





دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مکانیک

بررسی اثر سیستم اندازه‌گیری، در عملکرد مکانیزم استوارت

۱۳۸۲ / ۷ / ۲۰

پایان‌نامه کارشناسی ارشد طراحی کاربردی

حمید رضوانی دستگردی

استاد راهنما

دکتر کشمیری

۴۸۷۴۱



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته طراحی کاربردی
تحت عنوان

بررسی اثر سیستم اندازه گیری، در عملکرد مکانیزم استوارت

در تاریخ ۱۳۸۱/۸/۸ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه

۲- استاد مشاور پایان نامه

۳- استاد مشاور پایان نامه

۴- استاد داور

دکتر مهدی کشمیری

دکتر جعفر صدیق

دکتر سید حسن موسوی

دکتر مصطفی غیور

دکتر احمد رضا پیشه‌ور

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده

پروردگار خلق و خداوند کبریا

شکر و سپاس و منت و عزت خدایرا

رزاق بنده پرور و خلاق رهنما

دادار غیب‌دان و نگهدار آسمان

سعدی

بر خود لازم می‌دانم از زحمات گرانقدر جناب آقای دکتر کشمیری، بواسطه راهنماییهای ارزنده‌شان در مراحل مختلف پایان‌نامه، کمال تشکر و قدردانی به عمل آورم. همچنین از سایر اساتید محترم دکتر موسوی، دکتر غیور و دکتر صدیق که بازخوانی مجدد پایان‌نامه را بر عهده داشتند تقدیر می‌گردد.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

تقديم به

يگانگ مزيزان زندگيم

و

تمامي حق جويان عالم

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
هشت	فهرست مطالب
۵	لیست اشکال و جدول
۱	چکیده
۲	فصل اول : مقدمه
۵	۱-۱- پیشگفتار
۷	۱-۲- کاربردهای مکانیزم استوارت
۹	۱-۳- تاریخچه کارهای انجام شده
	۱-۴- تعریف مسئله، و روند کلی کارهای انجام شده در پایان نامه
۱۱	فصل دوم : سینماتیک و دینامیک مکانیزم استوارت
۱۱	۱-۲- سینماتیک مکانیزم استوارت
۱۳	۱-۲-۱- مختصات تعمیم یافته و معادلات قیود
۱۴	۱-۲-۲- دستگاههای مختصات، ماتریسهای دوران و معادلات قید
۱۶	۱-۲-۳- سینماتیک مستقیم و معکوس
۱۶	۲-۲- دینامیک مکانیزم استوارت
۲۲	۱-۲-۲- استخراج معادلات حرکت
۲۳	۲-۲-۲- دینامیک مستقیم و معکوس مکانیزم
	۲-۲-۳- محاسبه نیروی مفاصل
۲۶	فصل سوم : طراحی کنترل کننده
۲۷	۱-۳- مقدمه
۲۸	۲-۳- روش کنترل غیر خطی
۳۲	۳-۳- روش خطی سازی به کمک فیدبک
۳۳	۴-۳- طراحی کنترل کننده برای مکانیزم استوارت
	۵-۳- شبیه سازی عددی رفتار مکانیزم

فصل چهارم: سیستم اندازه‌گیری

۴۰	۴-۱-۱- مقدمه
۴۲	۴-۲- بررسی انتخاب‌های مختلف برای اندازه‌گیری
۴۵	۴-۳- سینماتیک مستقیم
۴۷	۴-۳-۱- انتگرال‌گیری از معادلات سینماتیک مستقیم
۵۰	۴-۳-۲- انتگرال‌گیری از معادلات سینماتیک با در نظر گرفتن جبران کننده
۵۲	۴-۳-۳- نیوتن رافسون
۵۹	۴-۴- انتخاب سیستم اندازه‌گیری مناسب
۵۹	۴-۴-۱- روش مناسب برای سینماتیک مستقیم
۶۲	۴-۴-۲- سیستم اندازه‌گیری مناسب
۷۳	۴-۵- بررسی مقاوم بودن کنترلر در برابر نامعینی‌ها
۷۳	۴-۵-۱- اثر نامعینی‌های پارامتری
۷۵	۴-۵-۲- اثر پررود اندازه‌گیری
۷۶	۴-۶- نتایج

