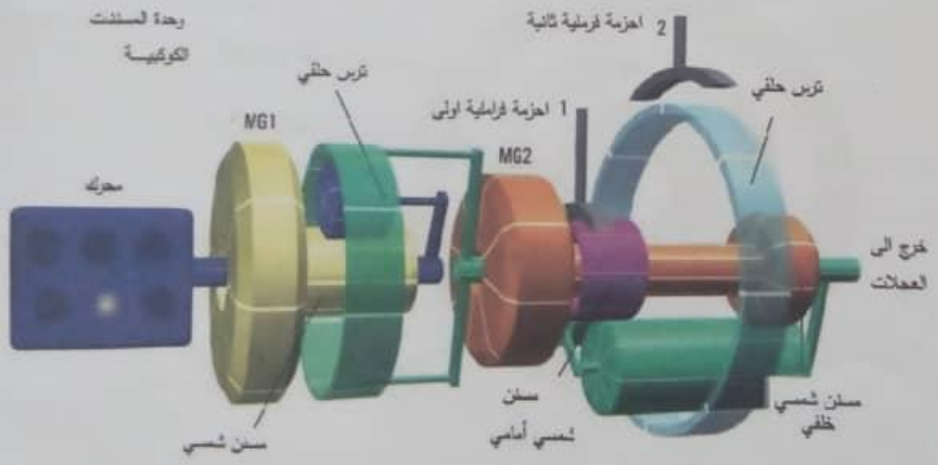
علبة السرعة الأوتوماتيكية

1- فكرة عن أجهزة نقل الحركة آلياً (أوتوماتيكياً):

تؤدّي أجهزة نقل الحركة آلياً (أوتوماتيكياً) في السيارة، أو في علبة السرعة الآلية (الهيدروليكية أو الأوتوماتيكية)، تحديداً الوظيفة نفسها التي تؤديها علبة السرعة العادية، وهي تأمين السرعة، وعزم الدوران المناسبين بحسب ظروف السير. ويكمن الفرق الرئيسي في أن تغيير السرعات، أو تحرير القابض يتمّ هنا بشكل أوتوماتيكي، وهذا ما يسهّل على السائق تنفيذ التعشيقة المناسبة لظروف الحركة، ويقلّل من الجهد المبذول لقيادة السيارة، ويخلّصه من أخطاء التشغيل أثناء العمل اليدوي، ويستجيب لمتطلبات القيادة المريحة، خاصة في ظلّ ما تشهده الطرق من كثافة في حركة المرور. ناهيك عن حالة وتضاريس المنطقة التي تمرّ بها هذه الطرق.

