HiMech.wordpress.com

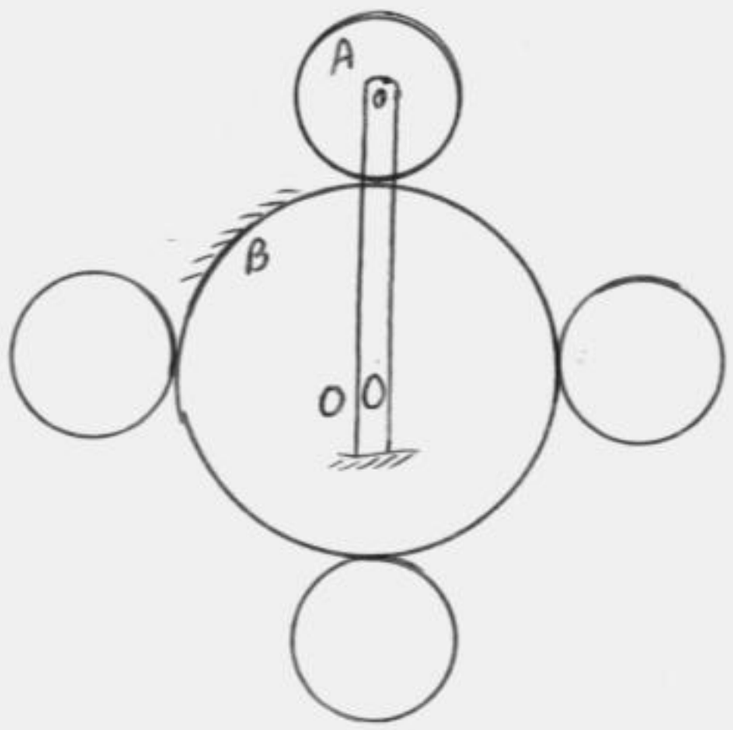
گیربکس خورشیدی

هدف: بدست آوردن نسبت سرعت، نسبت گشتاور و راندمان مکانیکی سیستم

<u>تئوری</u>

در این رشته چرخ دنده‌ها محورهای یک یا چند چرخ دنده آن‌ها نسبت به بدنه متحرک می‌باشند. چرخ‌دنده وسط به چرخ دنده‌ی خورشیدی و آن چرخ‌دنده‌ها که دارای محورهای متحرک می‌باشند به چرخ دنده‌های اقماری موسوم می‌باشند. براساس شکل زیر چرخ‌دنده‌ی B در برابر چرخ‌دنده‌ی A قرار دارد. چرخ دنده‌ی B را ثابت فرض کرده و فرض می‌کنیم چرخ‌دنده‌ی A به بازو لولا شده باشد. حال اگر بازو را حول نقطه‌ی O یک دور کامل در جهت خلاف گردش عقربه‌های ساعت بگردانیم چرخ دنده‌ی A روی B غلتیده و چرخ دنده‌ی A بطور کامل در جهت خلاف گردش عقربه‌های ساعت خواهد گشت.

همچنین نتیجه را می‌توان با استفاده از روش جمع آثار به دست آورد. در این روش تعداد دور گردش کلی هر چرخ را می‌توان از جمع تعداد دور آن حول محورش و تعداد دور آن با بازو تعیین نمود.



معمولاً سه کوپل به یک چرخ دنده‌ی خورشیدی اعمال می‌شود.