فصل پنجم: ترکیب حساسه‌ها

۸۸	۵-۱- مقدمه
۹۰	۵-۲- اغتشاش در حساسه‌ها
۹۰	۵-۲-۱- پدیده اغتشاش در کنترل مدرن
۹۶	۵-۲-۲- اغتشاش در سیستم اندازه‌گیری مکانیزم استوارت
۹۷	۵-۳- ترکیب حساسه‌ها
۹۷	۵-۳-۱- روش ترکیب هندسی
۱۰۴	۵-۳-۲- بکارگیری روش ترکیب هندسی در مکانیزم استوارت
۱۰۸	۵-۴- نتایج

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مراجع

لیست اشکال و جداول

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
	فصل اول : مقدمه
۳	شکل ۱-۱. مکانیزم استوارت معکوس
۳	شکل ۲-۱. مکانیزم استوارت منظم
۴	شکل ۳-۱. آرایشهای مختلف مکانیزم استوارت ۶-۶
۵	شکل ۴-۱. مکانیزم استوارت با محرکهای ثابت
۷	شکل ۵-۱. کاربرد مکانیزم استوارت در نانو تکنولوژی
۹	شکل ۶-۱. مکانیزم استوارت مورد نظر در این تحقیق
	فصل دوم : سینماتیک و دینامیک مکانیزم استوارت
۳	شکل ۱-۲. دستگاههای مختصات
۱۹	شکل ۲-۲. مرکز جرم سیلندر و پیستون، در دستگاه متصل به جک
۲۳	شکل ۳-۲. دیاگرام آزاد مربوط به سکوی متحرک و یکی از جکهای مکانیزم
	فصل سوم : طراحی کنترل کننده
۲۸	شکل ۱-۲. روش کنترل، خطی سازی به کمک فیدبک
۳۳	شکل ۲-۲. کاربرد روش خطی سازی به کمک فیدبک، در مکانیزم استوارت
۳۶	شکل ۳-۳. شبیه سازی عددی رفتار مکانیزم در حالت ایده ال
۳۷	شکل ۴-۲. تاریخچه زمانی نیروی جکها و طول جکها
۳۸	شکل ۵-۳. تاریخچه زمانی زوایای α و β ، مربوط به جکها
۳۹	شکل ۶-۳. تاریخچه زمانی مؤلفه های مماسی (F_x) و عمودی (F_{yz})، نیروی داخلی جکها
	فصل چهارم : سیستم اندازه گیری
۴۶	شکل ۱-۴. مکانیزم استوارت ۶-۳
۴۷	شکل ۲-۴. بلوک دیاگرام مربوط به، روش انتگرالگیری از معادلات سینماتیک مستقیم
۴۹	شکل ۳-۴. شبیه سازی رفتار مکانیزم استوارت با استفاده از روش انتگرالگیری از معادلات سینماتیک مستقیم
۵۰	شکل ۴-۴. شبیه سازی رفتار مکانیزم با استفاده از روش انتگرالگیری از معادلات سینماتیک مستقیم و با فرض خطا
۵۳	شکل ۵-۴. بلوک دیاگرام مربوط به، کاربرد روش نیوتن رافسون در سینماتیک مستقیم مکانیزم استوارت
۵۳	شکل ۶-۴. روش نیوتن رافسون

