ماه‌نامه علمی پژوهشی

مهندسی ساخت و تولید ایران

www.smeir.org

10.22034/IJME.2023.419585.1851

طراحی و ساخت میز گردان ادوات سنگین تجهیز شده با کنترل PLC

صادق میرزامحمدی[۱*]، رضا شیرازی[۲]، مازیار باژیان[۲]

۱- استادیار، گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

۲- فارغ‌التحصیل کارشناسی، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

* ایمیل نویسنده مسئول: s-mirzamohammadi@tvu.ac.ir

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

دریافت: ۱۴ مهر ۱۴۰۲

پذیرش: ۱ آبان ۱۴۰۲

کلیدواژگان:

ساخت دستگاه

میز گردان

کنترلر

PLC

آباکوس

چکیده

فرایند تعمیرات اساسی و ساخت در کارخانه‌های بازسازی و نوسازی، موتورهای دیزل از اهمیت بالایی برخوردار هستند. کاهش هزینه‌ی بازسازی و زمان انجام فرایندها وابسته به مقدار ظرفیت و سرعت کاری است. یکی از تجهیزاتی که موجب افزایش ظرفیت و سرعت کار می‌گردد، دستگاهی به نام میزگردان ادوات سنگین می‌باشد. در مقاله‌ی حاضر، تحقیق و بررسی جهت ساخت یک میز گردان ادوات سنگین مورد مطالعه قرار گرفته است. اهمیت و کاربرد مواردی که جهت طراحی این محصول باید در نظر گرفته شود، گردآوری شده است. طراحی‌های این دستگاه در نرم افزارهای کتیا و آباکوس انجام شده است. ظرفیت تحمل بارگذاری دستگاه ۱۵ تن و ظرفیت گشتاور ۱۵۰۰۰ نیوتن‌متر است. اجزای تاثیرگذار و بحرانی دستگاه با استفاده از نرم‌افزار اجزای محدود آباکوس شبیه‌سازی شد و ابعاد هندسی هرکدام به صورت دقیق معین گردید. برای ساخت بدنه دستگاه، از ورق‌های فولاد کربنی St37 استفاده شد. اجزا و قطعات استاندارد دستگاه نیز باتوجه به مشخصات مکانیکی و کارکرد دستگاه، انتخاب شدند. در نهایت دستگاه میز گردان با توجه به مدل‌های کاربردی ساخته شد و کارکرد آن موفقیت‌آمیز بود.

Designing and manufacturing of a heavy equipment rotary table equipped with PLC control

Sadegh Mirzamohammadi[1*], Reza Shirazi[2], Maziyar Bazhian[2]

1- Assistant Professor, Department of Materials and Metallurgical Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

2- BSc Graduate, Department of Mechanical Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

* Corresponding Author's Email: s-mirzamohammadi@tvu.ac.ir

Article Information

Original Research Paper

Received: 6 October 2023

Accepted: 23 October 2023

Keywords:

Machine Manufacturing

Rotary Table

Controller

PLC

Abaqus

Abstract

The process of major repairs and manufacturing in diesel engine repairing and remanufacturing factories is very important. Reducing the cost of repairing and the time of the processes is depended on the amount of capacity and work speed. One of the equipment that increases the capacity and speed of work is a device called a heavy equipment rotary table. In this article, research and investigation for the construction of a heavy equipment rotary table is targeted. The importance and application of items that should be considered for the design of this product have been collected. The designing of this device has been done in CATIA and Abaqus software. The loading capacity of the device was 15 tons and the torque capacity was 15000 N.m. The influential and critical components of the device were simulated using Abacus finite element software, and the geometric dimensions of each component were precisely determined. St37 carbon steel sheets were used to make the body of the machine. The standard components and parts of the device were also selected according to the mechanical and functional characteristics of the device. Finally, the rotary table device was built according to the extracted functional models and its function was evaluated successfully.

Please cite this article using:

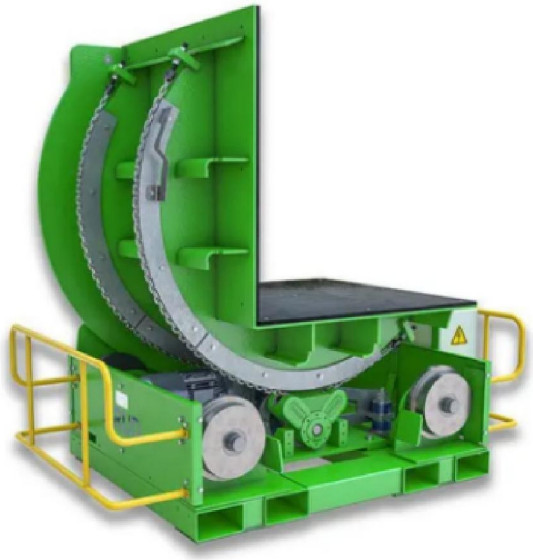
برای ارجاع به این مقاله از عبارت ذیل استفاده نمایید:

Mirzamohammadi S, Shirazi R, Bazhian M. Designing and manufacturing of a heavy equipment rotary table equipped with PLC control. Iranian Journal of Manufacturing Engineering. 2023 May 22;10(3):43-53. doi: 10.22034/IJME.2023.419585.1851 [In Persian]