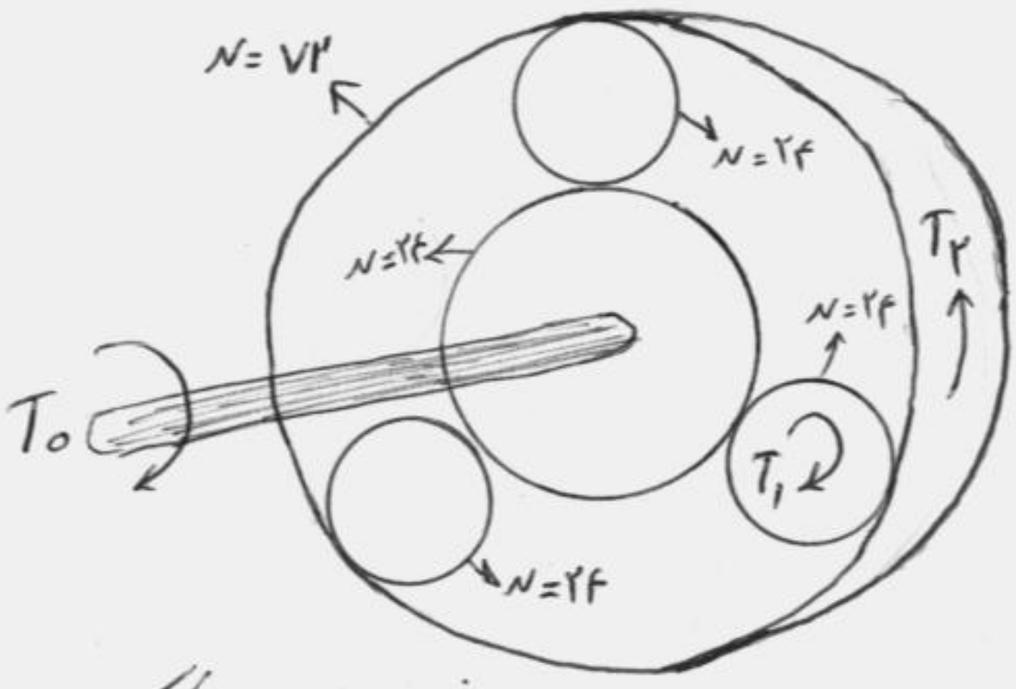
T_0: کوپل عکس العمل خروجی T_1: کوپل ورودی در جهت گردش محور ورودی T_2: کوپل محفظه

چنانچه قسمت‌های سری با سرعت‌های یکنواخت حرکت کنند هیچ شتاب زاویه‌ای وجود نخواهد داشت

HiMech.wordpress.com

$$T_0 + T_1 + T_2 = 0$$

بنابراین:



(قرارداد - سانتگرد)

اگر بازده دستگاه ٪۱۰۰ باشد یعنی هیچگونه تلفات داخلی براثر اصطکاک وغیره وجود نداشته باشد داریم:

$$T_0 w_0 + T_1 w_1 + T_2 w_2 = 0 \quad (1) \xrightarrow[\text{ثابت}]{\text{محفظه}} T_0 w_0 + T_1 w_1 = 0 \quad (2)$$

اگر حالت معمولی، و R نسبت کل چرخ دنده ها باشد وفرض کنیم $w_1 = R w_0$ ومحفظه ثابت باشد داریم:

$$T_1 R w_0 + T_0 w_0 = 0 \longrightarrow T_0 = R T_1 \quad \text{یا} \quad T_1 = \frac{T_0}{R} \quad (3)$$

اگر محفظه طوری باشد که باید نگه داشته شود داریم

$$T_1 - R T_1 + T_2 = 0 \longrightarrow T_2 = T_1 (R-1) \longrightarrow T_2 = T_0 \left(\frac{1}{R} - 1\right)$$