- شکل ۴-۷. شبیه سازی رفتار مکانیزم به کمک روش جبران کردن خطا و با فرض اندازه گیری صحیح طول جکها ۵۵
- شکل ۴-۸. شبیه سازی رفتار مکانیزم به کمک روش نیوتن رافسون و با فرض اندازه گیری صحیح طول جکها ۵۶
- شکل ۴-۹. تاریخچه زمانی خطای ایجاد شده در متغیرهای سکو ۵۷
- شکل ۴-۱۰. تاریخچه زمانی خطای ایجاد شده در متغیرهای سکو ۵۸
- شکل ۴-۱۱. تاریخچه زمانی دترمینان ماتریس C، برای انتخاب زوایای β ۶۳
- شکل ۴-۱۲. شبیه سازی رفتار مکانیزم با استفاده از روش جبران کردن خطا و با فرض اندازه گیری زوایای β و خطا ۶۴
- شکل ۴-۱۳. شبیه سازی رفتار مکانیزم با استفاده از سینماتیک معکوس و با فرض وجود خطا در اندازه گیری ۶۵
- شکل ۴-۱۴. شبیه سازی رفتار مکانیزم در تعقیب مسیر شماره (۲)، با فرض اندازه گیری طول جکها و وجود خطا ۶۶
- شکل ۴-۱۵. شبیه سازی رفتار مکانیزم در تعقیب مسیر شماره (۲)، با فرض اندازه گیری متغیرهای سکو و خطا ۶۷
- شکل ۴-۱۶. شبیه سازی رفتار مکانیزم در تعقیب مسیر شماره (۲)، با فرض اندازه گیری زوایای β و وجود خطا ۶۸
- شکل ۴-۱۷. شبیه سازی رفتار مکانیزم در تعقیب مسیر شماره (۲)، با فرض اندازه گیری ترکیبی از متغیرهای سکو و طول جکها و وجود خطا در اندازه گیری. ۶۹
- شکل ۴-۱۸. مقایسه بین بیشترین انحراف متغیرهای سکو از مسیر شماره (۲)، بر اساس ۴ سیستم اندازه گیری مطرح شده در رابطه (۴-۳۹) و وجود خطای واحد در برای حساسه های اندازه گیری. ۷۰
- شکل ۴-۱۹. بررسی تاثیر میزان ω_{ii} در انحراف متغیرهای سکو. ۷۲
- شکل ۴-۲۰. شبیه سازی مربوط به بررسی اثر نامعینی های پارامتری در تعقیب مسیر، با فرض اندازه گیری صحیح طول جکها، تعقیب مسیر شماره (۱) و ۱۰٪ خطا در تخمین پارامترهای ثابت مکانیزم. ۷۷
- شکل ۴-۲۱. شبیه سازی مربوط به بکارگیری یک انتگرالگیر در کنترلر، با فرض اندازه گیری صحیح طول جکها، تعقیب مسیر شماره (۱) و ۱۰٪ خطا در تخمین پارامترهای ثابت مکانیزم. ۷۸
- شکل ۴-۲۲. شبیه سازی مربوط به بررسی اثر نامعینی های پارامتری در تعقیب مسیر، با فرض اندازه گیری صحیح طول جکها، تعقیب مسیر شماره (۱) و ۳۰٪ خطا در تخمین پارامترهای ثابت مکانیزم. ۷۹
- شکل ۴-۲۳. شبیه سازی مربوط به بررسی اثر نامعینی های پارامتری در تعقیب مسیر، با فرض اندازه گیری صحیح طول جکها، تعقیب مسیر شماره (۱) و ۵۰٪ خطا در تخمین پارامترهای ثابت مکانیزم. ۸۰
- شکل ۴-۲۴. شبیه سازی مربوط به بررسی اثر پریود اندازه گیری در تعقیب مسیر، با فرض اندازه گیری صحیح طول جکها، تعقیب مسیر شماره (۱) و $T=0$ msec ۸۱
- شکل ۴-۲۵. شبیه سازی مربوط به بررسی اثر پریود اندازه گیری در تعقیب مسیر، با فرض اندازه گیری صحیح طول جکها، تعقیب مسیر شماره (۱) و $T=2$ msec ۸۲
- شکل ۴-۲۶. شبیه سازی مربوط به بررسی اثر پریود اندازه گیری در تعقیب مسیر، با فرض اندازه گیری صحیح طول جکها، تعقیب مسیر شماره (۱) و $T=10$ msec ۸۳
- شکل ۴-۲۷. شبیه سازی مربوط به بررسی اثر پریود اندازه گیری در تعقیب مسیر، با فرض اندازه گیری صحیح طول جکها، تعقیب مسیر شماره (۱) و $T=30$ msec ۸۴
- شکل ۴-۲۸. شبیه سازی مربوط به بررسی اثر پریود اندازه گیری در تعقیب مسیر، با فرض اندازه گیری صحیح طول جکها، تعقیب مسیر شماره (۱) و $T=70$ msec ۸۵