۱– مقدمه

با توجه به پیشرفت صنعت و هدف اصلی کارخانه‌ها مبنی بر کاهش هزینه و افزایش کیفیت و افزایش رقابت در بین کارخانه‌های تولید کننده، تمامی مدیران کارخانه‌ها به دنبال تولید با راندمان بالا می‌باشند [۱، ۲]. این امر به این دلیل است که مدیران شرکت‌ها بتوانند، با اجرای برنامه‌های هدفمند، بازه‌ی انجام کار را کوتاه کرده و راندمان را افزایش دهند و در ادامه، سفارشات مشتری به بهترین نحو ممکن انجام شود [۳، ۴]. با توجه مسئله‌ی مذکور، ماشین‌آلات گوناگونی با هدف کم‌کردن بازه انجام کار و افزایش کارایی طراحی و ساخته می‌شود [۵-۷]. ایده میزگردان [۸، ۹] با کنترل PLC به این جهت شکل گرفته است که بتوان هر نوع بلوک موتور، اعم از ماشین‌های سبک، سنگین، لوکوموتیو و ... را به راحتی و با نصب یک نگهدارنده بر روی میزگردان نصب کرد. بعد از نصب، تکنسین‌ها می‌توانند، عملیاتی مانند مونتاژ، دمونتاژ، جوشکاری و تعمیر را روی آن‌ها انجام دهند [۱۰، ۱۱]. یکی از مهمترین دغدغه‌های صنایع بزرگ در جهان، جابجایی، انتقال و ایجاد تغییرات در تجهیزات سنگین و حجیم می‌باشد. یکی از مهمترین اهداف در مقوله جابجایی‌ها، ایجاد تغییرات خطوط صنعتی، تعمیرات اساسی و نوسازی تجهیزات است. در امور مربوط به این جابجایی‌ها علاوه بر موارد فنی، امر ایمنی اپراتوری نیز مورد توجه کارفرمایان می‌باشد. در تجهیزات موتورهای دیزل و لوکوموتیوها و صنایع راه‌آهن نیز به دلیل ابعاد بزرگ و وزن بالا حساسیت‌های زیادی وجود دارد [۱۲].

در بخش بازسازی موتورهای دیزل کلیه قطعات اصلی از روی موتور باز می‌شود و بلوک اصلی تعمیر شده و پس از آن دوباره، فرایند مونتاژ انجام می‌شود [۱۳]. با روش‌های سنتی و متکی به اپراتور، ضمن صرف زمان زیاد برای انجام این امور، خطرات ایمنی نسبتا زیادی اپراتورها را تهدید می‌نماید [۱۴]. به همین سبب وجود دستگاهی که بتواند سنگین‌ترین قطعه موتور، یعنی بلوک را روی خود ثابت نموده و آن را در زوایای مختلف آماده مونتاژ نگه دارد، امتیاز بسیار بزرگی محسوب می‌شود [۱۵]. شرکت "دایرکت اینادستری" دستگاهی را برای انتقال دادن و چرخاندن قطعات بزرگ تولید نمود که در شکل ۱ مشاهده می‌شود [۱۶].



شکل ۱ دستگاه انتقال دادن و چرخاندن قطعات بزرگ [۱۶]

در شرکت‌های بزرگ دنیا دستگاه‌های میزگردان متعددی مورد هدف ساخت قرار گرفته‌اند. در همه این پروژه‌های ساخت، ضمن انجام یک پروسه مهندسی، همه نیازهای کارفرما در نظر گرفته می‌شود. نمونه‌های دیگر خارجی از میزهای گردان، که به وسیله شرکت‌های خارجی ساخته شده‌اند، بسیار متعدد هستند و نمونه‌ای از آن‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است [۱۷].

شکل ۲ نمونه دستگاه موتورگردان خارجی [۱۷]

مهمترین اهداف و دستاوردهای این دستگاه پس از راه‌اندازی، افزایش راندمان نوسازی موتور، افزایش بسیار زیاد ایمنی کار اپراتوری، افزایش کیفیت انجام فعالیت‌های مونتاژ و دمونتاژ که استهلاک قطعات را کاهش می‌دهد، می‌باشد [۱۸].

بنابراین در مقاله حاضر، تحقیق و بررسی جهت ساخت یک میز گردان ادوات سنگین انجام شده است. اهمیت و کاربرد مواردی که جهت طراحی این محصول باید در نظر گرفته شود گردآوری شده است. طراحی‌های این دستگاه در نرم‌افزارهای کتیا و آباکوس انجام شده و در نهایت مدل‌های کاربردی دستگاه استخراج و دستگاه مورد نظر با توجه به مدل‌ها و طراحی‌ها، ساخته شد.

۲- روش تحقیق

با توجه به تجهیزات مورد استفاده و نیاز به تحمل‌کردن حداکثر وزن ۱۰ تن، انتخاب تجهیزات به گونه‌ای است که این هدف ممکن شود. جهت اطمینان بیشتر و جلوگیری از آسیب رسیدن به دستگاه، تلرانس مثبت ۵ تن در نظر گرفته شد. این امر به این دلیل است که فشار وارده به دستگاه کوچک‌ترین آسیبی به آن وارد نکند. مقدار بارگذاری گشتاوری، ۱۵۰۰۰ نیوتن‌متر در نظر گرفته شد. این مقدار دقیقا به همان میزان مورد نیاز جهت ساخت این دستگاه بود. میزان درجات آزادی دستگاه حول محور طولی در نظر گرفته شد. الزاماتی که جهت طراحی این میز گردان استفاده شده است در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۱ الزامات طراحی برای هریک از مشخصات دستگاه میزگردان