اگر R ثابت بوده ونسبت انتقال بین محور ورودی وخروجی R باشد درآن صورت

$$T_1 = \frac{T_0}{R} \qquad T_2 = T_0 \left(\frac{1}{R} - 1\right)$$

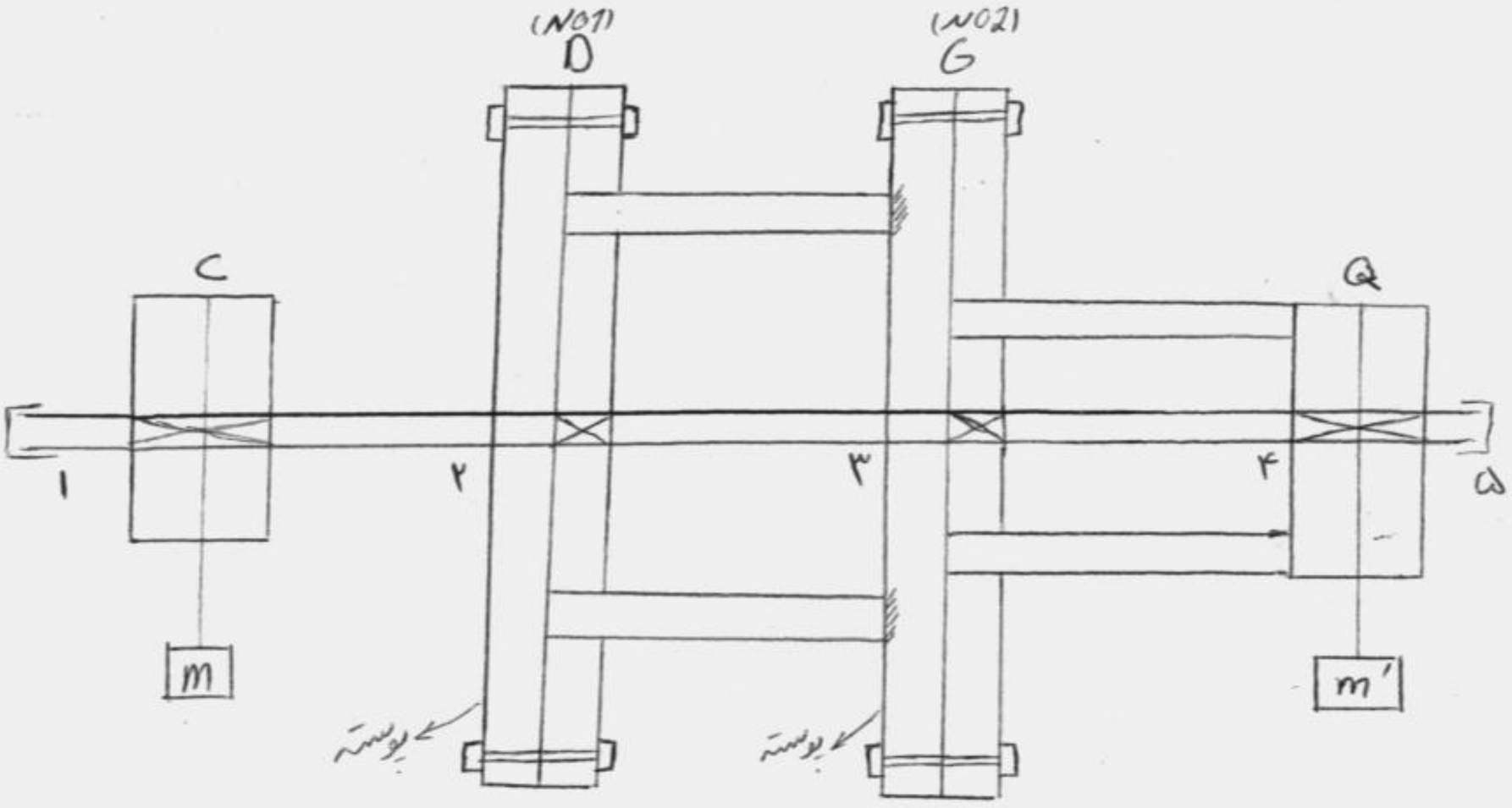
$$\eta = \frac{(T.w)_{output}}{(T.w)_{input}} \times 100 = \frac{T_0 w_0}{T_i w_i} \times 100$$ راندمان سیستم چرخ دنده ها عبارتست از

در چرخ دنده‌های ساده دو یا چند چرخ دنده‌ی درگیر جهت انتقال حرکت از شفتی به شفت دیگر کاربرد دارند و چرخ دنده‌های معمولی محورهاشان نسبت به بدنه ثابت بوده و حرکتی ندارند. در حالی که در چرخ دنده های

HiMech.wordpress.com

خورشیدی محورهای یک یا چند چرخ دنده نسبت به بدنه متحرک می باشند.

در جعبه دنده هایی که برای اهداف تغییرات دور استفاده می شود این نوع چرخ دنده ها جایگاه ویژه ای دارند. به صورتی که چرخ دنده ی کوچکتر دور بالا را از منبع تغذیه ی ما گرفته و قدرت را از چرخ دنده ی بزرگتر به محور خروجی انتقال می دهد. این نسبت دور بالا به دور کم سبب انتقال گشتاور بالایی گردد.



$d_D = d_G = 9in = ۰/۲۲۸\ m$ $\qquad$ $d_C = d_Q = Vin = ۰/۱۷۷\ m$

روش آزمایش

در آزمایشگاه برای گیربکس خورشیدی دو مرحله آزمایش را انجام داده ایم:

مرحله ی اول: بدست آوردن نسبت سرعت ها

مرحله ی دوم: بدست آوردن نسبت گشتاورها

نسبت سرعت ها

برای نسبت های سرعت ۴ حالت در چرخ دنده ها داریم:

نسبت سرعت یک به یک $w_{in} = w_{out}$ $\qquad$ نسبت افزایش سرعت $w_{in} < w_{out}$

نسبت کاهش سرعت $w_{in} > w_{out}$ $\qquad$ کاهش سرعت همراه با تغییر جهت دوران $w_{in} > w_{out}$

HiMech.wordpress.com

در حالت متروع اگر عضو c را قفل کنیم داریم:

خورشید ② (D) + خورشید ③ (c) و محور اصلی قفل می شود.