- شکل ۴-۲۹. نتایج مربوط به شبیه سازی مکانیزم استوارت، در حالت کلی، شرایط: پرپود اندازه گیری ۱۰ میلی ثانیه، خطا در تخمین پارامترهای واقعی ۱۰ درصد و خطای حساسه های اندازه گیری طول جکها ۱ mm. ۸۶
- شکل ۴-۳۰. نتایج مربوط به شبیه سازی مکانیزم استوارت، در حالت کلی، شرایط: پرپود اندازه گیری ۳۰ میلی ثانیه، خطا در تخمین پارامترهای واقعی ۳۰ درصد و خطای حساسه های اندازه گیری طول جکها ۳ mm. ۸۷
- جدول ۴-۱. مقایسه دو روش جبران کردن خطا ($w=1000 \text{ Hz}$) و نیوتن رافسون، با فرض اندازه گیری طول جکها ۶۰
- جدول ۴-۲. بیشترین انحراف متغیرهای سکو در روش جبران کردن خطا، با فرض w های مختلف و اندازه گیری طول جکها. ۶۱
- جدول ۴-۳. نرم انحراف متغیرهای سکو، در روش جبران کردن خطا، با فرض w های مختلف و اندازه گیری طول جکها. ۶۱
- جدول ۴-۴. دترمینان ماتریس C، برای انتخاب مربوط به ترکیب متغیرهای سکو و طول جکها. ۶۳
- جدول ۴-۵. بیشترین انحراف متغیرهای سکو برای مسیر شماره ۱ و دو سیستم اندازه گیری طول جکها و متغیرهای سکو. ۶۴

فصل پنجم: ترکیب حساسه ها

- شکل ۵-۱. تابع احتمال گاوسین به ازاء میانگین صفر و مقادیر مختلف انحراف استاندارد. ۹۴
- شکل ۵-۲. تفسیر هندسی رابطه (۵-۶۰)، برای حالت $n = 2, p = 2$. ۱۰۱
- شکل ۵-۳. شکل بالا: تاریخچه زمانی خطای متغیرهای سکو در تعقیب مسیر شماره (۱)، با فرض در نظر گرفتن خطای حساسه های طول جکها به عنوان یک فرایند تصادفی پایا، تابع گاوسین ($\sigma = 0.2, \mu = 0$) برای خطای حساسه ها، پرپود اندازه گیری 10 ms و بلاخره 5% خطا در تخمین پارامترهای ثابت. شکل پایین: تاریخچه زمانی خطای حساسه ها. ۱۰۹
- شکل ۵-۴. شکل بالا: تاریخچه زمانی خطای متغیرهای سکو در تعقیب مسیر شماره (۱)، با فرض در نظر گرفتن خطای حساسه های طول جکها به عنوان یک فرایند تصادفی پایا، تابع گاوسین ($\sigma = 1.2, \mu = 0$) برای خطای حساسه ها، پرپود اندازه گیری 10 ms و بلاخره 5% خطا در تخمین پارامترهای ثابت. شکل پایین: تاریخچه زمانی خطای حساسه ها. ۱۱۰
- شکل ۵-۵. تاریخچه زمانی خطای متغیرهای سکو در تعقیب مسیر شماره (۱)، با فرض در نظر گرفتن خطای حساسه ها به عنوان یک فرایند تصادفی پایا، تابع گاوسین برای خطای حساسه ها، میانگین صفر، σ حساسه طول جکها 0.2 و حساسه مشتق طول جکها 1.2، $T=10 \text{ ms}$ و بلاخره 5% خطا در تخمین پارامترهای ثابت. ۱۱۱
- شکل ۵-۶. توابع احتمال گاوسین بکار رفته برای خطای حساسه های اندازه گیری در مکانیزم استوارت. ۱۱۱
- شکل ۵-۷. شکل بالا: تاریخچه زمانی خطای متغیرهای سکو در تعقیب مسیر شماره (۱)، با فرض در نظر گرفتن خطای حساسه ها به عنوان یک فرایند تصادفی پایا، تابع گاوسین با $\mu = 0$ صفر و σ های متفاوت برای خطای حساسه ها، $T=10 \text{ ms}$ میلی ثانیه و بلاخره 5% خطا در تخمین پارامترهای ثابت. شکل پایین: تاریخچه زمانی خطای حساسه ها. ۱۱۲

