دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی

طراحی کاهنده نهایی چرخدنده خورشیدی

استاد راهنما :

اساتید مشاور :

چکیده

در این پایان‌نامه معیارها و پارامترهای مهم طراحی سیستم کاهنده نهایی چرخدنده خورشیدی مثل تداخل، ریشه‌تراشی، تنش خمشی، تنش لهیدگی، ضرایب طراحی، اصلاح دندانه، عرض دندانه، مواد، عملیات حرارتی و همچنین با ایجاد حالت تقارن بین تعداد دندانه چرخدنده‌های خورشیدی و حلقوی، عدم درگیری سردندانه چرخدنده‌های سیاره‌ای، اول بودن اعداد تعداد دندانه چرخدنده‌ها به طور کامل بررسی گردیده است. کاهنده نهایی تراکتور MF285 مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و طرح بهینه‌ای برای کاهنده نهایی موجود پیشنهاد شده است. طرح موجود روی تراکتور MF285 دارای مشخصات؛ چرخدنده خورشیدی ($Z_S = ۲۱$)، چرخدنده سیاره‌ای ($Z_P = ۱۲$) و چرخدنده حلقوی ($Z_R = ۴۵$) در حالیکه طرح بهینه دارای مشخصات؛ $Z_S = ۲۱$، $Z_P = ۱۱$ و $Z_R = ۴۵$ می‌باشد. در طرح بهینه تعداد دندانه چرخدنده سیاره‌ای یک واحد کمتر شده است که موجب افزایش عمر چرخدنده‌های سیستم می‌گردد. سیستم چرخدنده خورشیدی کاربرد گسترده‌ای در جعبه دنده‌های دیسک-صفحه‌ای دارد. طرحی برای معکوس کردن جهت حرکت تراکتور و تبدیل آن به یک کمباین و همچنین برای ایجاد دندهٔ عقب در جعبه‌های دیسک-صفحه‌ای پیشنهاد می‌گردد. بنابراین در این تحقیق برای معکوس کردن جهت حرکت تراکتور MF285 با استفاده از سیستم دو سری چرخدنده سیاره‌ای و با در نظر گرفتن پارامترها و معیارهای طراحی سیستم چرخدنده خورشیدی طرح زیر ارائه گردیده است :

$Z_S = ۱۱$، تعداد دندانه چرخدنده سیاره‌ای اول ($Z_{P1} = ۱۲$)، تعداد دندانه چرخدنده سیاره‌ای دوم ($Z_{P2} = ۱۳$) و $Z_R = ۴۷$

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فصل اول - کلیات ۱

۱-۱ مقدمه ۱
۱-۲ تعریف مسأله ۲
۱-۳ اهداف ۳

فصل دوم - گردآوری مطالب ۴

۲-۱ تاریخچهٔ چرخدنده ۴
۲-۲ سیستمهای انتقال توان ۷
۲-۲-۱ لزوم سیستمهای انتقال توان ۷
۲-۲-۲ ویژگیهای دستگاه انتقال توان تراکتور ۸
۲-۲-۳ اجزای سیستم انتقال توان ۸
۲-۳ جعبه دنده ۹
۲-۴ کاهندهٔ نهایی ۱۰
۲-۴-۱ انواع کاهنده نهایی ۱۰
۲-۴-۱-۱ کاهنده نهایی محور مستقیم ۱۰
۲-۴-۱-۲ کاهنده نهایی دنده‌ای ۱۱
۲-۴-۱-۳ کاهنده نهائی چرخدنده خورشیدی ۱۳
۲-۴-۱-۴ کاهندهٔ نهایی زنجیری ۱۶
۲-۵ انواع چرخدنده‌ها ۱۶
۲-۶ چرخدنده‌های ساده ۱۸
۲-۶-۱ واژه‌ها و مشخصات فنی چرخدنده‌های ساده ۱۸
۲-۶-۲ روابط بین پارامترهای چرخدنده ۲۰
۲-۶-۳ منحنی پروفیل دندانه چرخدنده‌ها ۲۰
۲-۷ مفاهیم اساسی چرخدنده‌ها ۲۱
۲-۷-۱ زاویه فشار ۲۱

