۳

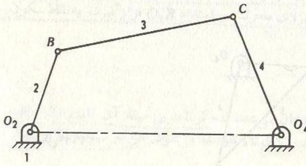
میله‌بندی

۱.۳ چهارمیله‌ای

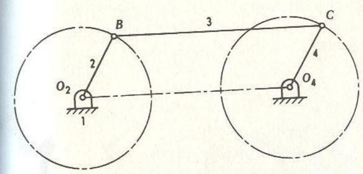
یکی از مفیدترین و متداولترین مکانیسمهاست که درشکل ۱.۳ رسم شده است. میلهٔ ۱ زمین یا چهارچوب یا قاب ومیله‌های ۲ و ۴، لنگ ومیلهٔ ۳ میل رابط نامیده می‌شود. خواهیم دیدکه برای تحلیل حرکت بسیاری از مکانیسمها می‌توان آنها را با یك مکانیسم چهارمیله‌ای یا ترکیبی از مکانیسمهای چهارمیله‌ای جایگزین کرد.

۲.۳ چهارمیله‌ای با لنگهای موازی

درشکل ۲.۳، لنگهای ۲ و ۴ دارای طول مساویند و میل رابط ۳ طولی برابر طول خط مراکز O_2O_4 دارد. لنگهای ۲ و ۴ همواره دارای زاویه‌ای یکسان هستند.



شکل ۱.۳

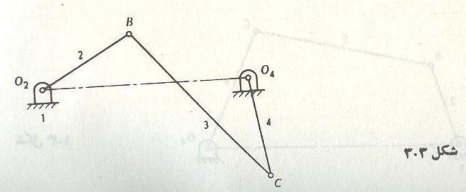


شکل ۲.۳

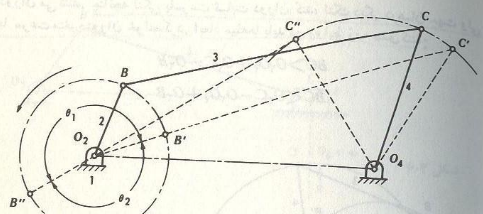
در هرچرخه، میله‌بندی فوق در دوموقعیت، مقید نیست. دراین موقعیتها که به‌آن نقاط سکون یا مرکز سکون می گویند پیرو یعنی میلهٔ ۴ در امتداد میلهٔ ۳ قرار می گیرد، و می‌تواند درجهتی مخالف‌محرك شروع به‌حرکت کند. نقاط سکون دربسیاری‌ازمکانیسمها وجود دارند، ولی‌معمولاً نیروی ماند، فنر یانیروی ثقل ازبرگشت وتغییرجهت‌نامطلوب درنقاط سکون جلوگیری می کند.

۳.۳ میله‌بندی با لنگهای مساوی غیرموازی

در شکل ۳.۳، لنگهای ۲ و ۴ دارای طولهای مساویند و طول میل رابـط برابر طول خط مراکز O_2O_4 است، ولی لنگها موازی نیستند و درجهتهای مخالف دوران می کنند. اگر لنگ ۲ با سرعت زاویه‌ای ثابت بچرخد، لنگ۴ دارای سرعت زاویه‌ای متغیرخواهد بود. برای اطمینان از قرار نگرفتن پیرو در موقعیت نقاط سکون می‌توان این مکانیسم را با یك جفت چرخ‌دندهٔ بیضوی‌معین جایگزین کرد. این‌مسئله بعداً درفصل ۱۱ توضیح داده می‌شود.



شکل ۳.۳



شکل ۴.۳

۴.۳ مکانیسم لنگ ـ رقاصك

درشکل ۴.۳، لنگ ۲ کاملاً حول لولای O_2 می‌چرخد، و به‌وسیلهٔ میل رابط۳، لنگ۴ را حولO_4 به‌نوسان‌درمی‌آورد. بنابراین‌مکانیسم فوق حرکت دورانی را به‌حرکت‌نوسانی تبدیل می کند. برای آنکه این میله‌بندی کار کند، باید شرایط زیر وجود داشته باشد:

$$O_2B+BC+O_4C>O_2O_4$$

$$O_2B+O_2O_4+O_4C>BC$$

$$O_2B+BC-O_4C<O_2O_4$$

$$BC-O_2B+O_4C>O_2O_4$$

هم میلهٔ ۲ و هم میلهٔ ۴ ممکن است لنگ محرك (راننده) باشند. اگر میلهٔ ۲ محرك‌باشد، مکانیسم مزبور همواره کار خواهدکرد. اگر میلهٔ ۴ محرك باشد، برای آنکه مکانیسم از نقاط سکون B' و B'' عبورکند به یك چرخ لنگریا وسیلهٔ دیگری نیاز خواهیم داشت. زمانی که خط عمل BC متعلق به‌نیروی محرك در امتداد O_2B قرار گیرد، به‌نقاط سکون می‌رسیم.

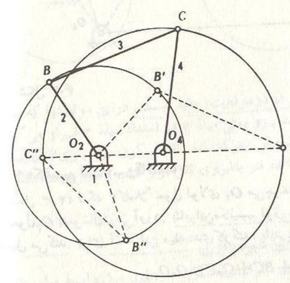
۵.۳ مکانیسم میل کوتاه

شکل ۵.۳، یك چهار میله‌ای را نشان می‌دهد کـه کوتاهترین میلهٔ آن ثابت نگه داشته شده است. چنین میله‌بندی، مکانیسم میل‌کوتاه خوانده می‌شود. هر دو میلهٔ ۲ و ۴ کاملاً

دوران می‌کنند. چنانچه لنگی باسرعت ثابت دوران کند، لنگ دیگر درهمان جهت ولی با سرعت متغیر دوران خواهدکرد. ابعاد میله‌ها باید در روابط زیر صدق کنند:

$$BC > O_۲O_۴ + O_۴C - O_۲B$$

$$BC < O_۴C - O_۲O_۴ + O_۲B$$

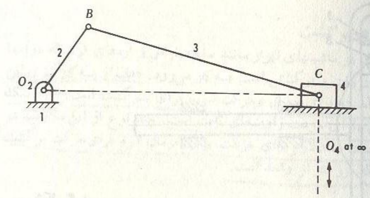


شکل ۵.۳

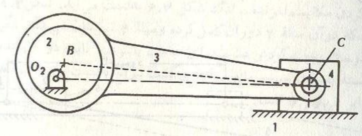
این رابطه‌ها ازمثلثهای $O_۲B'C'$ و $O_۲B''C''$ به‌دست آمده‌اند. کاربرد این مکانیسم دربخش ۸.۳ تحت عنوان مکانیسمهای زودبرگشت موردبحث قرار خواهد گرفت.