در حالت خروجی اگر عضو a را قفل کنیم داریم:

بازوی گیربکس شماره‌ی ③ نیز قفل می باشد و سیاره‌های گیربکس ③ حرکت مداری نخواهند داشت.

حالت (1) چرخنده‌ی داخلی (No.1) D قفل باشد نسبت سرعت 7 به 16 است یعنی به ازای 7 دور

ورودی، خروجی 16 دور می زند.

$$\frac{\omega_c}{\omega_a} = \frac{7}{16}$$

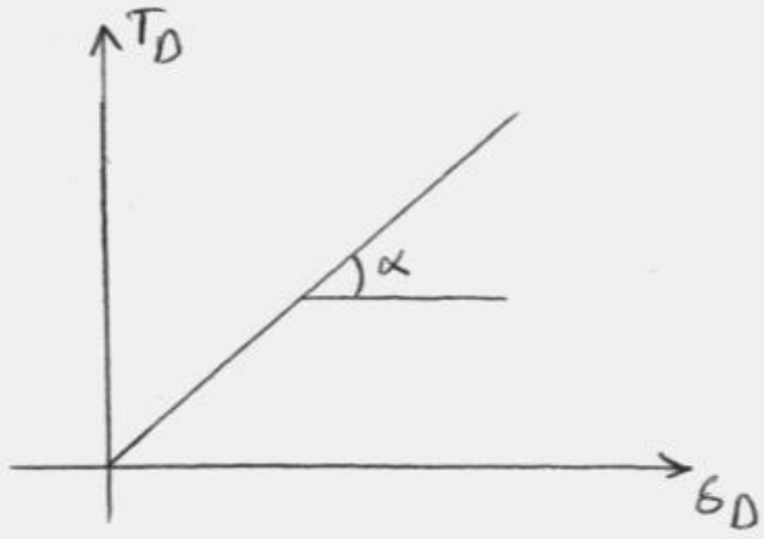
حالت (2) چرخنده‌ی داخلی (No.2) c قفل باشد نسبت سرعت 1 به 4 است یعنی به ازای 1 دور

ورودی، خروجی 4 دور می زند.

$$\frac{\omega_c}{\omega_a} = \frac{1}{4}$$

نسبت گشتاورها

قبل از آزمایش واحد بارگذاری بایستی کالیبره شود. بارهای تا حدود 8kg و تغییرات 1kg برای این منظور کافی هستند. برای کالیبراسیون یکبار محفظه‌ی D و بار دیگر محفظه‌ی c را قفل کرده و وزنه‌های 1 تا 8 کیلوگرمی را بر محفظه‌ی قفل شده اعمال کرده تغییرات ساعت را ثبت می کنیم. سپس دیاگرام گشتاور بر حسب درجه ساعت را رسم کرده که در نتیجه آن یک ثابت تطابق یا ضریب کالیبراسیون k_D برای واحد بارگذاری تعیین می شود.



$$tg\,\alpha = k_D = \frac{T_D}{\delta_D}$$

$$\Rightarrow T_D = k_D \delta_D$$

$$T_D = m_D g R_D$$

نتایج استفاده از چرخ D یا c ثابت است. همچنین باید وزن حلقه های نگهدارنده‌ی وزنه که 220gr

HiMech.wordpress.com

است با وزنه ها جمع شوند.

آزمایش اوّل

k_G کالیبراسیون، محفظه‌ی G قفل شونده

$T = mg\, d/2$ (N.m)	تغییرات ساعت δ(0.01 mm)	بار اعمال شده m (kg)
۱٫۱۲	۴	۱
۲٫۲۴	۶	۲
۳٫۳۶	۱۰	۳
۴٫۴۸	۱۲	۴
۵٫۶۰	۱۷	۵
۶٫۷۲	۲۱	۶
۷٫۸۷	۲۵	۷
۸٫۹۶	۳۰	۸

آزمایش دوّم

k_D کالیبراسیون، محفظه‌ی D قفل شونده

$T = mg\, d/2$ (N.m)	تغییرات ساعت δ(0.01) mm	بار اعمال شده m (kg)
۱٫۱۲	۴	۱
۲٫۲۴	۶	۲
۳٫۳۶	۱۱	۳
۴٫۴۸	۱۵	۴
۵٫۶۰	۱۹	۵
۶٫۷۲	۲۴	۶
۷٫۸۷	۲۸	۷
۸٫۹۶	۳۱	۸

حال برای محفظه‌ی D و G هرکدام جداگانه دو نمودار بر حسب گشتاور و تغییرات سرعت رسم کرده و با رسم نقاط و کشیدن خط مورد نظر، شیب خط را بدست آورده که برابر ضریب کالیبراسیون می‌گردد.