عنوان | صفحه

۲-۷-۲ دایره پایه و دایره ریشه ۲۲
۲-۷-۳ ضخامت دندانه ۲۲
۲-۷-۴ انواع دندانه چرخدنده‌ها ۲۳
۲-۷-۵ مسیر درگیری، طول درگیری، نسبت تماس (درجه پوشش) ۲۴
۲-۷-۶ پس‌زنی در چرخدنده‌ها ۲۶
۲-۷-۷ تداخل یا میاندوی ۲۸
۲-۷-۸ اصلاح پروفیل دندانه‌ها ۳۲
۲-۷-۸-۱ مشخصات چرخدنده‌های اصلاح شده ۳۵
۲-۷-۸-۲ حداکثر مقدار اصلاح دندانه ۳۷
۲-۷-۸-۳ انواع چرخدنده‌های اصلاح شده ۳۸
۲-۸ معیارهای اساسی طراحی ابعاد چرخدنده ۴۰
۲-۸-۱ مواد (مشخصات جنس چرخدنده‌ها) و عملیات حرارتی آنها ۴۰
۲-۸-۱-۱ فولاد ۴۳
۲-۸-۱-۲ فولاد ریختگی برای چرخدنده‌ها ۴۶
۲-۸-۱-۳ چدن ۴۸
۲-۸-۱-۴ فلزات غیرآهنی ۴۹
۲-۸-۱-۵ مواد غیرفلزی (مواد مصنوعی) ۴۹
۲-۸-۲ تعداد دندانهٔ چرخدنده ۵۰
۲-۸-۳ نسبت جعبه‌دنده ۵۰
۲-۸-۴ قطر دایره گام (PCD) ۵۱
۲-۸-۵ عرض دندانه ۵۱
۲-۸-۶ مدول ۵۲
۲-۸-۷ تحلیل نیروها در چرخدنده‌های ساده ۵۲
۲-۹ روابط AGMA برای بررسی تنشها ۵۴
۲-۱۰ ضرایب طراحی ۵۶
۲-۱۰-۱ ضریب کاربرد Ca و Ka ۵۶
۲-۱۰-۲ ضریب عوامل دینامیکی Cv و Kv ۵۷
۲-۱۰-۳ ضریب پرداخت سطح Cf ۵۹
۲-۱۰-۴ ضریب اندازه Cs و Ks ۵۹
۲-۱۰-۵ پهنای مؤثر و خالص ۶۰
۲-۱۰-۶ ضریب ضخامت حلقه KB ۶۱

۲-۱۰-۷ ضریب توزیع بار Cm و Km ۶۲
۲-۱۰-۸ ضریب نسبت سختی CH ۶۵
۲-۱۰-۹ ضریب قابلیت اعتماد CR و KR ۶۶
۲-۱۰-۱۰ ضریب درجه حرارت CT و KT ۶۷
۲-۱۰-۱۱ ضریب عمر CL و KL ۶۷
۲-۱۰-۱۲ ضریب الاستیک CP ۶۸
۲-۱۰-۱۳ ضریب هندسی I ۶۹
۲-۱۰-۱۴ ضریب هندسی J ۷۰
۲-۱۱ تنش‌های مجاز (sac و sat) ۷۳