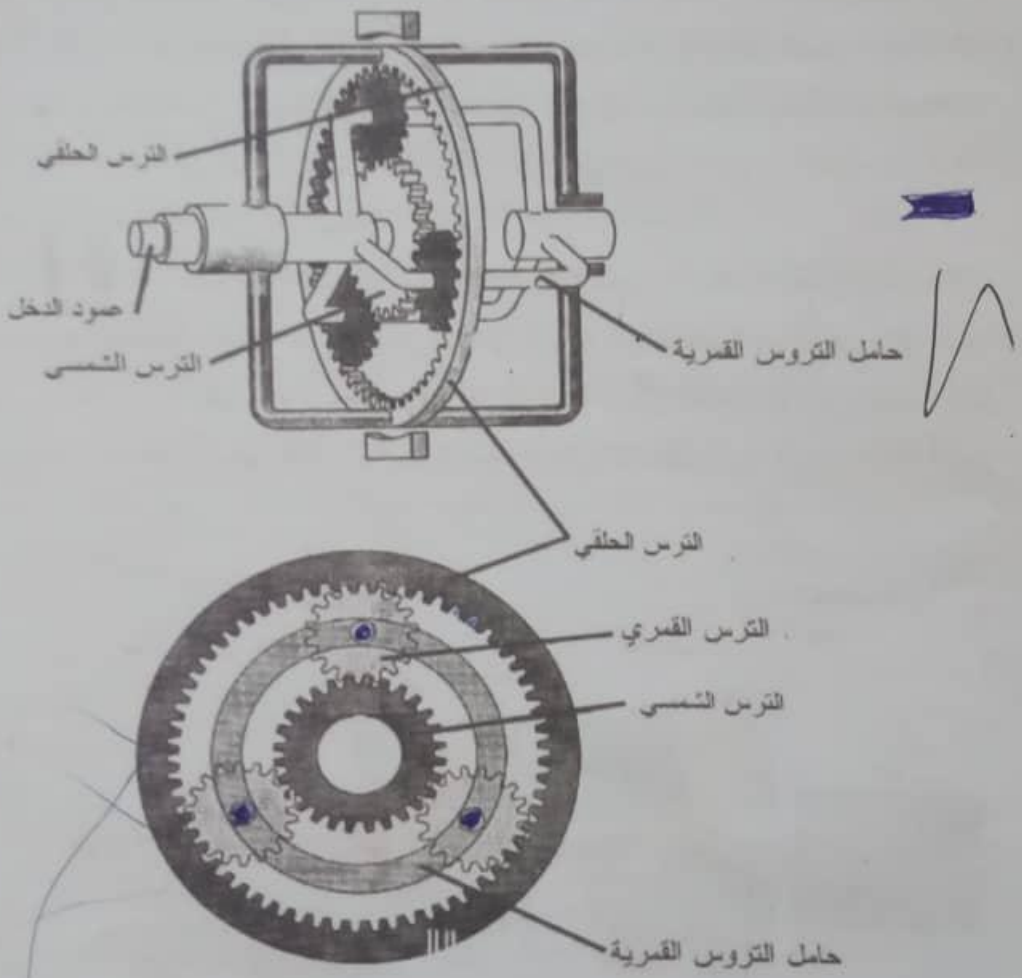
وقد رأينا عند دراستنا لعلبة السرعة العادية كيف أنها تعمل بأعمدة متراصّة بعضها إلى جانب بعض، حيث تستقرّ عليها تروس تتعاشق أزواج منها بعضها مع بعض لتنقل الحركة. وسنرى هنا تروساً تدور حول بعضها في حركة فلكية تسمّى أنظمة التروس الفلكية. تنقل الحركة. وتتصف بتصميم قصير وارتفاع المقدرة على التحميل.



الشكل (3-01): مقطع تمثيلي في علبة السرعة الأوتوماتيكية

2- مجموعة التروس الفلكية Planetary Gear System

تسمّى هذه التروس بالتروس الفلكية لأن عملها وتركيبها شبيه بنظام المجموعة الشمسية، فهي تتألّف من ترس مركزي يسمّى الترس الشمسي Sun Gear تتدحرج على محيطه الخارجي مسنّنات قمرية يتراوح عددها بين 2 و 4، يحملها حامل التروس القمرية (القفص) Planet Carrier. ويحيط بالمجموعة ترس حلقي Internal Ring Gear مسنّن من الداخل. انظر الشكل(3-02).



الشكل (3-02): مجموعة التروس الفلكية التي تشكّل قلب علبة السرعة الفلكية.

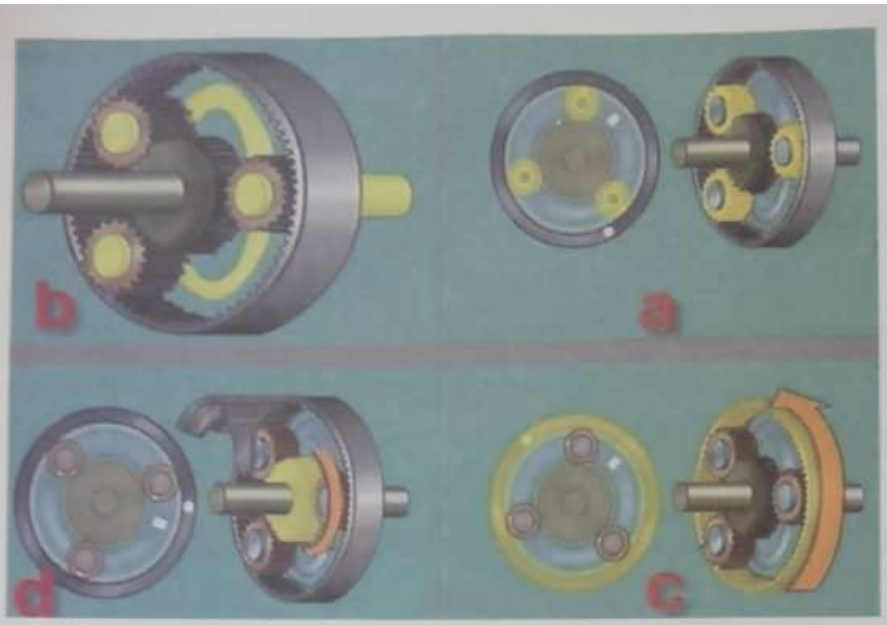
تقوم مجموعة التروس الفلكية بالوظائف الآتية:

- توفير عدّة نسب للتروس للحصول على العزم والسرعة المناسبة طبقاً لظروف التشغيل ومتطلّبات الطريق.
- إعطاء سرعة خلفية.
- إعطاء الوضع المحايد للتروس.

تكون مجموعة التروس الفلكية في حالة تعشيق دائم فيما بينها. أي إن إدارة أي ترس منها تؤثر على التروس الأخرى. وتدور المجموعة كلها على نفس المحور. أي إن عمود الدخل وعمود الخرج لهما نفس المحور. وفي هذه المجموعة يُدار أحد التروس، ويثبت الآخر، وتؤخذ الحركة من الثالث إلى مجموعة نقل الحركة التالية.

إن أيّاً من الأعضاء الثلاثة للمجموعة الفلكية يمكن أن يدور Drive ويجلب الحركة فيسمّى عضواً قائداً، أو عضو الدخل Input Member. وأيّ عضو آخر يمكن أن يُدار Driven ويستلم الحركة فيسمّى عضواً مقوداً،أو عضو الخرج Output Member. وقد يكون أحد هذه التروس مقوداً بالنسبة لترس آخر وقائداً لترس ثالث في نفس الوقت. وهذا أمر معروف أثناء نقل الحركة بواسطة المسنّنات.

ونستعرض فيما يأتي حالات التثبيت الممكنة، وما ينجم عنها، مع الإشارة إلى أن التثبيت يتمّ بوساطة قوابض متعدّدة الأقراص، أو أحزمة فرملة. وسنراها لاحقاً. انظر الشكل (3-03).



الشكل (3-03): مجموعة التروس الفلكية (الكوكبية) في أوضاع تثبيت مختلفة.

آ)- في حالة تثبيت الترس الحلقي: تُدار التروس القمرية بواسطة الترس الشمسي، وتتدحرج على الأسنان الداخلية للترس الحلقي. ويدور حامل التروس القمرية في نفس اتجاه الدوران مع عموده. وبذا يتمّ الحصول على تخفيض كبير في نسبة نقل الحركة.

ب)- في حالة تثبيت الترس الشمسي: تُدار التروس القمرية بوساطة الترس الحلقي. وتتدحرج على الترس الشمسي. ويدور حامل التروس القمرية وعموده في نفس الاتجاه. وبذا يتمّ الحصول على تخفيض أقلّ في نسبة نقل الحركة.

ج)- في حالة تثبيت حامل التروس القمرية: تُدار التروس القمرية حول محورها بوساطة الترس الشمسي. وحيث إن حامل التروس القمرية مثبّت فلا بد لهذه التروس من أن تدور في الاتجاه المعاكس لدوران الترس الشمسي، آخذة معها الترس الحلقي. وبهذا يتمّ الحصول على دوران عكسي (تعشيقة الرجوع إلى الخلف) مع تخفيض للسرعة.

د)- في حالة تثبيت الترس الشمسي مع الترس الحلقي: هنا لا تستطيع التروس القمرية الدوران فتتحرك سوياً مع كل من الترس الشمسي والترس الحلقي. وتكون سرعتا دوران

العمودين القائد والمقود متساويتين. أي إن الوحدة الفلكية تدور كوحدة صلبة متماسكة. (الحالة غير ممثّلة في الشكل أعلاه).