شکل ۸-۵ بالا: تاریخچه زمانی خطای متغیرهای سکو در تعقیب مسیر شماره (۱)، با فرض در نظر گرفتن خطای حساسه های طول جکها به عنوان یک فرایند تصادفی پایا، تابع گاوسین ($\sigma = 1.5, \mu = 0$) برای خطای حساسه ها و پریود اندازه گیری 10 ms. شکل پایین: تاریخچه زمانی خطای حساسه ها. ۱۱۳

شکل ۹-۵ بالا: تاریخچه زمانی خطای متغیرهای سکو در تعقیب مسیر شماره (۱)، با فرض در نظر گرفتن خطای حساسه های طول جکها به عنوان یک فرایند تصادفی پایا، تابع گاوسین ($\sigma = 3.0, \mu = 0$) برای خطای حساسه ها و پریود اندازه گیری 10 ms. شکل پایین: تاریخچه زمانی خطای حساسه ها. ۱۱۴

شکل ۱۰-۵. خطای متغیرهای سکو در تعقیب مسیر شماره (۱)، خط توپر: بکارگیری یک دسته حساسه برای اندازه گیری طول جکها، تابع گاوسین ($\sigma = 1.5, \mu = 0$) و $T=10$ ms، خط چین: بکارگیری یک دسته حساسه برای اندازه گیری طول جکها، تابع گاوسین ($\sigma = 3, \mu = 0$) و $T=10$ ms، خط نقطه: ترکیب نتایج دو دسته حساسه و $T=10$ ms. ۱۱۵

شکل ۱۱-۵ بالا: تاریخچه زمانی متغیرهای واقعی سکو و متغیرهای مطلوب برای مسیر شماره (۳)، با فرض در نظر گرفتن خطای حساسه های طول جکها به عنوان یک فرایند تصادفی پایا، تابع گاوسین برای خطای حساسه ها ($\sigma = 1.5, \mu = 0$)، و پریود اندازه گیری 10 ms. شکل پایین: تاریخچه زمانی خطای متغیرهای سکو. ۱۱۶

شکل ۱۲-۵ بالا: تاریخچه زمانی متغیرهای واقعی سکو و متغیرهای مطلوب برای مسیر شماره (۳)، با فرض در نظر گرفتن خطای حساسه های طول جکها به عنوان یک فرایند تصادفی پایا، تابع گاوسین برای خطای حساسه ها ($\sigma = 3.0, \mu = 0$)، و پریود اندازه گیری 10 ms. شکل پایین: تاریخچه زمانی خطای متغیرهای سکو. ۱۱۷

شکل ۱۳-۵. خطای متغیرهای سکو در تعقیب مسیر شماره (۳)، خط توپر: بکارگیری یک دسته حساسه برای اندازه گیری طول جکها، تابع گاوسین ($\sigma = 1.5, \mu = 0$) و $T=10$ ms، خط چین: بکارگیری یک دسته حساسه برای اندازه گیری طول جکها، تابع گاوسین ($\sigma = 3, \mu = 0$) و $T=10$ ms، خط نقطه: ترکیب نتایج دو دسته حساسه و $T=10$ ms. ۱۱۸