۶.۳ مکانیسم لغزنده ـ لنگ

این مکانیسم درشکل ۶.۳ رسم شده‌است، وحالت خاصی از چهارمیله‌ای شکل ۱.۳ است. اگر لنگ ۴ درشکل ۱.۳ دارای طول بینهایت شود، درآن‌صورت نقطهٔ C حرکت مستقیم‌الخط داشته ومیلهٔ ۴ را باید طبق شکل ۶.۳ با یك لغزنده تعویض کرد، مکانیسم لغزنده ـ لنگ موارد استفاده زیادی دارد، از آن‌جمله در موتورهای بنزینی و دیزلی که نیروی گاز روی پیستون یعنی میلهٔ ۴ عمل می کند، حرکت از میل رابط به‌لنگ ۲ منتقل می‌شود. در هر چرخه دوموقعیت نقطه سکون وجود داردکه هرکدام دریکی ازموقعیتهای انتهایی‌پیستون رخ‌می‌دهد. برای عبور ازاین‌نقاط، یك چرخ‌لنگر سوار شده روی‌میل‌لنگ



شکل ۶.۳



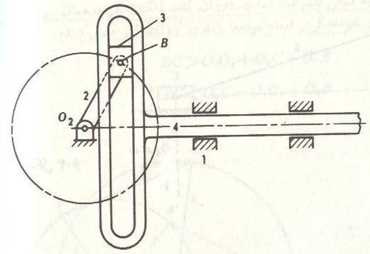
شکل ۷.۳

مورد نیاز است. این مکانیسم درکمپرسورهای هوا نیز به‌کار می‌رود، کمپرسور یك موتور الکتریکی یا موتور بنزینی لنگ را می‌چرخاند وباعث حرکت پیستون و درنتیجه متراکم کردن هوا می‌شود.

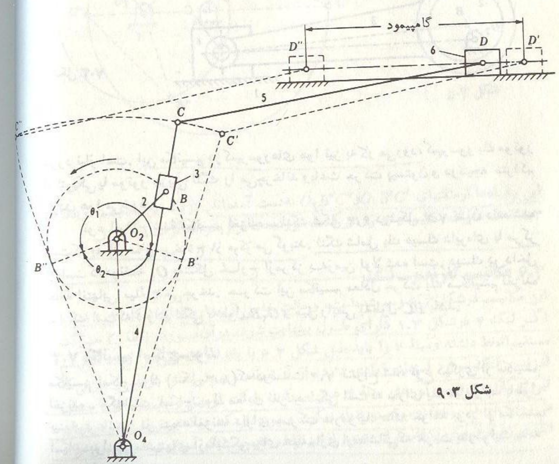
نوع اصلاح شدهٔ مکانیسم لغزنده ـ لنگ شکل ۶.۳ درشکل ۷.۳ نشان داده شده است‌که به آن مکانیسم خارج از مرکز می گویند. لنگ شامل یك دیسك دایره‌ای با مرکز B است‌که درنقطهٔ $O_۲$ به‌شکل خارج ازمرکز به‌زمین لولا شده است. دیسك در داخل حلقهٔ انتهایی میلهٔ ۳ می‌چرخد. حرکت این مکانیسم معادل حرکت یك مکانیسم لغزنده ـ لنگ است‌که دارای لنگی به‌طول $O_۲B$ و میل رابطی به‌طول BC باشد.

۷.۳ مکانیسم اسکاچ‌ـیوك

مکانیسم اسکاچ‌ـیوك (شکل ۸.۳)که درقسمت ۷.۲ تشریح شد، نوع دیگری از مکانیسم لغزنده ـ لنگ‌است. اسکاچ‌ـیوك معادل لغزنده‌ـلنگی است که دارای یك میل رابط باطول بینهایت باشد. در نتیجه لغزنده دارای حرکت هارمونیك ساده خواهد بود. از مکانیسم اسکاچ‌ـیوك در ماشینهای آزمایشگر برای شبیه‌سازی ارتعاشاتی‌که حرکت هارمونیك ساده دارند، استفاده می‌شود.



شکل ۸.۳



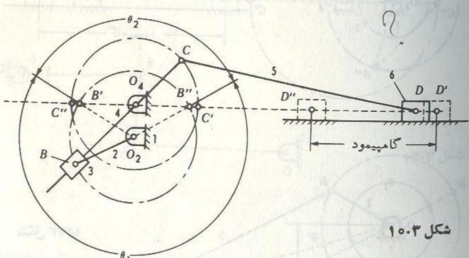
شکل ۹.۳

۸.۳ مکانیسمهای زودبرگشت

مکانیسمهای زودبرگشت در ماشینهای ابزار مانند صفحه تراش و اره‌های قوی که درآنها ابزار برش دارای حرکت رفت و برگشتی است به‌کار می‌رود. هدف از به‌کارگیری این مکانیسم تأمین حرکت آهسته برای برش وحرکت سریع برای برگشت است. البته لنگ محرك درتمامی مراحل دارای سرعت زاویه‌ای ثابت است. چند نوع از این مکانیسم در زیر تشریح می‌شود. نسبت زمان‌لازم برای حرکت برش به‌زمان لازم برای‌حرکت برگشت را نسبت زمان گویندکه بزرگتر از واحد است.

مکانیسم صفحه تراش-لنگ

این مکانیسم از وارون‌کردن مکانیسم لغزنده - لنگ شکل ۶.۳ به‌دست می‌آید. شکل۹.۳ ترکیبی را نشان می‌دهدکه درآن میلهٔ ۲ دوران کامل کرده ومیلهٔ ۴ نوسان می‌کند. اگر محرك، یعنی میلهٔ ۲، درخلاف‌جهت گردش عقربه‌های ساعت باسرعت ثابت دوران‌کند، لغزندهٔ ۶ یك حرکت آهسته به‌سمت چپ و یك حرکت برگشت سریع به‌سمت راست‌خواهد داشت. نسبت زمان برابر با θ_1/θ_2 است.