HiMech.wordpress.com

آزمایش سوم

چرخدنده‌ی داخلی D ثابت می باشد. چرخ دنده‌ی داخلی D را به وسیله‌ی واحد بارگذاری کالیبره شده قفل می‌کنیم سپس استوانه‌ی بارگذاری ورودی C را با یک کوپل معلوم بارگذاری کرده و این را با کوپل مقاومی که روی محور خروجی (استوانه‌ی بارگذاری خروجی) اعمال می شود متوازن کنیم بطوری که سیستم بخواهد شروع به حرکت کند. (در آستانه‌ی حرکت باشد.) به همین ترتیب آزمایش را برای ۴ بارگذاری تکرار می کنیم.

$$R_C = R_Q = ۳\frac{۱}{۵}\,in = ۰/۰۸۸\,m$$

ضریب کالیبراسیون $k_D = ۳۰۳۰$

m ورودی m_C	m' خروجی m_Q	$T_i = mgR_C$ گشتاور ورودی (N.m)	$T_o = m'gR_Q$ گشتاور خروجی (N.m)	$\eta\,\%$	δ (۰/۰۱)mm	$T = k_D\delta$ گشتاور مماسی	$\eta\,\%$
۱	۱٫۶	۱٫۰۶	۱٫۵	۶۲	۴	۱٫۲	۴۹
۱٫۵	۲٫۸	۱٫۵	۲٫۷	۷۵	۶	۱٫۸	۵۳
۲	۳٫۸	۱٫۹	۳٫۵	۸۰	۷	۲٫۲	۵۲
۲٫۵	۵	۲٫۳	۴٫۵	۸۵	۱۱	۳٫۴	۶۴
۳	۶٫۱۵	۲٫۸	۵٫۵	۸۶	۱۲	۳٫۷	۶۰

محاسبه‌ی راندمان:

$$\eta = \frac{T_o\,w_o}{T_i\,w_i} \times ۱۰۰$$

نسبت سرعت چرخ ورودی به خروجی (D قفل است) $\frac{۷}{۱۶}$

نسبت سرعت چرخ ورودی به خروجی (C قفل است) $۱/۴$

HiMech.wordpress.com

$$\eta = \frac{1,5}{4,4} \times \frac{V}{14} \times 100 = 42\%$$

$$\eta = \frac{2,4}{1,5} \times \frac{V}{14} \times 100 = 75\%$$

$$\eta = \frac{3,5}{1,9} \times \frac{V}{14} \times 100 = 80\%$$

$$\eta = \frac{4,5}{2,3} \times \frac{V}{14} \times 100 = 85\%$$

$$\eta = \frac{5,5}{2,8} \times \frac{V}{14} \times 100 = 86\%$$

$$\eta = \frac{1,2}{1,4} \times \frac{V}{14} \times 100 = 49\%$$

$$\eta = \frac{1,8}{1,5} \times \frac{V}{14} \times 100 = 53\%$$

$$\eta = \frac{2,2}{1,9} \times \frac{V}{14} \times 100 = 54\%$$

$$\eta = \frac{3,4}{2,3} \times \frac{V}{14} \times 100 = 94\%$$

$$\eta = \frac{3,7}{2,8} \times \frac{V}{14} \times 100 = 60\%$$

همچنین داریم:

$$T_i + T_o + T_D = 0$$

$$\begin{cases} 1,5 - 1,04 - 1,2 = -0,74 \\ 2,4 - 1,5 - 1,8 = -0,7 \\ 3,5 - 1,9 - 2,2 = -0,6 \\ 4,5 - 2,3 - 3,4 = -1,2 \\ 5,5 - 2,8 - 3,7 = -1 \end{cases}$$