چکیده

این تحقیق ضمن مروری بر سینماتیک و دینامیک مکانیزم استوارت، اثر سیستم اندازه‌گیری در عملکرد مکانیزم را نیز، مورد مطالعه قرار می‌دهد. روابط سینماتیکی با استفاده از زنجیره هندسی بسته مکانیزم، بصورت جبری و دیفرانسیلی، بدست می‌آیند. معادلات دینامیکی با استفاده از روش لاگرانژ برای سیستمهای مقید، استخراج می‌شوند. ضرائب لاگرانژ به کمک ماتریس مکمل متعامد حذف و فرم کاهش یافته معادلات، جهت طراحی کنترل‌کننده محاسبه می‌شوند. کنترل‌کننده مکانیزم با استفاده از روش خطی سازی به کمک فیدبک طراحی شده است، در این کنترل‌کننده، برای جبران خطای ماندگار ناشی از نامعینی‌های مکانیزم، از یک انتگرالگیر در حلقه بیرونی، کمک گرفته می‌شود. کنترل‌کننده جهت محاسبه نیروهای عملگرها، نیازمند محاسبه مجموعه متغیرهای فضای کار و فضای مفاصل است. در عمل تعدادی از این متغیرها توسط حساسه‌ها اندازه‌گیری می‌شوند و دیگر متغیرها با استفاده از روابط سینماتیکی جبری یا دیفرانسیلی، استخراج می‌شوند. انتخاب متغیرهای مورد اندازه‌گیری و متغیرهای مورد محاسبه و تأثیر آن بر عملکرد مکانیزم، بطور مشروح مورد بررسی قرار می‌گیرد. بررسی‌های انجام شده، نشان می‌دهد، انتخاب حساسه‌های طولی و استفاده از فرم دیفرانسیلی قیود سینماتیکی، به همراه جبران‌کننده خطا، مناسب‌ترین و دقیق‌ترین روش در آماده‌سازی متغیرهای مکانیزم، برای کنترل‌کننده است. در پایان برای کاهش خطای سیستم، نتایج مطلوب بر اساس یک رابطه خطی از نتایج اندازه‌گیریهای مضاعف، استخراج شده است. بدین منظور در یک تحلیل آماری با استفاده از حداقل کردن حجم بیضی نامعینی نتایج نهایی، ماتریسهای وزن در رابطه خطی، استخراج شده است.

فصل اول

مقدمه

۱-۱. پیشگفتار

رباتها بر اساس باز یا بسته بودن زنجیره سینماتیکی، بترتیب به دو دسته سری و موازی، تقسیم می شوند. ربتهای سری در مواردی که سرعت، دقت و تحمل وزن، توأمأ مدنظر نباشد، و توانایی دسترسی به اهداف دور مورد نیاز باشد، کارایی دارند. ربتهای موازی در قیاس با ربتهای سری که زنجیره سینماتیکی بازی دارند، دارای محاسن قابل توجه ای می باشند، از جمله این مزایا می توان نسبت نیرو به وزن بالا، صلبیت و قابلیت تحمل بار بیشتر را، ذکر نمود. همچنین، این ربتهها بواسطه زنجیره سینماتیکی بسته، دقت بالاتری نیز، دارند. نسبت نیرو به وزن در ربتهای سری به ۳٪ می رسد، در حالی که این نسبت در ربتهای موازی حتی به ۵۰۰٪ نیز می رسد. ربتهای سری محدوده کاری بیشتری دارند، ولی صلبیت و قابلیت تحمل بار آنها کمتر است. از معایب ربتهای موازی در قیاس با ربتهای سری، می توان به موارد زیر اشاره نمود.

۱. بواسطه شکل هندسی این ربتهها، فضای کار آنها محدودتر می باشد.

۲. حل سینماتیک مستقیم آنها معمولاً با برخی از مشکلات همراه است.

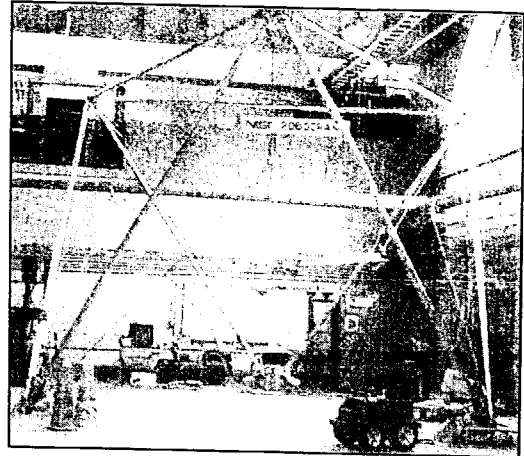
برای نخستین بار گاف^۱ در سال (۱۹۵۷-۱۹۵۶) از یک ربات موازی سکودار، برای ساخت دستگاه تست تاثیر استفاده کرد، پس از آن در سال ۱۹۶۵ استوارت^۲، استفاده از این ربات موازی سکودار را در ساخت شیه ساز پرواز پیشنهاد کرد. این ربات موازی سکودار، با عنوان مکانیزم استوارت، شناخته می شود.