شکل ۱۰.۳

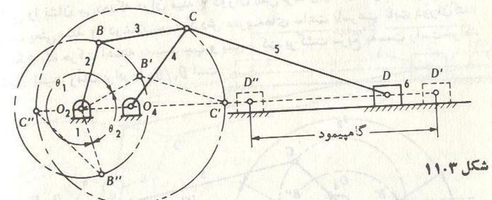
مکانیسم ویت‌ورث

این مکانیسم درشکل ۱۰.۳ رسم شده است. اگر فاصلهٔ O_2O_4 را در شکل ۹.۳ کمتر از طول لنگ O_2B درنظر بگیریم، مکانیسم فوق به‌دست می‌آید. هر دو میلهٔ ۲ و ۴ به‌طور

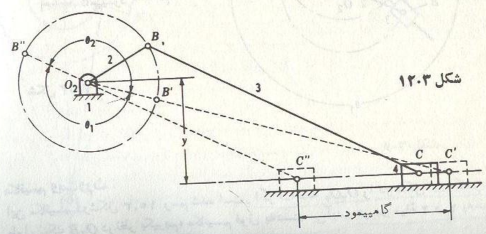
کامل می‌چرخند. اگر محرك، یعنی لنگ ۲، در خلاف جهت گردش عقربه‌های ساعت باسرعت زاویه‌ای ثابت دوران کند و زاویهٔ θ_1 را طی کند، لغزندهٔ ۶ به‌آهستگی از D' به D'' حرکت خواهد کرد. وقتی لنگ ۲ زاویهٔ کوچکتر θ_2 را طی کند، لغزندهٔ ۶ دارای حرکت برگشت سریع از D'' به D' خواهد بود. دراین حالت نسبت زمان θ_1/θ_2 است.

میل کوتاه

این مکانیسم درشکل ۱۱.۳ نشان داده شده است که در آن میله‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ یك مکانیسم میل کوتاه را که درقسمت ۵.۳ تشریح شد، تشکیل می‌دهند. اگر میلهٔ محرك ۲ باسرعت‌زاویه‌ای ثابت درخلاف‌جهت گردش عقربه‌های‌ساعت‌بچرخد، لغزندهٔ ۶ دارای حرکت



شکل ۱۱.۳



شکل ۱۲.۳

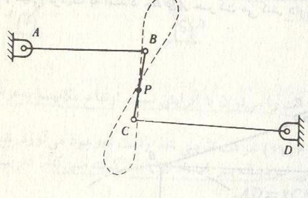
آهسته به‌طرف چپ بوده و با حرکت سریع به‌سمت راست برمی‌گردد. نسبت زمان برابر θ_1/θ_2 است.

لغزنده ـ لنگ خارج ازمرکز

مانند شکل ۱۲.۳ طراحی مکانیسم‌لغزنده ـ لنگ را می‌توان با خارج ازمرکزی معادل y کرد، به‌طوری‌که مسیر لغزنده محور لنگ را قطع نکند. این مکانیسم نیز یك مکانیسم زودبرگشت است. البته مکانیسم مؤثری نیست زیرا نسبت زمان آن θ_1/θ_2 فقط اندکی از یك بیشتر است.

۹.۳ مکانیسمهای خط مستقیم

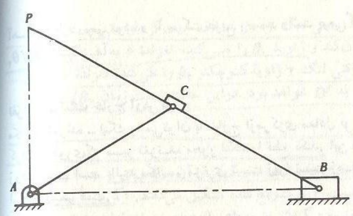
در مکانیسمهای خط مستقیم نقطه‌ای وجود داردکه در امتداد یك خط راست یا به‌طور تقریب در امتداد آن حرکت می‌کند بدون آنکه توسط یك‌صفحهٔ راهنما مقید شود. بیشتر این مکانیسمها در گذشته، پیش‌ازآنکه صفحه‌های راهنما را بتوان ازطریق ماشینکاری ساخت، طرح شده‌اند.



شکل ۱۳.۳

مکانیسم وات[1] (شکل ۱۳.۳) حرکت تقریبی خطراست را به‌وجود می‌آورد. نقطهٔ P مسیری شبیه عدد هشت انگلیسی را طی می کندکه قسمت قابل‌توجهی از آن تقریباً خط مستقیم است. طولها بایستی دارای نسبت زیر باشند

1. watt mechanism

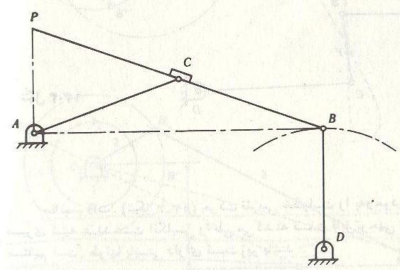


شکل ۱۴.۳

$$\frac{BP}{PC}=\frac{CD}{AB}$$

مکانیسم اسکات ـ راسل[1] (شکل ۱۴.۳) نقطهٔ P را روی مسیر خط کاملاً راست حرکت می‌دهد. داریم: $AC=BC=CP$. نوع دیگری از این مکانیسم درشکل ۱۵.۳ رسم شده که درآن لغزنده به‌وسیلهٔ لنگ BD جایگزین شده است. دراین میله‌بندی نقطهٔ P تقریباً دارای حرکت خط راست است.

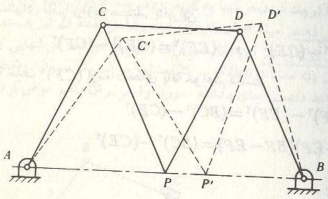
مکانیسم روبرت[2] (شکل ۱۶.۳) حرکت تقریبی خط راست به‌وجود می‌آورد. نقطهٔ P خیلی نزدیك به امتداد خط AB حرکت می‌کند. داریم: $AC=CP=PD=DB$



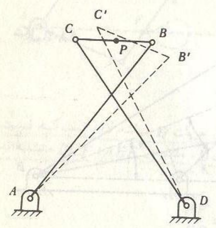
شکل ۱۵.۳

1. Scott-Russell mechanism

2. Robert mechanism



شکل ۱۶.۳



شکل ۱۷.۳

و $CD=AP=PB$. دقت حرکت را می‌توان با افزایش نسبت ارتفاع مکانیسم به‌عرض آن افزایش داد.

مکانیسم چبشیف[3] (شکل ۱۷.۳) حرکت تقریبی خط راست به‌وجود می‌آورد. نقطهٔ P که وسط CB است خیلی نزدیك بر امتداد CB حرکت می‌کند. داریم: $AB=CD=۱٫۲۵AD$ و $AD=۲CB$.

