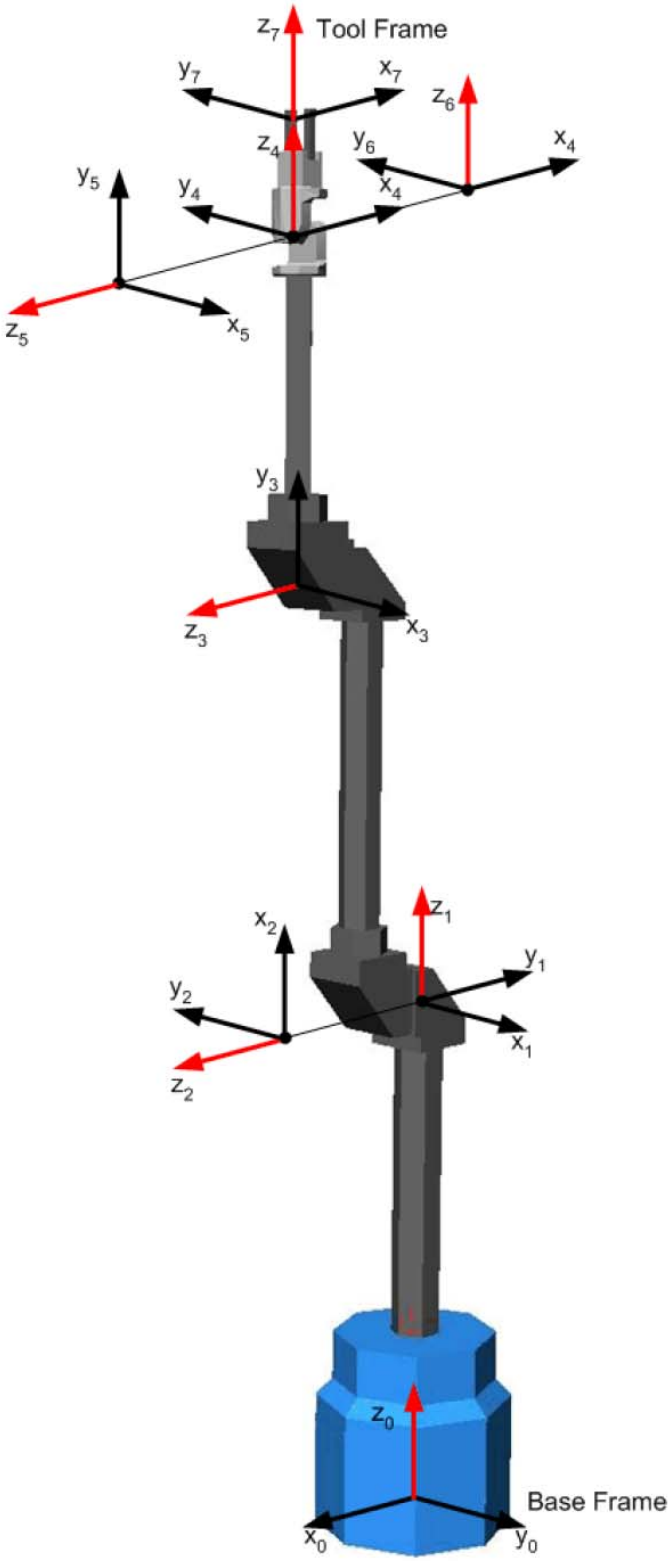
۳- حرکت لینک ۳ در محور X.

۴- حرکت لینک ۴ در محور Z.

۵- حرکت لینک ۵ در محور X.

۶- حرکت لینک ۶ در محور Z.

۷- حرکت لینک ۷ در محور X.



شکل ۲-۳ شماتیک روبات Telbot را نشان می دهد.