1-Gaugh

2-Stewart



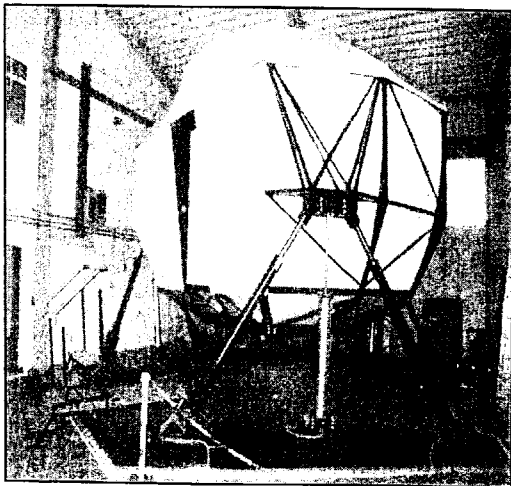
ب. مکانیزم استوارت معکوس در آزمایشگاه



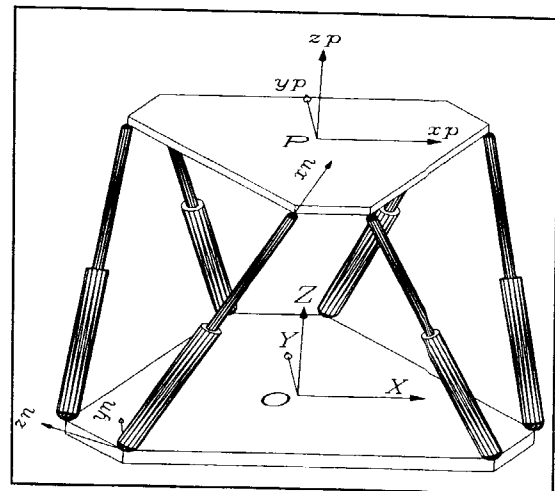
الف. مکانیزم استوارت معکوس در ساخت جرثقیل

شکل ۱-۱. مکانیزم استوارت معکوس

مکانیزم استوارت از لحاظ فرم استقرار دو نوع منظم^۱ و معکوس^۲ را تشکیل می دهد. مکانیزم استوارت معکوس (شکل ۱-۱)، از آویزان شدن یک مثلث متساوی الاضلاع^۳ داخل یک هشت وجهی، تشکیل می گردد. ۶ رابط نگهدارنده این مثلث، می توانند سیم، کابل و... باشند، هر جفت از این رابطها یک رأس مثلث را به رئوس مثلث بالای هشت وجهی متصل می کنند، و سپس در رئوس بالای هشت وجهی از داخل پولیهایی گذشته و به سمت سیستم فرمان دهنده هدایت می شوند. مکانیزم استوارت منظم، شکل (۱-۲)، از دو سکوی متحرک و ثابت تشکیل شده است، این دو سکو به کمک شش جک هیدرولیکی به یکدیگر متصل شده اند، اتصال سکوی متحرک و سکوی ثابت، به جکها، بترتیب از نوع کروی^۴ و یونیورسال^۵ می باشد. نقاط اتصال جکها به هر یک از سکوها، شش ضلعیهایی را تشکیل می دهد، لذا این مکانیزم با عنوان مکانیزم



ب. کاربرد مکانیزم استوارت، در شبیه سازها



الف. آرایش کلی مکانیزم استوارت

شکل ۲-۱. مکانیزم استوارت منظم

1-Regular Stewart Platform
4-Spherical Joint

2-Inverted Stewart Platform
5-Hook Joint

3-Octahedron Frame