مکانیسم پیوسیلیر[4] (شکل ۱۸.۳) حرکت دقیق خط راست را برای نقطهٔ P به‌وجود می‌آورد. یك فرانسوی به‌نام پیوسیلیر این مکانیسم را درسال ۱۸۶۴ ارائه کرد. باید این روابط بین طول میله‌ها برقرار باشد: $AB=AE$، $BC=BD$ و $PC=PD=CE=DE$. ثابت می‌شود که نقطهٔ P روی یك خط راست حرکت می‌کند. نقطهٔ E به‌علت تقارن روی خط BP خواهد بود و CD نیز خط PE را در نقطهٔ F نصف می‌کند. BFC و BFD

3. Tcheby sheff mechanism

4. Peaucillier mechanism

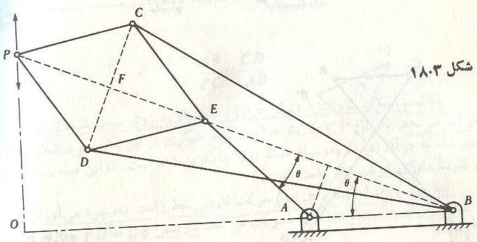
مثلثهای قائم‌الزاویه هستند. بنابراین

$$(EF)^{2}=(CE)^{2}-(CF)^{2} \quad \text{و} \quad (BF)^{2}=(BC)^{2}-(CF)^{2}$$

با حذف $(CF)^{2}$ ازمعادله‌های بالا خواهیم داشت

$$(BF)^{2}-(EF)^{2}=(BC)^{2}-(CE)^{2}$$

$$(BF+EF)(BF-EF)=(BC)^{2}-(CE)^{2}$$



شکل ۱۸.۳

اما

$$BF+EF=BP=\frac{BO}{\cos\theta} \quad \text{و} \quad BF-EF=BE=2AB\cos\theta$$

پس

$$\frac{BO}{\cos\theta}2AB\cos\theta=(BC)^{2}-(CE)^{2}$$

و

$$BO=\frac{(BC)^{2}-(CE)^{2}}{2AB}=\text{ثابت}$$

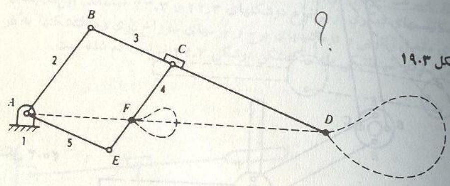
بنابراین نقطهٔ O یعنی تصویر نقطهٔ P روی خط گذرا از AB ثابت است. پس نقطهٔ P در امتداد PO حرکت می کند که خطی مستقیم و عمود بر AB است.

۱۰.۳ مکانیسمهای موازی

این مکانیسمها میله‌بندی‌هایی هستند که حرکت موازی به وجود می‌آورند. همسان‌نگار

(شکل ۱۹.۳) برای بزرگ یا کوچك کردن حرکتها به کار می‌رود. میله‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ یك متوازی‌الاضلاع را تشکیل می دهند. میلهٔ ۳ امتداد داده شده وشامل نقطهٔ D نیز هست. F محل تلاقی خطوط AD و CE است. این مکانیسم برای به‌وجود آوردن حرکتهایی با مقیاس متفاوت به کار می‌رود. یك مداد درنقطهٔ F حرکتی مشابه حرکت یك سوزن درنقطهٔ D اما با مقیاس کوچکتر خواهد داشت. جای مداد و سوزن را می‌توان باهم عوض کرد.

٩



شکل ۱۹.۳

برای آنکه حرکت F برای تمامی حالات موازی حرکت D باشد لازم است که نسبت AD/AF ثابت باقی بماند. برای تمام موقعیتهای D، مثلثهای AEF، DCF متشابه‌اند زیرا سه‌ضلع آنها همواره موازی است. بنابراین

$$\frac{AF}{FD}=\frac{AE}{CD}=\text{ثابت}$$

و

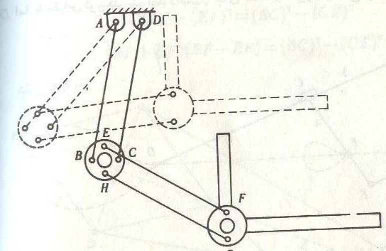
$$\frac{AD}{AF}=\frac{\text{اندازهٔ شکل در } D}{\text{اندازهٔ شکل در } F}$$

همسان‌نگارها برای کوچك‌نمایی یا بزرگ‌نمایی نقشه‌ها به کار می‌روند. همچنین در ابزارهای برش یا مشعلهای برش برای کپی کردن شکلهای پیچیده از آنها به‌عنوان راهنما استفاده می‌شود.

کاربرد دیگر مکانیسم موازی در دستگاه نقشه‌کشی است. (شکل ۲۰.۳) متوازی‌الاضلاعهای $ABCD$ و $EFGH$ به‌وسیلهٔ حلقهٔ $BECH$ به‌یکدیگر جفت‌شده‌اند. لبه‌های افقی وعمودی می‌توانند نسبت به FG بچرخند یا قفل شوند. باحرکت دادن بازوها، این لبه‌ها درهر موقعیت موازی روی نقشه حرکت خواهندکرد.

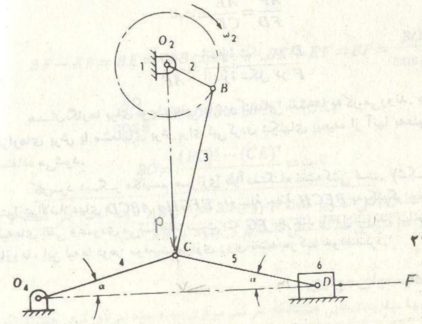
۱۱.۳ مکانیسمهای مفصل زانویی

اگر بخواهیم نیروی زیادی را در فاصلهٔ کوتاهی اعمال کنیم، ازاین مکانیسمها استفاده می کنیم. درشکل ۲۱.۳، طول میله‌های ۴ و ۵ مساوی است. فرض کنید P مؤلفهٔ عمودی



شکل ۲۰.۳

نیرویی باشدکه میله ۳ درنقطهٔ C روی پین اعمال می کند. هرگاه زاویهٔ بین BC و O_2C



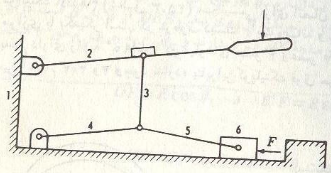
شکل ۲۱.۳

کوچك باشد درآن‌صورت تحلیل نیروها نتیجهٔ زیر را به‌دست می‌دهد

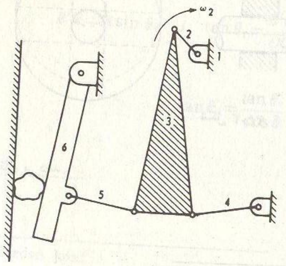
$$F = \frac{P}{2\tan\alpha}$$

بنابراین به‌ازای مقدار مفروض P، با نزدیك‌شدن میله‌های ۴ و ۵ به‌موقعیت هم‌راستایی، نیروی F به‌سرعت افزایش می‌یابد.

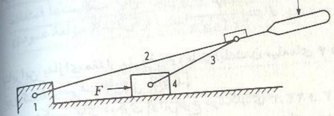
مکانیسمهای دیگری ازاین‌نوع درشکلهای ۲۲.۳ و ۲۳.۳ آمده‌اند. این‌مکانیسمها درقیدهای مفصل زانویی و درماشینهای پرچ و پرسهای سوراخ‌کاری وسنگ‌شکنها به‌کار می‌روند. نمودار سینماتیکی یك سنگ‌شکن درشکل ۲۴.۳ نشان داده شده است.