ردیف	مشخصه دستگاه	حد الزامی
۱	ظرفیت بارگذاری دستگاه (Ton)	۱۰ Ton (مجموع محصول و نگهدارنده)
۲	ظرفیت بارگذاری گشتاوری(N.m)	۱۵۰۰۰ N.m
۳	درجات آزادی دستگاه	صرفا دوران حول محور طولی

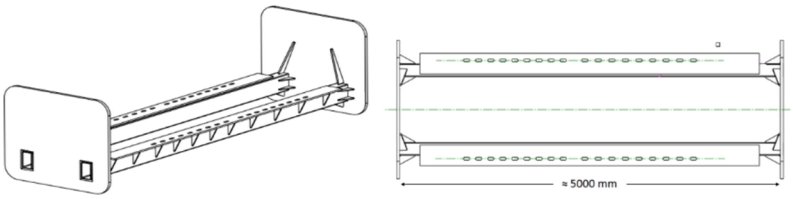
در اغلب مراحل ساخت، ورق‌های استفاده شده به وسیله دستگاه هوا برش CNC برشکاری شدند. جهت برش پروفیل‌ها از دستگاه اره نواری استفاده شد. زیرا برش پروفیل‌ها به این روش، دقت بالاتری نسبت به برشکاری با فرز دستی را دارا می‌باشد [۱۹]. برشکاری به وسیله دستگاه هوا برش CNC از دفرمگی محل برش جلوگیری می‌کند [۲۰]. ابعاد ورق خام به گونه‌ای انتخاب شد که پس از برش کمترین ضایعات ممکن را درپی داشته باشد. برشکاری ورق در شکل ۳ قابل مشاهده است.

شکل ۳ برشکاری ورق‌ها به وسیله دستگاه هوا برش CNC

طراحی اولیه دستگاه به صورت دستی انجام شد. به طور کلی روند طراحی تحلیل و ساخت میز گردان با کنترل PLC به این ترتیب انجام شد که ابتدا طراحی دستی مورد تایید قرار گرفت و سپس در نرم افزار کتیا در بخش اسکچر تمامی اجزا آن به صورت دوبعدی و سه بعدی رسم شد و اندازه‌گذاری‌های دقیق آن مشخص گردید. سپس در محیط اسمبلی عملیات مونتاژ صورت گرفت. این امر در جهت ایجاد یک دیدگاه کلی از کلیت پروژه انجام شد. این ترتیب، در تحقیق ستیوان و همکارانش نیز مشاهده شده است [۲۱، ۲۲]. لازم به ذکر است که بررسی و تحلیل تنش‌ها و محاسبه بار وارده بر محور دستگاه به وسیله نرم‌افزار آباکوس انجام گرفت.

برای انتخاب سیستم محرکه گزینه‌های متعددی وجود داشت. برای انتقال گشتاوری با توان بالا برای چنین دستگاهی یکی از مرسوم‌ترین مکانیزم‌های انتقال استفاده از الکتروموتور گیربکس می‌باشد. با توجه به نیاز به گشتاور بسیار بالا و برای کاهش حجم گیربکس و هزینه‌های تامین، در خروجی گیربکس از یک چرخدنده ساده با قطر چند برابر استفاده شد.

همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، طراحی نگهدارنده با توجه به بررسی‌های نشیمن‌گاه‌های بلوک موتور دیزل و تحلیل تنش روی نگهدارنده با توجه به وزن ۱۰ تن موتور دیزل انجام شده است.



شکل ۴ نگهدارنده موتورگردان

برای جلوگیری از ضربه زدن در حین روشن شدن و یا توقف ناگهانی که منجر به لرزش ناشی از اینرسی می‌شود و همچنین جهت کنترل سرعت از اینورتر استفاده شد. این تجهیز طوری طراحی شده است که علاوه بر عوامل ایجاد شده، سرعت چرخش را نیز ثابت نگه می‌دارد (در حین حرکت کالسکه به سمت پایین و همسو شدن با جاذبه زمین، الکتروموتور به علت اینرسی بار تمایل دارد با سرعت بیشتری بچرخد که اینورتر با کمک مقاومت ترمزی مانع از این امر می‌شود).

همچنین برای توقف مطلق و دقیق در زاویه‌های مختلف از یک انکودر ۱۰ بیت (۳۶۰ درجه را به ۱۰۱۳ پالس تبدیل می‌کند) که هر ۰.۳۵ درجه یک پالس، که نشان دهنده موقعیت هست استفاده شد. بنابراین درجه موقعیت با دقت ۰.۳۵ درجه خوانده می‌شد و این تجهیز این امکان را فراهم آورد که قسمت PLC از طریق یک سلکتور یا HMI در موقعیت دلخواه امکان توقف را فراهم کند.

استفاده از این PLC مزایای زیادی در پروژه را در برداشت که برخی از آن‌ها عبارتند از:

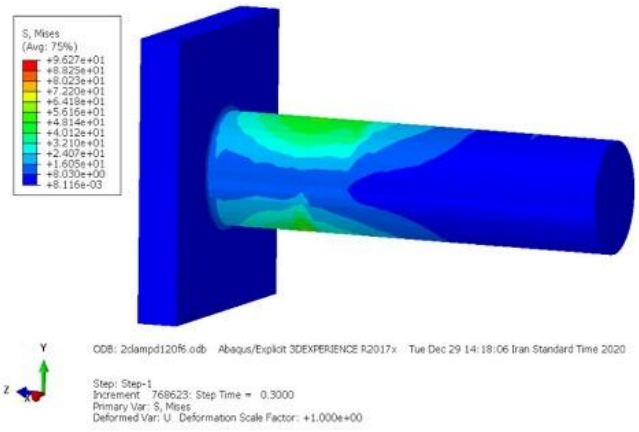
۱. استفاده از PLC حجم تابلوهای فرمان را کاهش می‌دهد.
۲. استفاده از PLC موجب صرفه‌جویی فراوان در هزینه می‌گردد.
۳. PLC استهلاک مکانیکی ندارد. بنابراین علاوه بر طول عمر بیشتر، نیازی به سرویس و تعمیرات دوره‌ای ندارد.
۴. مصرف انرژی PLC بسیار کمتر از مدارهای رله‌ای است.
۵. PLC نویزهای صوتی و الکتریکی ایجاد نمی‌کند.
۶. عیب‌یابی مدارات کنترل با PLC سریع و آسان است و معمولا PLC، خود، دارای برنامه عیب یابی می‌باشد.

با توجه به طراحی‌ها در پروژه، تعداد ورودی و خروجی مشخص شد. در این تحقیق، عناوین ورودی‌ها شامل این موارد است: ورودی استارت برای روشن شدن دستگاه، شستی چپ گرد، شستی راستگرد، شستی اتوماتیک و دستی برای انتخاب وضعیت کنترل دستگاه، شستی اورژانسی و خاموش که برای وضعیت اضطراری است و همچنین یک سلکتور ۱۲ حالته که به ازای هر ۳۰ درجه یک خروجی را فعال و در ۱۲ موقعیت با مضرب ۳۰ درجه با انتخاب اپراتور، ورودی را مشخص می‌نمود، استفاده‌شد. در نرم افزار مورد استفاده، برای زاویه مورد نظر، زمان حالت قطع تعریف شد و خروجی‌ها شامل چراغ مشخص‌کننده وضعیت روشن، وضعیت خاموش، فالت، خروجی غیر فعال‌سازی ترمز مغناطیسی و خروجی فعال‌سازی آژیر در حین کار در نظر گرفته شد.

۳- نتایج و بحث

یکی از قسمت‌های مهم و تاثیرگذار در طراحی دستگاه، قسمت شفت‌های کوتاه دو سر تجهیز می‌باشند که وظیفه محوریت دوران را بر عهده دارند. این دو شفت، بنا به تقارن موجود در دستگاه، در دو سمت، دقیقا، شبیه به هم طراحی شده‌اند.

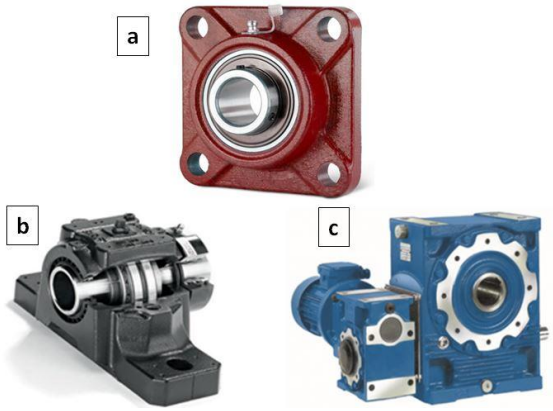
برای طراحی شفت، با توجه به اینکه طول کوتاه‌تر، ممان وارد بر شفت را به حداقل می‌رساند و فضای کمتری را اشغال می‌کند، شفتی با طول ۵۰۰ میلی‌متر از جنس آلیاژ فولاد ck45 که خواص مکانیکی آن در نرم‌افزار آباکوس بررسی شد (شکل ۵)، استفاده شد. با این پیش فرض، بار ۶۰۰۰۰ نیوتن (نیمی از بار اعمالی به تجهیز با توجه به وجود دو عدد شفت) به سطح شبیه‌سازی شده سر شفت اعمال می‌گردد. قطر شفت ۱۲۵ میلی‌متر است.



شکل ۵ تحلیل تنش روی شفت مرکزی پس از بارگذاری نیرو

همان‌طور که در شکل فوق ملاحظه می‌شود، تنش‌های ماکزیمم وارد بر شفت حدود ۹۶ مگاپاسکال می‌باشند و با توجه تنش تسلیم حدودی ۴۰۰ مگاپاسکال برای ck45 ضریب ایمنی مناسبی را فراهم می‌آورد.

همانطور که قبلا ذکر شد، قطر منتخب برای شفت ۱۲۵ میلی‌متر است، بنابراین باتوجه به کاتالوگ یاتاقان‌های SKF، NL 528 انتخاب می‌شود. با توجه به مشخصات و قابلیت‌های تحمل بار و گشتاور در این یاتاقان ضریب ایمنی حداقل ۴ قابل دسترس خواهد بود (شکل ۶-a).



شکل ۶ a) نمونه یاتاقان سری SNL b) نمونه یاتاقان سری UCFS c) نمونه گیربکس ترکیبی

در سر دوم شفت و در نزدیک اتصال شفت به چرخدنده، صفحه فلزی نصب شده روی بدنه فلزی از یاتاقان‌های نوع فلنچ مربعی با کد UCFS 324 از برند FYH استفاده شد، که در شکل (۶ -b) نشان داده شده‌است. این یاتاقان، ضمن توانایی تحمل بار عمودی، دارای پیچ مغزی قفل‌کن برای جلوگیری از حرکت طولی شفت نیز می‌باشد که نقش به سزایی در افزایش طول عمر دستگاه دارد.