HiMech.wordpress.com

آزمایش چهارم

چرخ دنده‌ی G ثابت می باشد. چرخ دنده‌ی داخلی G را به وسیله‌ی واحد بارگذاری کالیبره شده قفل می کنیم. سپس استوانه‌ی بارگذاری ورودی C را با یک کوپل معلوم بارگذاری کرده و این را با کوپل مقاومی که روی محور خروجی (استوانه‌ی بارگذاری خروجی) اعمال می شود متوازن می کنیم، بطوری که سیستم بخواهد شروع به حرکت کند. به همین ترتیب آزمایش را برای ۴ بارگذاری تکرار می کنیم.

$$R_C = R_Q = ۳,۵ \text{ in} = ۰.۸۸ \text{ mm}$$

ضریب کالیبراسیون $K_G = ۲۸۵۷۰$

m ورودی ۲۳۰g + m_C(kg)	m′ خروجی ۲۳۰gr + m_Q	$T_i = mgR_C$ گشتاور ورودی (N.m)	$T_o = m'gR_Q$ گشتاور خروجی (N.m)	η٪	δ (۰.۱) mm	$T = K_G\delta$ گشتاور سرعت	η٪
۱	۲,۲	۱.۰۶	۲,۱	۵۰	۶	۱,۷	۴۰
۱,۵	۴,۳	۱,۵	۳,۹	۶۵	۱۱	۳,۱۴	۵۲
۲	۶,۲۵۰	۱,۹	۵,۶	۷۳	۱۷	۴,۸	۶۳
۲,۵	۸,۱۵۰	۲,۳	۷,۲۳	۷۸	۲۰	۵,۷	۶۱
۳	۱۰,۱۵۰	۲,۸	۸,۹	۸۰	۲۵	۷,۲	۶۴

محاسبه‌ی راندمان:

$$\eta = \frac{T_o w_o}{T_i w_i} \times ۱۰۰$$

HiMech.wordpress.com

$$\eta = \frac{۱٫۷}{۱٫۰۶} \times \frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = ۴۰٪$$

$$\eta = \frac{۳٫۱۴}{۱٫۱۵} \times \frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = ۵۲٪$$

$$\eta = \frac{۴٫۸}{۱٫۹} \times \frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = ۶۳٪$$

$$\eta = \frac{۵٫۷}{۲٫۳} \times \frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = ۶۱٪$$

$$\eta = \frac{۷٫۲}{۲٫۸} \times \frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = ۶۴٪$$

$$\eta = \frac{۲٫۱۱}{۱٫۰۶} \times \frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = ۵۰٪$$

$$\eta = \frac{۳٫۹}{۱٫۱۵} \times \frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = ۶۵٪$$

$$\eta = \frac{۵٫۶}{۱٫۹} \times \frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = ۷۳٪$$

$$\eta = \frac{۷٫۲۳}{۲٫۳} \times \frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = ۷۸٪$$

$$\eta = \frac{۸٫۹}{۲٫۸} \times \frac{۱}{۴} \times ۱۰۰ = ۸۰٪$$

همچنین داریم:

$$T_i + T_O + T_G = ۰$$

$$\begin{cases} ۲٫۱۱ - ۱٫۰۶ - ۱٫۷ = -۰٫۶۶ \\ ۳٫۹ - ۱٫۱۵ - ۳٫۱۴ = -۰٫۷۴ \\ ۵٫۶ - ۱٫۹ - ۴٫۸ = -۱٫۱ \\ ۷٫۲۳ - ۲٫۳ - ۵٫۷ = -۰٫۷۷ \\ ۸٫۹ - ۲٫۸ - ۷٫۲ = -۱٫۱ \end{cases}$$

HiMech.wordpress.com

کاربرد گیربکس خورشیدی در صنعت

در سال ۱۹۴۸ بیوک جعبه دنده دینا فلو را ارائه داد و اولین اتومبیلی بود که از آن موفق شده بودند جعبه دنده اتوماتیک را با مبدل گشتاور هیدرولیکی به کار برند که با استفاده از مجموعه خورشیدی حرکت مستقیم دنده یک و دنده عقب را شامل می شد. ضریب max در مبدل گشتاور ۲/۵ : ۱ و نسبت دنده در دنده ۱ : ۸۲/۱ می باشد که دارای گشتاور عالی در سرعتهای بالا بوده و حالت ترمز موتوری در سرازیری ها را نیز دارا می باشند.