شکل ۲۲.۳



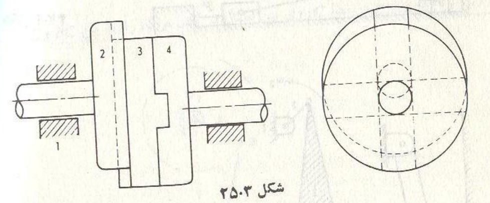
شکل ۲۳.۳



شکل ۲۴.۳

۱۲.۳ کوپلینگ اولدهام[1]

کوپلینگ اولدهام (شکل ۲۵.۳) مکانیسمی برای اتصال دو محور غیر هم‌راستا ولی موازی با یکدیگر است. در هرطرف دیسک ۳ یك زبانه وجود دارد. این زبانه‌ها نسبت به‌هم دارای زاویهٔ °۹۰ اند و در شیارهای عضو ۲ وعضو ۴ می‌لغزند. چون دوران نسبی بین اجسام ۲،۳ و۴ وجود ندارد، بنابراین کوپلینگ فوق حرکت را با نسبت سرعت ثابت



شکل ۲۵.۳

انتقال می دهد.

1. Oldham coupling

۱۳.۳ اتصالهای یونیورسال

اتصالهای یونیورسال برای اتصال محورهای متقاطع به کار می‌روند. نوع متداول آن اتصال کاردان[1] یا هوك[2] است (شکل۲۶.۳). نمودار سینماتیکی این اتصال درشکل۲۷.۳ الف آمده است که درآن زاویهٔ بین محورها δ است. در فاز نشان داده شده، ماهك محور ۲ درصفحهٔ قائم و ماهك محور ۳ درصفحهٔ افقی قرار دارد. عضو واسطه حول‌محورهای BC و DE مفصل شده است. وقتی محور ۳ می‌چرخد نقطهٔ D درمسیر دایره‌ای باشعاع R حرکت می‌کندکه درشکل ۲۷.۳ د نشان داده شده است. وقتی محور ۲ می‌چرخد، نقطهٔ B یك مسیر دایره‌ای را درصفحهٔ تصویر می‌پیمایدکه در شکل ۲۷.۳ ج رسم شده است. اکنون مسیر حرکت نقطهٔ B را درشکل ۲۷.۳ ب درنظر بگیرید. تصویر این‌مسیر روی صفحهٔ قائم دایره‌ای نبوده بلکه بیضوی است و با خط‌چین درشکل ۲۷.۳ د نشان داده شده است. اگر محور ۲ به‌اندازهٔ θ_2 بچرخد، B، مطابق شکل ۲۷.۳ ج، به B' منتقل می‌شود. درشکل ۲۷.۳ د، حرکت B روی بیضی DBE از B به B' است،دراین شکل خطوط OB و OB' در صفحهٔ کاغذ قرار دارند و θ_3 زاویهٔ چرخش محور ۳ است. ازشکل ۲۷.۳ ج داریم

$$OF = R\cos\theta_2 \quad \text{و} \quad B'F = R\sin\theta_2$$

درشکل ۲۷.۳ ب

$$OG = OF\cos\delta = R\cos\theta_2\cos\delta$$

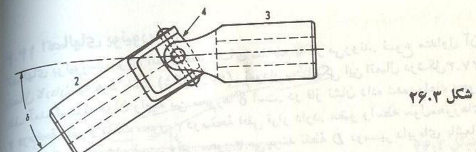
درشکل ۲۷.۳ د، طول $B'G$ معادل طول $B'F$ درشکل ۲۷.۳ ج است. بنابراین

$$B'G = R\sin\theta_2 \quad \text{و} \quad \tan\theta_3 = \frac{B'G}{OG} = \frac{R\sin\theta_2}{R\cos\theta_2\cos\delta}$$

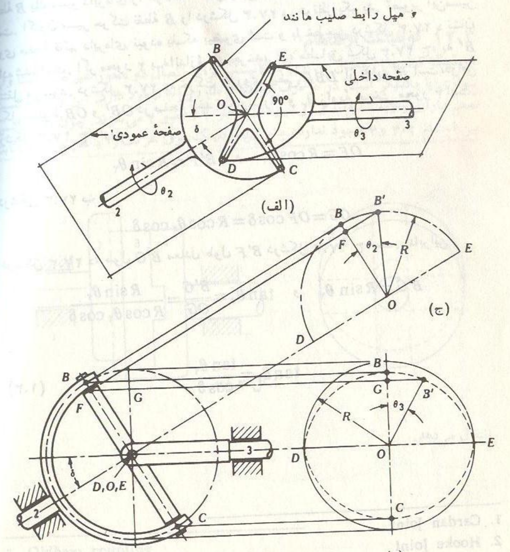
یا

$$\tan\theta_3 = \frac{\tan\theta_2}{\cos\delta} \qquad (۱.۳)$$

1. Cardan Joint
2. Hooke Joint



شکل ۲۶.۳



شکل ۲۷.۳

δ معمولاً ثابت است و ما آن را همین‌طور فرض می‌کنیم. نسبت سرعت زاویه‌ای با مشتق گیری از معادلهٔ (۱.۳) نسبت به‌زمان به‌دست می‌آید. پس

$$\sec^2\theta_3\frac{d\theta_3}{dt}=\frac{\sec^2\theta_2}{\cos\delta}\ \frac{d\theta_2}{dt}$$

اگر داشته باشیم

$$\omega_3=\frac{d\theta_3}{dt}\quad \text{و} \quad \omega_2=\frac{d\theta_2}{dt}$$

پس

$$\frac{\omega_2}{\omega_3}=\frac{\sec^2\theta_3\cos\delta}{\sec^2\theta_2}=\frac{\sec^2\theta_3\cos\delta}{1+\tan^2\theta_2}$$

باجایگزینی معادلهٔ(۱.۳)درمعادلهٔآخر، می‌توان θ_2 را حذف کرد. بنابراین خواهیم‌داشت

$$\frac{\omega_2}{\omega_3}=\frac{\sec^2\theta_3\cos\delta}{1+\tan^2\theta_3\cos^2\delta}=\frac{\cos\delta}{\cos^2\theta_3+\sin^2\theta_3\cos^2\delta}$$

اما داریم $\cos^2\delta=1-\sin^2\delta$. پس

$$\frac{\omega_2}{\omega_3}=\frac{\cos\delta}{1-\sin^2\theta_3\sin^2\delta} \tag{۲.۳}$$

به‌ازای سرعت زاویه‌ای ثابت ω_3، با مشتق گیری از معادلهٔ (۲.۳) نسبت به‌زمان، خواهیم داشت.