این دو مدل یاتاقان از متداول‌ترین مدل‌های موجود برای استفاده جهت این امر می‌باشند که بهره‌وری دستگاه را بالا می‌برد و علاوه براین، با توجه به تولید انبوه، با قیمت مناسب به دست مصرف‌کننده می‌رسد.

دستگاه برای تحمل گشتاور ۱۵۰۰۰ نیوتن‌متر طراحی می‌شود و با توجه به نمونه‌های خارجی، نسبت تبدیل دنده‌های پینیون و متحرک حدود ۷ تا ۱۰ و سرعت دوران آن‌ها بین ۰.۳ تا ۰.۸ دور بر دقیقه می‌باشد. دور معمول الکتروموتورها نیز ۱۴۰۰ دور بر دقیقه می‌باشد. بنابراین نسبت تبدیل گیربکس بایستی حدود ۳۰۰ باشد. بر این اساس گیربکس ترکیبی با کد SHRV63/130 از شرکت گیربکس شاکرین تهیه شد. نمونه‌ای از گیربکس ترکیبی استفاده شده در شکل (۶-c) نشان داده شده است. این گیربکس گشتاور خروجی ۱۷۶۰ نیوتن‌متر را دارا می‌باشد. گیربکس‌های سری SHRV زیـــر مجموعـــه گیربکس‌های حلزونی بوده که دارای پایه و بدنه یکپارچه می‌باشند و به همین دلیل از استحکام بالایی برخوردار هستند. از دیگر مزایا این نوع گیربکس‌ها می‌توان بالا بودن نسبی گشتاور خروجی و قابلیت نصب در حالت‌های مختلف را نام برد. مشخصات اصلی گیربکس مذکور در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲ مشخصات گیربکس استفاده شده در ساخت

مشخصه گیربکس	مقدار	مشخصه گیربکس	مقدار
مدل	SHRV63/130	نوع اتصال خروجی	با شفت
نسبت تبدیل	600	قطر شفت	35cm
توان ورودی	0.74kW	طول شفت	80cm
گشتاور نیروی خروجی	1650daNm	طول گیربکس	340cm
دور ورودی	1400rpm	عرض گیربکس	185cm
دور خروجی	2.3rpm	جنس پوسته	چدن خاکستری
نوع اتصال ورودی	بدون شفت	جنس چرخدنده	آلیاژ آلومینیوم-برنز

الکتروموتور کوپل شده با این گیربکس ۱.۵ کیلووات خواهد بود. این گشتاور در روی پینیون یا دنده محرک وجود دارد. با توجه به اینکه نیروی چرخاندن نگهدارنده از گشتاور دنده با قطر بزرگ یا متحرک تامین می‌گردد.

با توجه به طراحی‌های انجام شده، برای دستیابی به گشتاور لازم، ضروری است قطر دنده بزرگ‌تر حداقل ۹ برابر دنده محرک باشد. با توجه به اینکه قطر دنده کوچک حدود ۱۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است، قطر دنده بزرگ حدود ۹۰۰ میلی‌متر خواهد بود. با توجه به طراحی انجام شده در جهت درگیری مناسب‌تر دندانه‌ها روی پینیون‌ها، تعداد آن‌ها ۲۰ عدد در نظر گرفته می‌شود که با مدول ۵ روی دنده بزرگ ۱۸۰ دندانه وجود خواهد داشت. جنس دنده‌ها بایستی فولاد MO40 عملیات حرارتی شده در نظر گرفته شود. اطلاعات کامل سیستم محرک دستگاه در جدول ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۳ اطلاعات و مشخصات سیستم محرک دستگاه

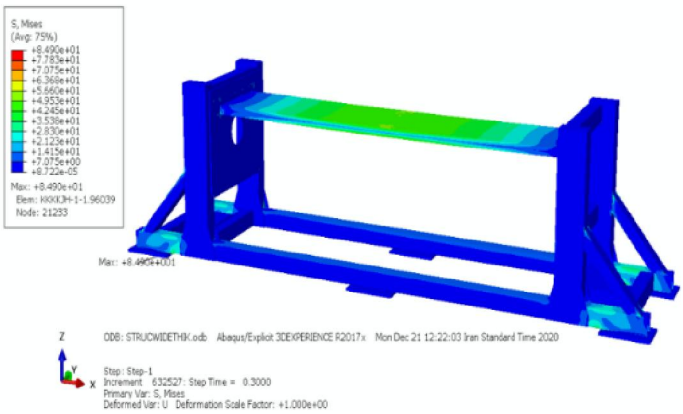
ردیف	نوع قسمت سیستم	مشخصات مکانیکی و فنی
۱	الکتروموتور	1.5 Kw
۲	گیربکس	شاکرین SHRV63/130
۳	دنده پینیون	قطر 100 میلی‌متر مدول 5، جنس MO40
۴	دنده متحرک	قطر 900 میلی‌متر مدول 5، جنس MO40
۵	هوزینگ یاتاقان‌ها	SKF – SNL 528
۶	یاتاقان‌های فلنجی	FYH - UCFS 324

بدنه فلزی اصلی دستگاه با توجه به طول ۳ متری بلوک موتور، نیاز به فضای لازم در ابتدا و انتها دارد. این فضا به دلیل حرکت راحت‌تر تجهیزات بر روی آن در نظر گرفته می‌شود. راحتی دسترسی به بخش‌های مختلف آن و پیش بینی امکان استفاده برای ادوات مشابه بر روی دستگاه سبب می‌شود که طول دهانه مفید حدودا ۵۰۰۰ میلی‌متر برای آن در نظر گرفته شود. ابعاد کلی فریم دستگاه ۸۰۰۰*۲۰۵۰*۲۰۴۰ میلی‌متر می‌باشد. پهنای حدودا دو متری دستگاه به گونه‌ای انتخاب شده است که ضمن ایجاد استحکام لازم برای سازه، در هنگام چرخش ادوات از برخورد به سازه جلوگیری شود. جرم کلی بدنه فلزی دستگاه حدود ۷ تن می‌باشد. این عدد بدون محاسبه جرم نگهدارنده و قطعات استاندارد می‌باشد.