فصل سوم - طراحی سیستم چرخدنده خورشیدی ۷۵

۳-۱ سیستم چرخدنده خورشیدی یا مداری ۷۵
۳-۱-۱ روش تشکیل جدول و تحلیل حرکت سیستم ۷۶
۳-۱-۲ روش هندسی و تحلیل حرکتی سیستم ۷۸
۳-۱-۳ روش جبری ۸۰
۳-۱-۴ عکس کردن جهت حرکت خروجی نسبت به ورودی در سیستم چرخدنده خورشیدی ۸۲
۳-۲ طراحی سیستم چرخدنده خورشیدی ۸۳
۳-۲-۱ قوانین ابعادی و محدودیتهای آنها در سیستم چرخدنده خورشیدی .. ۸۴
۳-۲-۱-۱ اول بودن تعداد دندانهٔ چرخدنده‌ها نسبت به هم ۸۴
۳-۲-۱-۲ ایجاد تقارن و درگیری صحیح ۸۵
۳-۲-۱-۳ فاصلهٔ مراکز ۸۶
۳-۲-۱-۴ درگیری سردندانه‌های چرخدنده سیاره‌ای ۸۷
۳-۲-۱-۵ تحلیل سینماتیک مجموعه چرخدندهٔ خورشیدی ۸۸

فصل چهارم - طراحی سیستم چرخدنده خورشیدی‌کاهنده نهایی معکوس برای تراکتور MF285 ..... ۹۰

۴-۱ مقدمه ۹۰
۴-۲ مشخصات و محاسبات کاهنده نهایی تراکتور MF285 ..... ۹۱
۴-۳ معکوس کردن جهت حرکت تراکتور با تغییر در کاهنده نهایی آن ۹۳

عنوان | صفحه

۴-۳-۱ انتخاب تعداد دنده‌های چرخدنده‌های حلقوی و خورشیدی ۹۴
۴-۳-۱-۱ نسبت تبدیل و چرخدندهٔ حلقوی بدون تغییر باقی بمانند ۹۴
۴-۳-۱-۲ انتخاب چرخدنده حلقوی $Z_R=45$ و نزدیکترین نسبت تبدیل ۹۵
۴-۳-۱-۳ تغییرات در چرخدنده حلقوی و نسبت تبدیل ۹۵
۴-۳-۲ انتخاب گام قطری یا مدول ۹۶
۴-۳-۳ انتخاب عرض دندانه‌ها ۹۶
۴-۳-۴ انتخاب تعداد دندانه چرخدنده‌های سیاره‌ای ۹۶
۴-۳-۵ انتخاب ضریب اصلاح ۹۷
۴-۳-۶ انتخاب نوع دندانه چرخدنده‌ها ۹۷
۴-۳-۷ ارائه نقشه‌ها و مشخصات چرخدنده‌ها ۹۷
۴-۴ بررسی تنشها ۱۰۳
۴-۴-۱ گشتاور سرشی ۱۰۳
۴-۴-۲ ضرایب طراحی ۱۰۴
۴-۴-۳ تنش‌های مجاز یا مقاومت مواد ۱۰۶
۴-۴-۴ محاسبات تنشها ۱۰۶

فصل پنجم - نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۰۷

۵-۱ نتیجه‌گیری ۱۰۷
۵-۲ پیشنهادات ۱۰۸

ضمایم ۱۱۰

منابع ۱۲۲

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

امروزه نقش تحقیقات برای بهینه کردن محصولات و همچنین اختراع ماشینهای جدید بر کسی پوشیده نیست. با توجه به اینکه درکشور ما بیشتر فعالیتهای صنعتی بر پایه مهندسی معکوس که روشی آگاهانه و عالمانه جهت دسترسی به فن‌آوری و تولید محصولات پیچیده صنعتی است صورت می‌گیرد، لذا تلاشهای مهندسی معکوس برای دستیابی به معیارهای طراحی سیستم‌ها بسیار مفید و با ارزش است ولی همواره با سازندگان اصلی فاصلهٔ زیادی داریم، بنابراین درکنار فعالیتهای مهندسی معکوس، طراحی پایه دارای دورنمای روشن‌تری است.