$$\alpha_2=\frac{d\omega_2}{dt}=\frac{d}{dt}\left(\frac{\omega_3\cos\delta}{1-\sin^2\theta_3\sin^2\delta}\right)$$

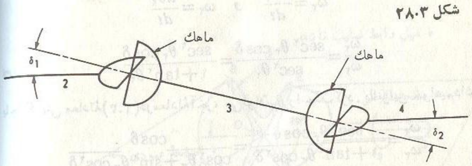
$$=\omega_3\frac{\cos\delta\sin^2\delta(2\sin\theta_3\cos\theta_3)d\theta_3/dt}{(1-\sin^2\theta_3\sin^2\delta)^2}$$

$$=\omega_3^2\frac{\cos\delta\sin^2\delta\sin2\theta_3}{(1-\sin^2\theta_3\sin^2\delta)^2} \tag{۳.۳}$$

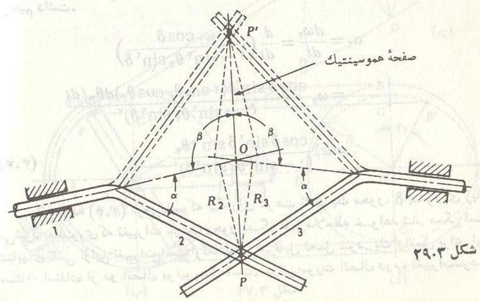
ازمعادلهٔ (۲.۳) درمی‌یابیم که به‌ازای سرعت ثابت یك محور، δ به‌زودی زیاد می‌شود به‌طوری که تغییرات سرعت محور دیگر قابل‌ملاحظه خواهد شد. ممکن است شتابهای ناشی ازاین تغییرات‌باعث ارتعاشهای غیرقابل تحمل شود. یك راه‌حل برای این مسئله، استفاده از دو اتصال یونیورسال است. دراین‌صورت اتصال دوم، تغییرات‌سرعت

به‌وجود آمده توسط اولی را جبران و حذف می کند. شکل ۲۸.۳ یك محرك را که‌دارای دو اتصال یونیورسال است، نشان می‌دهد. محورهای ۲ و ۴ نیازی بـه‌تلاقی نـدارند. برای آنکه اتصال دوم یونیورسال، تغییرات سرعت به‌وجود آمده توسط اولی را جبران کند، به‌طوری که درتمام لحظات $\omega_2/\omega_4 = 1$ باشد، زاویهٔ δ_1 بین محورهای ۲ و ۳ باید مساوی زاویهٔ δ_2 بین محورهای ۳ و ۴ بوده و هنگامی که ماهك ۲ درصفحهٔ ۳ و ۴ است ماهك ۱ در صفحهٔ ۲ و ۳ قرار می گیرد.

شکل ۲۸.۳



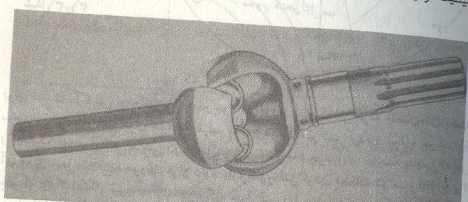
اتصالهای یونیورسال زیادی برای ایجاد یك نسبت سرعت ثابت ابداع شده است. ساده‌ترین آنها (شکل۲۹.۳) دراسباب‌بازیها به کار رفته‌است، و اصول عملکردآن با تمامی اتصالهای یونیورسال سرعت ثابت مشترك است. درشکل فـوق، محورها در نقطهٔ O در



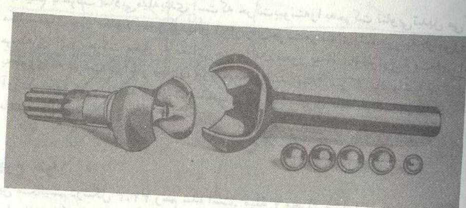
شکل ۲۹.۳

صفحهٔ کاغذ یکدیگر را قطع می کنند و در فاز نشان داده شده، نقطهٔ P نیز در این‌صفحه‌قرار دارد. صفحهٔ عمود برصفحهٔ کاغذ و گذرا ازنقطهٔ P که زاویهٔ بین محورها را نصف‌می کند، صفحهٔ هموسینتیك نامیده می‌شود. نقطهٔ P درتمامی فازها دراین صفحه قرار دارد وچون شعاعهای R_2 و R_3 همواره مساویند محورها سرعت زاویه‌ای مساوی خواهند داشت.

اتصال بندیکس ـ وایز[1] درشکلهای ۳۰.۳ و ۳۱.۳ نشان داده شده است. حرکت از یك محور به‌محور دیگر توسط چهار ساچمه، کـه بین ماهك محورهـا جـای گرفته‌اند، انتقال می‌یابد ساچمه‌روها در ماهك به‌گونه‌ای است که مرکز هر ساچمه همیشه در صفحهٔ هموسینتیك قرار دارد. این موضوع درشکل ۳۱.۳ نشان داده شده است. بنابراین اتصال

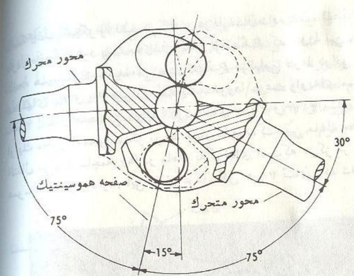


شکل ۳۰.۳ الف



ب

1. Bendix – Weiss joint



شکل ۳۱.۳

فوق نسبت سرعت زاویه‌ای ثابت به‌وجود می‌آورد. مزیت این گونه اتصال آن است که ساچمه‌ها می‌توانند درجای خود به طرف جلو و عقب حـرکت کرده و اجازه حرکت انتها را بدهند، بدون اینکه لغزشی در اتصال هزار خـار به‌وجود آید. ساچمهٔ پنجمی که مرکز آن روی محل تلاقی محورها قرار دارد به منظور قفل کردن قطعات در مـونتاژ و برای جلوگیری از اعمال نیرو به‌انتها درهنگام حمل مورد استفاده قرار می گیرد.

۱۴.۳ مکانیسمهای باحرکت تناوبی

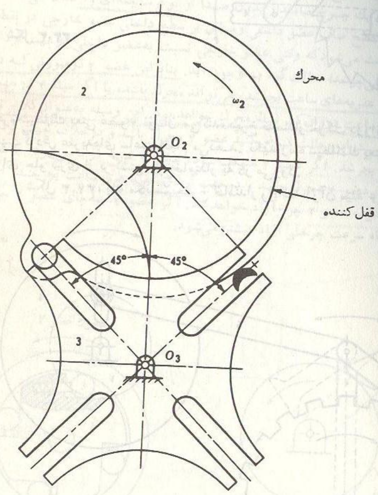
مکانیسم باحرکت تناوبی میله‌بندی است که حرکت‌پیوسته‌را به‌حرکت تناوبی‌تبدیل می کند. مکانیسمهای‌فوق معمولاً درماشینهای ابزاربرای‌حرکت‌مرحله‌ای‌یك‌محور به کار می‌روند. مرحله‌ای کردن حرکت محور به معنای چـرخاندن محور به انـدازهٔ زاویـهٔ مشخص است به‌طوری که سرعت درآغاز وپایان مرحله صفر باشد. مثلاً میز کار یك ماشین‌ابزار برای آوردن قطعه کار جدید به موقعیت مناسب برای ماشینکاری باید حرکت مرحله‌ای داشته باشد.