3- علبة السرعة الفلكية:

تشكّل مجموعة التروس الفلكية قلب علبة السرعة الفلكية التي يمكن أن تحوي على أكثر من مجموعة فلكية. وهذا يمكننا من الحصول على عدّة سرعات من علبة السرعة.كما يمكن أن تمرّ السرعة على أكثر من زوج من المسننات، وفي هذه الحالة يتمّ حساب نسبة التخفيض وفقاً للقاعدة الآتية:

نسبة التخفيض = سرعة الدخول/ سرعة الخروج

= عدد أسنان الترس المقود / عدد أسنان الترس القائد

$$I = n_1/n_2 = Z_2/Z_1$$

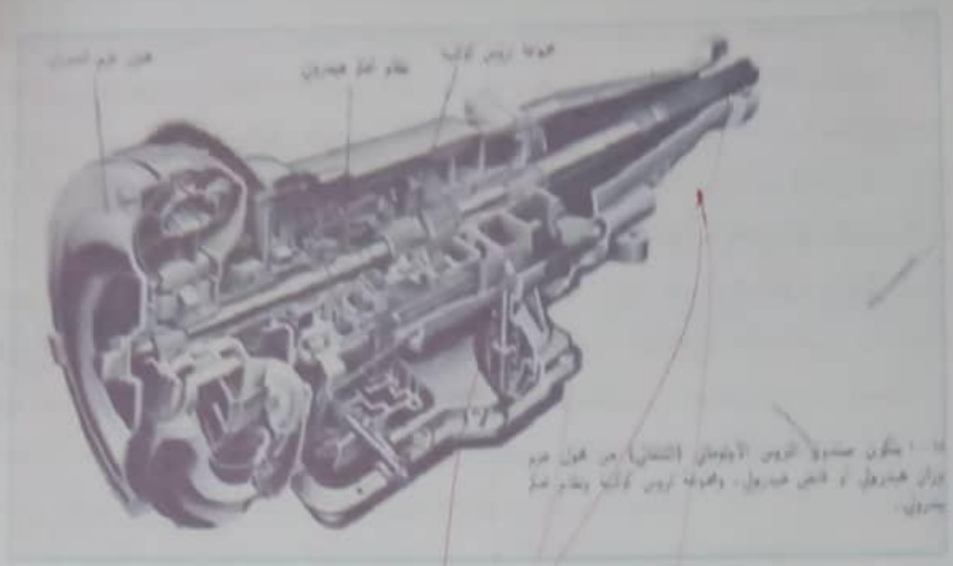
وعندما يكون المسنن القائد أو المقود هو حامل التروس القمرية يعتبر عدد أسنانه هو مجموع أسنان كل من الترس الشمسي والترس الحلقي. فمثلاً عندما يكون المسنن القائد هو المسنن الشمسي (S)، والمسنن المقود هو حامل المسننات القمرية (C)، بينما المسنن الحلقي (H) ثابت تكون نسبة التخفيض:

$$I = n_s/n_c = Z_S+Z_H/Z_S = Z_S/Z_S+Z_H/Z_S = 1+Z_H/Z_S$$

أي إننا اعتبرنا: $Z_C = Z_S+Z_H$

وبالتالي:

$$I = n_s/n_c = Z_C/Z_S$$



الشكل (3-05): مقطع في علبة السرعة الأوتوماتيكية

يمكن تفصيل مكونات علبة السرعة الأوتوماتيكية كالآتي:

1- جسم علبة السرعة يتقدمه مبيت محول العزم، يصنع من سبيكة معدن خفيف مثل الألمنيوم. ويكون قطعة واحدة مع مبيت محول العزم.

2- القابض الهيدروليكي – محول العزم، يركب بعد المحرك مباشرة، ويأخذ حركته من عمود مرفق المحرك. ويملأ بالسائل الخاص به.

3- عمود الدخل، وهو الذي ينقل القدرة من محول العزم إلى الأعضاء المختلفة في مجموعة التروس الفلكية.