در طراحی بدنه فلزی دستگاه جدید محاسبات تخصصی صورت گرفت. تا اینکه خطای احتمالی به حداقل برسد و تداخلی در روند کار ایجاد نشود. زیرا در صورت ایجاد کوچک‌ترین مشکل یا خطا، برطرف کردن آن بسیار دشوار و هزینه‌بر خواهد بود. از آنجا که استحکام دستگاه، در قبال بار وارده، بسیار مهم می‌باشد، نیاز به تحلیل نرم‌افزاری وجود دارد تا از عملکرد آن اطمینان حاصل شود. بنابراین تحلیل نیروی وارد بر دستگاه از طریق نرم‌افزار آباکوس در شکل ۷ آورده شده است.

جهت اطمینان از استحکام سازه، فریم کلی آن در نرم افزار آباکوس بارگذاری شده است. ترکیب آلیاژی بدنه فلزی از فولاد ST37 در نظر گرفته شده است. نتایج تحلیل با اعمال بار ۱۵۰۰۰ کیلو نیوتن به شرح نشان داده شده در شکل ۷ می‌باشد. همان‌گونه که در شکل ۷ ملاحظه می‌شود، تنش ماکزیمم در بدنه فلزی حدود ۸۵ مگاپاسکال می‌باشد که با توجه به خواص ماده انتخاب شده، ضریب اطمینان حدود ۳ را فراهم می‌آورد که عدد قابل قبولی است.

فولاد ST37 دارای خواص مکانیکی بالایی می‌باشد که این موضوع طول عمر محصولات تولید شده از آن را افزایش می‌دهد. برای افزایش خواص مکانیکی محصولات فولادی، از عملیات حرارتی استفاده می‌شود. این فولاد به واسطه درصد کربن بسیار کم، جوش‌پذیری مناسبی دارد. به همین دلیل نسبت به سایر رقبای خود دارای کاربرد بسیار بیشتری می‌باشد. خواص مکانیکی ورق ST37 شامل استحکام تسلیم ۲۳۵ مگاپاسکال و استحکام کششی ۵۱۰-۳۶۰ مگاپاسکال می‌شود که رنج بسیار مناسبی برای مقاطع فولادی مانند تیرآهن، میلگرد، ورق، نبشی، ناودانی و پروفیل‌ها می‌باشد. ورق ST37 از تنش تسلیم خوبی برخوردار بوده و استحکام کششی بالایی دارد. جنس همه ورق‌های استفاده شده در بدنه سازه ST52 می‌باشد و برای پروفیل‌ها هم از ST37 استفاده شده است.



شکل ۷ تحلیل تنش روی بدنه فلزی دستگاه پس از بارگذاری

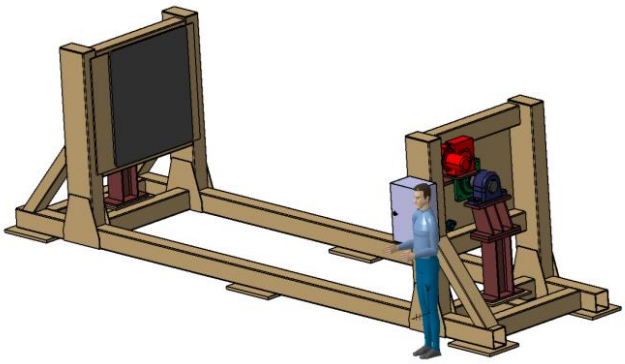
در مرحله‌های مختلف صنعتی دیتاهای مختلف با فرکانس‌های مختلف نیاز به پردازش دارد. به طور مثال فشار داخل یک پروژه نیاز است در ۲۰ سمپل درثانیه ارسال شود. باید در انتخاب PLC به حجم و تعداد سمپل‌هایی که در ثانیه، نیاز به خوانده شدن دارد توجه شود. در قسمت موتور مربوط به میز گردان از یک شفت انکودر استفاده شده است. این شفت انکودر در هر ثانیه ۹ بار موقعیت شفت را گزارش می‌نماید. در پروژه مذکور با توجه به تعداد ورودی و خروجی‌ها از PLC مدل FBS-32MBT2-AC ساخت شرکت فتک تایوان استفاده شده است که دارای کیفیت و قیمت مناسبی می‌باشد. PLC مذکور دارای ۲۰ ورودی و ۱۲ خروجی دیجیتال می‌باشد و CPU آن قابلیت تحلیل ۴۷۰ دیتا در ثانیه را دارد.

در این پروژه، برای مشخص کردن موقعیت موتور از یک شفت انکودر ۱۰ بیتی مطلق استفاده شده است. این شفت انکودر به ازای هر RPM (۳۶۰ درجه) مقدار ۱۰۱۳ پالس تولید می‌کند. این بدین مفهوم است که به ازای هر ۰.۳۵ درجه یک سیگنال توسط انکودر برای PLC ارسال می‌شود. برای دریافت موقعیت ارسالی توسط انکودر در PLC از یک کارت انکودر شرکت فتک با کد فنی FBS.BSSI استفاده شده است. موقعیت ارسالی توسط انکودر در PLC در جدول ۴ نشان داده شده است.