چرخ جنوا[1]

این مـکانیسم درشکل ۳۲.۳ رسم شده است. میلهٔ ۲ محرك وشامل یـك پین است که در شیارهای میلهٔ متحرك۳ درگیرمی‌شود. شیارها درجایی قرار دارندکه پین به‌صورت‌مماسی

1. Geneva wheel

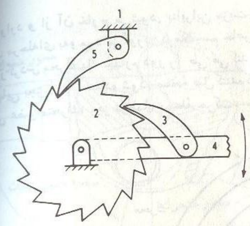
به‌آن وارد و از آن خارج می‌شود. بنابراین مزیت این مکانیسم آن است که بدون‌ضربه، حرکت مرحله‌ای به‌وجود می‌آورد. درمکانیسم خاص شکل ۳۲.۳، عضو متحرك به‌ازای هر دور گردش محرك یك چهارم دور را طی می کند. با این وجود ممکن است از نسبت سرعتهایی بجز ۴:۱ استفاده شود. صفحهٔ قفل کننده‌که روی میلهٔ محرك سوار می‌شود از چرخش عضو متحرك، بجز درطول مرحلهٔ حرکت، جلوگیری می کند.



شکل ۳۲.۳

چرخهای ضامندار

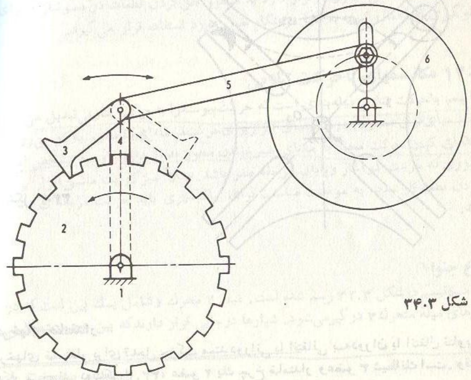
چرخهای ضامندار برای تبدیل حرکت ممتد دورانی یا انتقالی بـه‌دوران یا انتقال تناوبی به‌کار می‌روند. درشکل ۳۳.۳، عضو ۲ یك چرخ ضامندار وعضو ۳ شیطانك است. وقتی



شکل ۳۳.۳

اهرم شیطانك یعنی عضو۴ نوسان می کند، چرخ ضامندار حرکت دورانی تناوبی درخلاف جهت گردش عقربه‌های ساعت انجام می‌دهد. نگهدارنده شیطانك یعنی عضو ۵ اغلب برای جلوگیری از بر گشتن چرخ‌ضامندار به کار می‌رود.

شکل ۳۴.۳، یك مکانیسم چرخ ضامندار را؛ که درآن میلهٔ ۶ یعنی عضو محرك

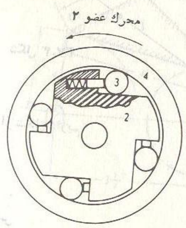


شکل ۳۴.۳

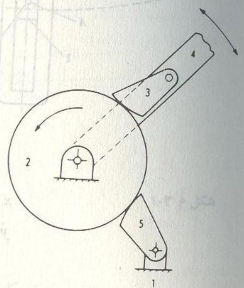
قابل تنظیم است، نشان می‌دهد. با چرخانیدن میلهٔ ۶ دریك جهت، میلهٔ ۴ نوسان می کند وعضو ۲ نیز درخلاف‌جهت گردش عقربه‌های ساعت باحرکت تناوبی می‌چرخد. اگر شیطانك ۳ درموقعیت خطچین قرار گیرد چرخ ضامندار درجهت گردش عقربه‌های ساعت می‌چرخد.

چرخ ضامندار بدون صدا در شکل ۳۵.۳ آمده است، که درآن چرخ ضامندار دندانه ندارد و به گوه‌ای با سطوح هموار متصل است. میلهٔ ۵ شیطانك نگهدارنده است.

شکل ۳۶.۳ یك چرخ ضامندار بدون صدا از نوع ساچمه‌ای را نشان می‌دهد. زاویهٔ کوچك بین سطح صاف عضو داخلی ومماس بر سطح داخلی عضو خارجی در نقطهٔ تماس با ساچمه باعث می‌شودکه وقتی عضو خارجی نسبت به‌عضو داخلی درجهت گردش عقربه‌های ساعت می‌چرخد، حالت گوه به‌وجود آید. بنابراین عضو ۲ درصورتی‌که در خلاف‌جهت گردش عقربه‌های ساعت بچرخد، می‌تواند محرك باشد، یا اگر میلهٔ ۴ درجهت گردش عقربه‌های ساعت دوران کند میلهٔ محرك خواهد بود. این وسیله به‌عنوان کلاچ نیز قابل استفاده است. دراین حالت فرض کنید عضو ۲ محرك باشد و درخلاف جهت گردش عقربه‌های ساعت بچرخد. اگر عضو ۲ متوقف شود، عضو ۴ چرخ آزاد می‌شود. به‌طور مشابه فرض کنید عضو ۴ محرك باشد و درجهت گردش عقربه‌های ساعت بچرخد. اگر عضو ۴ متوقف شود، عضو ۲ چرخ‌آزاد خواهد شد. اگر عضو ۴ به‌جای عضو ۲ چرخ آزاد باشد. آن گاه سرعت چرخش آزاد بیشتر می‌شود.



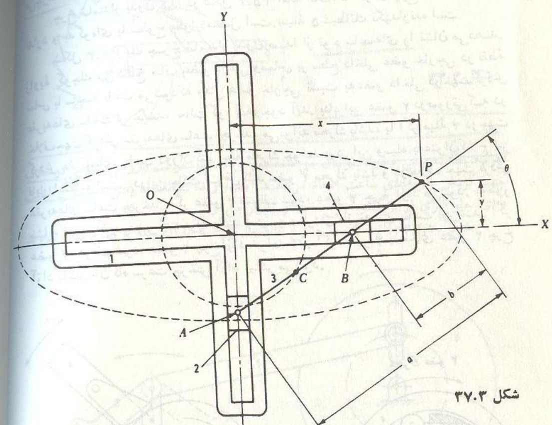
شکل ۳۶.۳



شکل ۳۵.۳

۱۵۰۳ بیضی‌نگار

بیضی نگار (شکل ۳۷۰۳) وسیله‌ای برای رسم بیضی است. میلهٔ ۳ به‌لغزنده‌های ۲ و ۴ مفصل شده است، که درمیلهٔ ۱ می‌لغزند ونقطهٔ P روی یك بیضی حرکت می کند.