جعبه دنده های اتوماتیک فورد-۱ اتوماتیک ترکیبی است از یک مبدل گشتاور ۳ عنصری و یک سیستم مجموعه خورشیدی که شامل ۳ دنده جلو (۳ سرعته) و یک دنده عقب می باشد. ضریب max مبدل گشتاور آن برابر ۱/۲ می باشد.

امروزه بیش از ۹۰ درصد اتومبیل های امروزی آمریکایی مجهز به جعبه دنده های اتوماتیک می باشند. تمام تحویلی های خودکار با استفاده از اصول اولیه طراحی شده اند و به طور کلی دارای یک مبدل گشتاور هیدرولیکی و یک مجموعه خورشیدی با تعداد دنده های مختلف می باشند که به وسیله ی یک سیستم کنترل هیدرولیکی به طور خودکار تحویلی دنده ها را انجام می دهند.

HiMech.wordpress.com

كاربرد ديگري از گيربكس خورشيدي

اوردرايو (Over drive)

وقتي جعبه دنده هاي استاندارد را در دنده بالا قرار مي دهيم، نسبت انتقال يك به يك است. در جاده هاي سرازيري در صورتيكه موتور اتومبيل قدرت كافي را داشته باشد و سرعت نيز در حد معقولي باشد موتور قادر خواهد بود كه اتومبيل را با نسبت تبديل كمتر از واحد نيز به حركت در آورد. براي اين منظور در گيربكس بعضي از اتومبيل ها وسيله اي بنام اوردرايو پيش بيني شده است. اوردرايو يا فوق سرعت يك سيستم مكانيكي است كه به انتهاي جعبه دنده هاي معمولي بسته مي شود. محور خروجي جعبه دنده محور ورودي اوردرايو را به حركت در مي آورد. اوردرايو شامل يك مجموعه دنده سياره اي است كه بوسيله آن مي توان نسبت تبديل پايين تر از يک را بدست آورد.

يكي از مزاياي مهم اوردرايو آن است كه با استفاده از آن مي توان با ثابت نگهداشتن سرعت اتومبيل، دوران موتور آنرا تا حدود 30 درصد تنزل داد. طبعاً استفاده از اوردرايو سبب كاهش مصرف سوخت در ماكزيمم سرعت مي شود. اوردرايو با توجه به صحت عوامل زير عمل رضايت بخشي را ارائه خواهد كرد :

1- موتور اتومبيل قدرت كافي را داشته باشد.
2- سرعت اتومبيل در حد كافي باشد.
3- جاده تقريباً مسطح يا سرازير باشد

استفاده از اوردرايو به خودي خود موجب تضمين سرعت حداكثر نخواهد بود. با افزايش سرعت اتومبيل مقاومت باد به سرعت زياد مي شود. در سرعت هاي خيلي زياد اثرات مقاومت ناشي از باد را مي توان با اثر بازدارندگي در يك سربالايي شيب تند قابل قياس دانست. در اين موقع است كه ديگر نمي توان دنده بالا يا اوردرايو را يك امتياز محسوب آورد و بايستي براي كار صحيح موتور اتومبيل را به يك دنده پايين تر منتقل ساخت. در شكل 2-13 نمودار مربوط به اثرات اوردرايو بر روي عملكرد موتور مي توان مشاهده كرد. ملاحظه مي شود كه از اثرات اوردرايو كاهش مصرف سوخت و همچنين افزايش گشتاور موتور در ماكزيمم سرعت مجاز است. براي فراهم كردن چنين شرايطي و اضافه كردن اوردرايو به جعبه دنده هاي معمولي معمولاً از تركيبهاي چرخدنده هاي سياره اي استفاده مي كنند. يک مجموعه خوشيدي يا سياره اي شامل يک دنده خورشيدي يا