4- مضخة الزيت، وهي التي تنتج الضغط لمحول العزم، ولتشغيل مكونات النظام الهيدروليكي.

5- المكابس وأداة التحكم الموازر (السيرفو)، وهي الخاصة بالتأثير على الأطواق وأشرطة الفرامل.

6- وحدة التروس الفلكية، تركّب داخل جسم العلبة. وهي ترس شمسي في المركز، تتدحرج على محيطه الخارجي تروس قمرية صغيرة يحملها قفص،ويحيط بها من الخارج ترس حلقي مسنّن من الداخل.

7- وحدة التحكم الهيدروليكي ، تتألف من خزان ومضخة لتوليد الضغط، وصمامات تؤدي وظائف مختلفة، وقنوات وأنابيب توصل الزيت إلى القوابض ، والفرامل، والمكونات الأخرى لنظام التحكم الهيدروليكي.

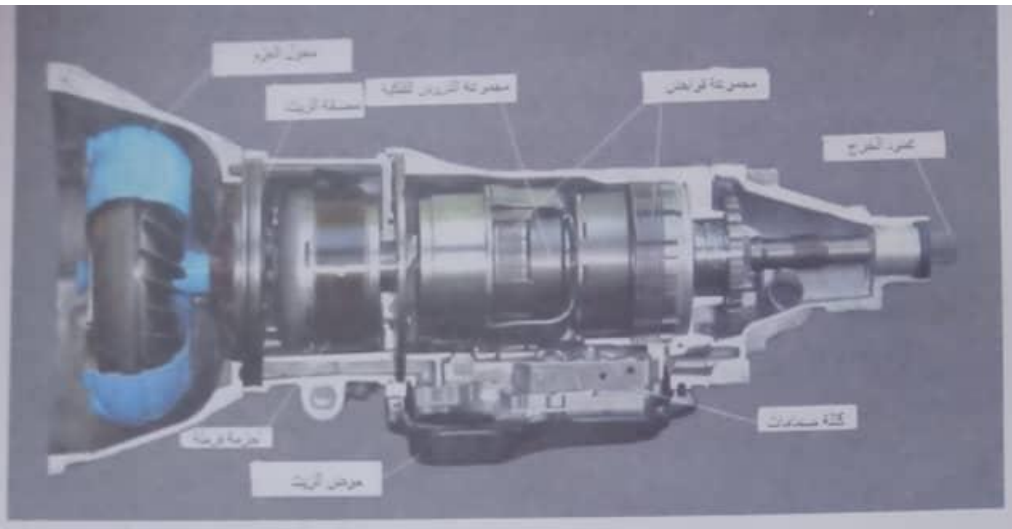
8- التوصيلات اليدوية، تعشّق علبة السرعة الأوتوماتيكية للأعلى وللأسفل أوتوماتيكياً، وهذا يوجب وجود ذراع اختيار ودواسة التسارع.

9- مجموعة من القوابض وأشرطة الفرامل، وهي التي تقوم بتوصيل الحركة أو فصلها لأحد أعضاء مجموعة التروس الفلكية. انظر الشكلين (3-06، 07).

10- الجسم الخلفي لعلبة السرعة، يُصنع عادة من معدن خفيف مثل جسم العلبة، وبه كراسي تحميل لعمود الخرج.

11- الأجزاء الكهربائية، هناك بعض التجهيزات الكهربائية مثل الصمام المغناطيسي للسرعة، ومفتاح الإضاءة للسرعة الخلفية، وصمام منع تشغيل المقلع. إذ أن علبة السرعة الأوتوماتيكية مزوّدة بأدوات تمنع وصول التيار الكهربائي للمقلع عندما تكون ذراع التعشيق على الأوضاع مثل (D، 1، 2،R) حتى لا تنطلق المركبة حال تشغيلها وهي في الأوضاع السابقة،ويسمح للمقلع بالعمل عندما يكون ذراع التعشيق بأحد الوضعين (N،P) فقط. وكذلك هناك مفتاح قريب من ذراع التعشيق عند وضعه في (R) لتشغيل كشافات السرعة الخلفية.