شکل ۳۷۰۳

از شکل داریم

$$x = a\cos\theta$$

$$y = b\sin\theta$$

پس

$$\cos^{2}\theta + \sin^{2}\theta = \frac{x^{2}}{a^{2}} + \frac{y^{2}}{b^{2}} = 1 \qquad (۴.۳)$$

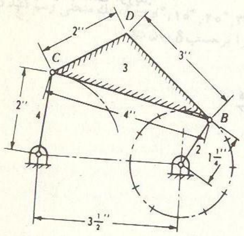
که رابطهٔ بالا معادلهٔ یك بیضی با مرکز مبدأ مختصات است. a نصف قطر بزرگ و b نصف قطر کوچك است. وقتی از وسیلهٔ فوق به‌عنوان بیضی‌نگار استفاده‌می‌شود، مداد در نقطهٔ P قرار می گیرد و طولهای a و b قابل تنظیم‌اند. اگر نقطهٔ P درنقطهٔ C یعنی‌وسط AB قرار گیرد درآن‌صورت a و b مساویند ومعادلهٔ (۴.۳) به‌صورت زیر درمی‌آید

$$x^{2} + y^{2} = a^{2}$$

که معادلهٔ یك دایره به‌شعاع a است.

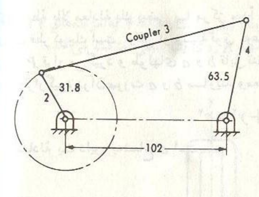
مسائل

۱۰۳ برای مکانیسم لنگ ـ نوسان شکل م ۱.۳، نقطهٔ D را برای هر جابجایی ۳۰° لنگ ۲ به‌دست آورید. منحنی را که از این نقاط می گذرد رسم کنید. راهنمایی: برای‌این کار می‌توانید میلهٔ مثلثی ۳ شامل نقاط B، C و D را ساخته و با خوابانیدن نقطهٔ B در نقاط مشخص وچرخانیدن‌آن برای قرار گرفتن نقطهٔ C روی کمان دایره‌ای، مکان نقطهٔD را مشخص‌کنید. می‌توان با قرار دادن یك سوزن، مسیر حرکت نقطهٔ D را نیز به‌دست آورد.



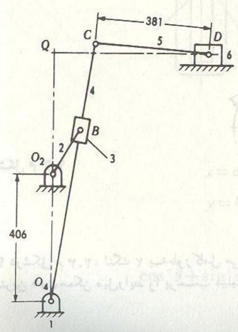
شکل م ۱۰۳

۲۰۳ درشکل م ۲.۳، لنگ ۲ به‌طور کامل می‌چرخد ولنگ ۴ نوسان می کند. کمترین و بیشترین طول ممکن میل‌رابط را برحسب میلیمتر به‌دست آورید.



شکل م ۲.۳

۳.۳ یک مکانیسم صفحه تراش لنگ طراحی کنید که نسبت زمان آن ۱ : ۱٫۷۵ و مقدار حرکت کاری آن ۶۶۰mm باشد (شکل م ۳.۳). همچنین مسیر DQ مسیر حرکت نقطهٔ D است که درمیانهٔ بالاترین و پایینترین موقعیت نقطهٔ C که در امتداد کمانی به‌شعاع O_4C حرکت می کند، قرارمی گیرد. ابعاد ثابت در شکل داده شده‌اند. اندازه‌های O_2B و O_4C و O_4Q را به‌دست آورده و با مقیاس ۱mm = ۱۰mm، مکانیسم فوق را بکشید و اندازه‌های به‌دست‌آمده را به‌صورت‌ترسیمی بررسی کنید. اگر لنگ‌باسرعت‌ثابت ۴۰r/min بچرخد، سرعت متوسط لغزندهٔ ۶ را درحرکت کاری وهمچنین در حرکت برگشت برحسب متر درثانیه به‌دست آورید.



شکل م ۳.۳

۴.۳ یک مکانیسم زودبرگشت ویت‌ورث شبیه شکل ۱۰.۳ طراحی کنید. لنگ محرک در جهت گردش عقربه‌های ساعت باسرعت ثابت و بانسبت زمان ۲ به ۱ می‌چرخد. حرکت آهستهٔ لغزندهٔ ۶ به‌سمت‌چپ است. طول O_2O_4، ۷۶٫۲ mm وطول گامپیمود ۳۴۳mm است. فرض کنید $CD=۳(O_4C)$. توجه: مفصل O_2 ممکن است درپایین یا بالای مفصل O_4 قرار گیرد. مکانیسم را بامقیاس ۱mm = ۶mm رسم کنید و آن را درفازی که لغزندهٔ ۶ درنقطهٔ انتهایی سمت راست قرار دارد نشان دهید و اندازه‌های O_2B و O_4C و CD را به‌دست آورید.

۵.۳ یک‌مکانیسم‌خط ـ مستقیم وات طراحی کنید که خطی تقریباً راست به‌طول ۷۶mm رسم کند. راهنمایی: اندازهٔ اولیه‌ای مثلاً برابر با: $AB=BC=CD=۵۰mm$ فرض کنید. ونقطهٔ D را ۱۰۰mm درسمت راست و ۵۰mm درپایین نقطهٔ A درنظر بگیرید. مسیر حرکت نقطهٔ P را برای جابجاییهای ۱۰°، هرگاه لنگ AB، از پایینترین موقعیت به بالاترین وضعیت‌خود برسد، به‌دست آورید. آنگاه طول تقریبی قسمت خط‌راست را اندازه بگیرید. آن‌را h بنامید ومقدارش را روی شکل مشخص کنید. اندازه‌های مطلوب برابر حاصل‌ضرب اندازه‌های مفروض و نسبت طول خط راست موردنظر به‌طول h خواهد شد.

۶.۳ ازمعادلهٔ (۲.۳) استفاده کنید ونشان دهید که برای سرعت ثابت محور ۲ داریم

$$\frac{\omega_{۳max}-\omega_{۳min}}{\omega_۲}=\sin\delta\tan\delta$$

سپس با استفاده ازمقادیر $\delta = ۰°, ۱۰°, ۲۰°, ۳۰°, ۴۰°$ و ۴۵°، یک منحنی رسم کنید که مقادیر $[۱۰۰\times(\omega_{۳max}-\omega_{۳min})/\omega_۲]$ را برحسب δ بیان کند.