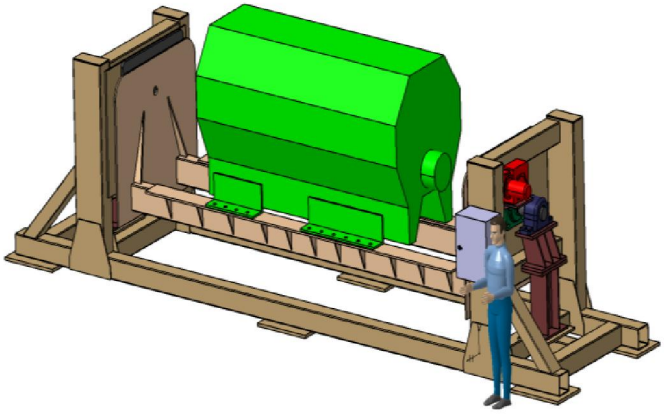
جدول ۴ مشخصات فنی و موقعیت ارسالی توسط انکودر در PLC

مشخصه	مقدار یا حالت	مشخصه	مقدار یا حالت
مدل	FBs-BSSI	تعداد برد قابل نصب	۱ عدد روی هر PLC
تعداد ورودی	۲	ایزولاسیون سیگنال	ورودی: Opto-Coupler خروجی: ندارد
فرکانس کلاک	200 kHz	تغذیه	5V-100mA (از باس PLC)
نرخ خواندن اطلاعات	کمتر از ۱ میلی‌ثانیه	دمای کارکرد	0-60 C
دیتای ورودی	امکان انتخاب حالت‌های مختلف	نوع ترمینال	Mm European terminal block 3.81
فرمت دیتای ورودی	باینری یا کدگری (Gray)	نحوه نصب	بر روی PLC
نشانگر کد خطا	سیگنال و سیم‌بندی		

در دستگاه‌هایی که قطعات سنگین را جابجا می‌کنند در زمان‌های مختلف از جمله در زمان راه‌اندازی با توجه به اینرسی ناشی از وزن بار و در زمان توقف، به سیستم شوک وارد می‌شود. بنابراین برای راه‌اندازی و توقف، حتما باید از سیستم‌های راه‌اندازی و توقف نرم استفاده شود. بدین مفهوم که الکتروموتور، پس از دریافت فرمان استارت، با یک رمپ زمانی افزایشی قابل تنظیم به دور اسمی برسد و در زمان توقف نیز با یک رمپ زمانی کاهشی قابل تنظیم، ترمز نماید. برای این کار، از یک اینورتر (درایو کنترل سرعت موتور با تغییرات ولتاژ / فرکانس) استفاده شده است. در تصاویر نشان داده شده در شکل ۸ و ۹، مدل نهایی در نرم‌افزار کتیا نمایش داده شده است.



شکل ۸ مدل نهایی دستگاه میز گردان



شکل ۹ مدل سه بعدی دستگاه میز گردان همراه با نگهدارنده و موتور

با توجه به اینکه دستگاه به صورت ترکیبی از بدنه فلزی، قطعات ماشین‌کاری شده و تجهیزات استاندارد تشکیل می‌شود، بایستی تا حد امکان حساسیت‌های لازم در حین پروسه ساخت لحاظ شود. تمامی قطعات اعم از گیربکس، یاتاقان، شفت، انکودر و هرزگرد از نظر سالم بودن چک شود. مطابق با شکل ۱۰، قطعات ماشین‌کاری شده برای رسیدن به عملکرد بهینه، بایستی با دقت روی مجموعه مونتاژ شوند. پس از اتمام مونتاژ و انجام تست سرد و جانمایی، دستگاه از محل ۴ صفحه ستون جانبی، توسط پیچ به زمین متصل می‌گردد. پیچ‌ها نقش مهمی در تحمل بارهای گشتاوری وارد بر بدنه فلزی دستگاه خواهند داشت.

شکل ۱۰ نمایی از مونتاژ اولیه دستگاه و نگهدارنده

۴- نتیجه گیری

دستگاه میز گردان موتور دیزل در نهایت به عنوان یکی از اصلی‌ترین المان‌های کمکی در سالن موتور در شرکت‌های بازسازی و نوسازی موتور بکار گرفته می‌شود. میز گردان با توجه به حساسیت‌های بسیار زیاد مراحل مونتاژ و دمونتاژ قطعات بلوک موتور، تمامی خواسته‌های کارگاهی یک تیم اجرایی را در کنار هم فراهم می‌آورد. از جمله شاخص‌ترین نتایج ساخت دستگاه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- میز گردان قابلیت توقف در هر زاویه‌ای را دارد. این آیتم به عنوان کلیدی‌ترین گزینه امکان مونتاژ و دمونتاژ تمام قطعات از جمله کارتر، سرسیلندر، لاینر، میل‌لنگ و ... نقش آفرینی کرد. در پروسه مونتاژ یا دمونتاژ کارتر تحت زاویه‌ای از بلوک جدا یا سوار شد. کف بلوک رو به بالا بود. به طور قطع، اجرای این فرایند به کمک جرثقیل سقفی و به شکلی که کارتر روی زمین ثابت باشد بسیار زمان‌بر و غیرایمن خواهد بود.