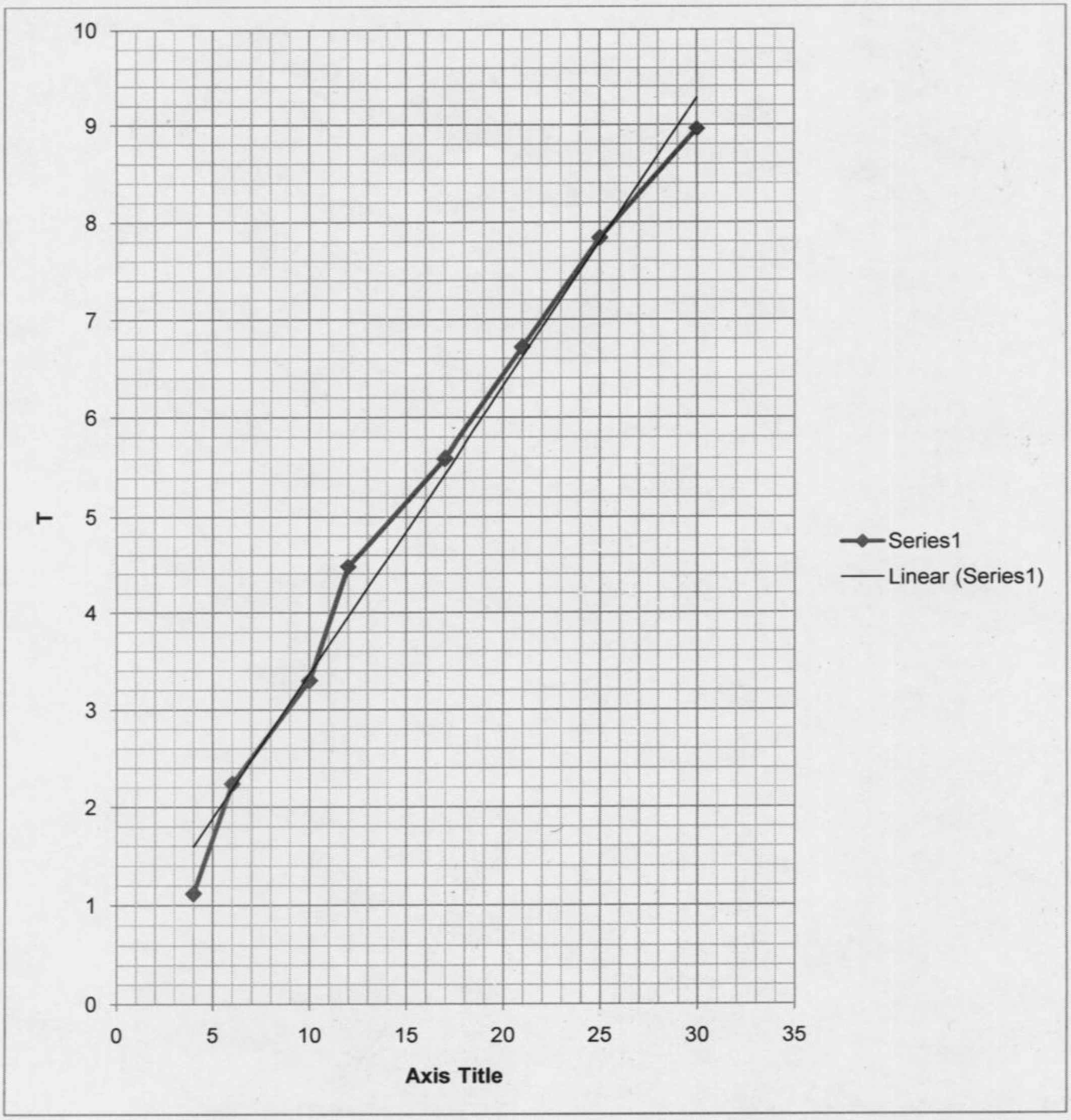
HiMech.wordpress.com

دنده مرکزي است که با دنده هاي هرز گرد سياره اي يا پينيونها که روي محور نگهدارنده يا بازو قرار گرفته اند، احاطه شده است؛ حرکت دوراني مي کنند و بطور دائم درگير مي باشند. پينيونها نيز در داخل دنده داخلي يا رينگ (به اين دليل به اين نام خوانده مي شود که محيط دايره از داخل دندانه دار شده است) احاطه شده و بطور دائم با اين دنده هاي سياره اي در گير مي باشند.

اگر يک عضو از مجموعه چرخدنده سياره اي ثابت نگهداشته شود و عضو ديگر بچرخد، حاصل کار افزايش سرعت، کاهش سرعت يا چرخش معکوس خواهد بود. نتيجه کار بستگي به اين دارد که کدام عضو ثابت مانده و کدام عضو بچرخد.

در صورت عدم نياز به اوردرايو مي توان آنرا در وضع قفل شده قرار داد. وقتي دو قسمت از مجموعه دنده سياره اي بهم قفل شوند، مجموعه قادر به تغيير گشتاور يا دوران نبوده و همه آن به صورت يك واحد يکپارچه دوران خواهد.

HiMech.wordpress.com



HiMech.wordpress.com