طراحی و ساخت ماشینهای کشاورزی بدلیل کاربرد گسترده آنها درکلیه زمینه‌های کشاورزی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. با نگاهی به تاریخچهٔ ماشینهای کشاورزی می‌توان دریافت که ادوات و وسایل بکارگرفته شده در امور مختلف کشاورزی همواره در حال توسعه و تکامل بوده‌اند و بدین ترتیب هر روز شاهد کاربرد دست‌آوردهای علمی و فنی رشته‌های مختلف در طراحی، ساخت و بهینه‌سازی ماشینهای کشاورزی خواهیم بود.

طی سالهای اخیر در کشورمان تلاشها و اقدامات گسترده‌ای در جهت طراحی و تولید ماشینهای مختلف کشاورزی صورت گرفته است. تراکتور که عمده‌ترین ماشین‌های کشاورزی را تشکیل می‌دهد و دارای فن‌آوری بالایی نسبت به بقیه ماشینهای کشاورزی است. از نظر طراحی اجزاء مختلف و ساخت آنها در داخل کشور از اولویت ویژه‌ای برخوردار است.

دستگاه انتقال قدرت، یکی از مهمترین و پیچیده‌ترین قسمتهای تراکتور را تشکیل می‌دهد. از آنجا که اساسی‌ترین عضو در انتقال قدرت، چرخدنده‌ها هستند، لذا طراحی آنها از اهمیت بالایی برخوردار است.

۱-۲ تعریف مسأله

سیستمهای انتقال توان تراکتورهای کشاورزی دارای اجزاء مختلفی مثل کلاچ، جعبه‌دنده، دنده‌کمک، محور انتقال توان (P.T.O)، دیفرانسیل و کاهنده نهایی هستند که کاهنده نهایی آخرین جزء این سیستم می‌باشد. در تراکتورهای کشاورزی دو نوع سیستم کاهنده نهایی داریم که عبارتند از سیستم کاهنده نهایی دنده‌ای (معمولی)[۱] و سیستم کاهنده نهایی چرخدنده خورشیدی[۲].

سیستم کاهنده نهایی نوع دنده‌ای در مدلهای قدیمی تراکتورها موجود می‌باشد در حالیکه سیستم کاهندهٔ نهایی که امروزه بطور گسترده در تراکتورها مورد استفاده قرار می‌گیرد، سیستم چرخدنده خورشیدی می‌باشد. با توجه به فضای بسیار کمی که اشغال می‌نمایند، نسبت کاهش دور بزرگتری را می‌توان از آنها بدست آورد. این سیستم علاوه بر اینکه در کاهنده نهایی کاربرد دارد، در جعبه دنده‌های معمولی و همچنین در جعبه دنده‌های دیسک-صفحه‌ای[۳] به صورت چند مجموعه پشت سرهم مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه جهت حرکت ورودی و خروجی این سیستم یکسان می‌باشد لذا طرح این مسئله برای گرفتن جهت حرکت خروجی، عکس جهت حرکت ورودی می‌تواند دارای کاربردهای زیر باشد.

الف - برای ایجاد دنده عقب در جعبه دنده‌های دیسک و صفحه‌ای از یک مجموعه چرخدنده خورشیدی استفاده شود.

1- Pinion Drives 2- Planetary Drives 3- Power Shift

ب - با توجه به کاربرد تراکتور در کارهای مختلف کشاورزی ارائه طرحی برای تبدیل تراکتور به عنوان یک کمباین که بایستی جهت حرکت آن عوض شود می‌تواند مطرح شود.

۱-۳ اهداف

هدف از اجرای این تحقیق :

الف - طراحی سیستم چرخدنده خورشیدی شامل بررسی معیارها و پارامترهای مختلف طراحی چرخدنده و طراحی سیستم‌های چرخدنده خورشیدی می‌باشد.

ب - ارزیابی مشخصات کاهنده نهایی تراکتور MF285

ج - طراحی کاهنده‌نهایی چرخدنده خورشیدی با دور معکوس برای تراکتور MF285

د - ارائه طرح بهینه برای کاهنده نهایی تراکتور MF285

ه - ارائه روش ساخت چرخدنده‌های کاهنده نهایی