۲- سطح ایمنی اپراتوری به کمک میز گردان به شکل بسیار چشم‌گیری افزایش یافت. به کمک دستگاه میز گردان، شخص اپراتور نیازی به رفتن زیر بار معلق از جرثقیل و یا بالا رفتن از بلوک ایستاده روی خرک‌های عادی کارگاهی نداشت. اپراتور، نیازی به چرخاندن لاینر یا سایر قطعات معلق به منظور ایجاد مسیر تعامد مونتاژ در سیلندر و غیره را نداشت.

۳- زمان اجرای فرایند مونتاژ و دمونتاژ بسیار کوتاه‌تر از روش‌های سنتی متکی به جرثقیل بود و ۷۵ درصد کاهش یافت.

۴- کیفیت اجرای فرایند ساخت و تعمیر تا حد بسیار زیادی افزایش یافت. در همین راستا نگرانی از آسیب دیدن قطعات سنگین از جمله میل‌لنگ، یاتاقان‌ها، کپه‌ها، لاینر و غیره وجود نداشت.

References

[1] Appelbaum E. Manufacturing advantage: Why high-performance work systems pay off. Cornell University Press; 2000.

[2] Ohno T. Toyota production system: beyond large-scale production. Productivity press: 2019 Dec 17. doi: 10.4324/9780429273018

[3] Pickering KL, Efendy MA, Le TM. A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing: 2016 Apr 1; 83:98-112. doi: 10.1016/j.compositesa.2015.08.038

[4] De Leon PM, Díaz VG, Martínez LB, Marquez AC. A practical method for the maintainability assessment in industrial devices using indicators and specific attributes. Reliability Engineering & System Safety: 2012 Apr 1;100:84-92. doi: 10.1016/j.ress.2011.12.018

[5] Tian W, He M, Guo W, Huang W, Shi X, Shang M, Toosi AN, Buyya R. On minimizing total energy consumption in the scheduling of virtual machine reservations. Journal of Network and Computer Applications: 2018 Jul 1;113:64-74. doi: 10.1016/j.jnca.2018.03.033

[6] Konečný J, McMahan HB, Yu FX, Richtárik P, Suresh AT, Bacon D. Federated learning: Strategies for improving communication efficiency. arXiv preprint arXiv: 1610.05492. 2016 Oct 18. doi: 10.48550/arXiv.1610.05492

[7] Ebrahimi, Z., Behzadi, P. Design and construction of a quadcopter with a new navigation module as a second view for snipers. Iranian Journal of Manufacturing Engineering: 2021; 8(8): 52-59. [In Persian]

[8] Smith S. The process of 'collective creation'in the composition of UK hip-hop turntable team routines. Organised Sound: 2007 Apr;12(1):79-87. doi: 10.1017/S1355771807001677

[9] Chen GM, Liang LH. Research on system of three-axis swing turntable based on robust compensation control. In2011 3rd International Workshop on Intelligent Systems and Applications: 2011 May 28 (pp. 1-4). IEEE. doi: 10.1109/ISA.2011.5873284

[10] Eckermann E. World history of the automobile. SAE International; 2001 Sep 1.

[11] Brown JK. The Baldwin Locomotive Works, 1831-1915: a study in american industrial practice. JHU Press; 2001.

[12] El-Refaie AM. Motors/generators for traction/propulsion applications: A review. IEEE Vehicular Technology Magazine: 2013 Feb 25;8(1):90-9. doi: 10.1109/MVT.2012.2218438

[13] José DP, Parra A, Clotario TB, Fausto MG, Helguero CG, Rejeb HB, Zwolinski P, José HC. Remanufacturing in Developing Countries–A Case Study in Automotive Sector in Ecuador. Procedia CIRP: 2023 Jan 1; 116:534-9. doi: 10.1016/j.procir.2023.02.090

[14] Sutherland JW, Adler DP, Haapala KR, Kumar V. A comparison of manufacturing and remanufacturing energy intensities with application to diesel engine production. CIRP annals: 2008 Jan 1;57(1):5-8. doi: 10.1016/j.cirp.2008.03.004

[15] Garg A, Deshmukh SG. Maintenance management: literature review and directions. Journal of quality in maintenance engineering: 2006 Jul 1;12(3):205-38. doi: 10.1108/13552510610685075
[16] Pertuze JA, Calder ES, Greitzer EM, Lucas WA. Best practices for industry-university collaboration. MIT Sloan Management Review. 2010 Jun 26.
[17] Chen Y, Dong F. Robot machining: recent development and future research issues. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology: 2013 Jun;66:1489-97. doi: 10.1007/s00170-012-4433-4
[18] Blyth WA. Robotic pipe inspection: system design, locomotion and control. doi: 10.25560/62665
[19] Juneja BL. Fundamentals of metal cutting and machine tools. New Age International; 2003.
[20] Shokrani A, Dhokia V, Newman ST. Environmentally conscious machining of difficult-to-machine materials with regard to cutting fluids. International Journal of machine Tools and manufacture: 2012 Jun 1;57:83-101. doi: 10.1016/j.ijmachtools.2012.02.002
[21] Ardi S, Pratama FR. Design of control system for cover washing machine in the automotive manufacturing industry. InIOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 2019 Nov 1 (Vol. 707, No. 1, p. 012002). IOP Publishing. doi: 10.1088/1757-899X/707/1/012002
[22] hashemi, P., sadeghi, M. H., rezaee, V. Design and fabrication of electromagnetic arrayed flow meter to measure velocity profiles in a rectangular channel. Iranian Journal of Manufacturing Engineering: 2022; 8(12): 21-33. [In Persian]