12- عمود الخرج، وهو الذي ينقل عزم المحرك من مجموعة التروس إلى عمود الإدارة (عمود الكردان).



الشكل (3-08) مكونات علبة السرعة الأوتوماتيكية

6- زيت علبة السرعة الأوتوماتيكية:

وهو زيت بترولي بارافيني اسمه الرسمي Automatic Transmission Fluid (ATF) ويختلف قليلاً عن زيت محرك السيارة، وذلك بأنه يجب أن يعمل في درجات حرارة أعلى من درجة حرارة زيت المحرك. كما تضاف إليه بعض المواد المضادة للتأكسد. وهو يعمل، مثله في هذا كمثل زيت المحرك، على تزييت وتنظيف وتبريد أجزاء علبة السرعة الأوتوماتيكية.

زيت علبة السرعة الأوتوماتيكية شفّاف واضح، ولونه أحمر، في الظروف العادية. وإذا ما تغير لونه إلى البني الغامق وجب تغييره. وهناك أنواع خاصة من زيوت علبة السرعة الأوتوماتيكية، وهي زيوت معدنية ذات معامل لزوجة مرتفع، ومقاومة للأكسدة، والبري، والرغوة، والتنظيف. كما تضاف إضافات خاصة لتحسين المواصفات التزيتية ، والتحكم في الاحتكاك.

يعمل الزيت على تقليل، أو منع التآكل بين الأجزاء المحركة، وذلك بتشكيل طبقة بين سطوح هذه الأجزاء ومنعها من الاتصال المباشر، فيغدو الاحتكاك بين الزيت والمعدن، لا بين المعدن والمعدن. ينقل هذا الزيت العزم في القوابض الهيدروليكية ومحوّلات العزم،

ويؤدي وظائف هامة في أجهزة التحكم وأجهزة التحكم المساعدة، وكسائل تزييت وتبريد لكراسي المحاور والتروس وتقليل الاحتكاك في الأطواق و القوابض.
إن استخدام الزيت غير الموصى به لعلبة السرعة الأوتوماتيكية، أو المخلوط بزيت آخر له أثر سلبي على أداء علبة السرعة الأوتوماتيكية.

6-1 وظائف زيت علبة السرعة الأوتوماتيكية:

ينقل الزيت عزم المحرك عبر محوّل العزم إلى أجهزة نقل الحركة دون أي وصل ميكانيكي. وهو يتحرك تحت تأثير ضغط في الدارة الهيدروليكية تؤمّنه مضخات الزيت.
ويقوم الزيت، إجمالاً، بالوظائف الآتية:

- نقل العزم في محوّل العزم.
- تشغيل النظام، و القوابض، والفرامل في علبة السرعة الأوتوماتيكية.
- تزييت التروس الفلكية، والأجزاء المتحركة.
- تبريد الأجزاء المتحركة وتخليصها من الحرارة التي تنشأ عن الاحتكاك.

6-2- الشروط التي يجب أن تتوفر في زيت علبة السرعة الأوتوماتيكية:

- أن يكون ذا مواصفات احتكاك قياسية لسلامة نقل الحركة.
- حماية جيدة ضد البري والتسرب.
- أن يعمل على تخفيض الرغوة ونقص الزيت تحت ظروف التشغيل القاسية.
- الحماية ضدّ تكوين الرواسب عند العمل في درجات الحرارة العالية والخدمة الشاقة.
- تحقيق سهولة أداء عالية لنقل الحركة بثبات وقدرة.
- أن يكون ذا مقاومة عالية للتأكسد مما يؤدي إلى إبقاء أجهزة نقل الحركة نظيفة.
- يستطيع أن يتعامل مع تشكيلة كبيرة من المعادن.
- أن يكون ذا سيولة مناسبة عند درجات الحرارة المنخفضة.

6-3- أضرار انخفاض الزيت في علبة السرعة الأوتوماتيكية:

- دخول الهواء إلى مضخة الزيت ممّا يؤدّي إلى انخفاض الضغط الذي يؤدّي بدوره إلى انزلاق القوابض والفرامل في علبة السرعة الأوتوماتيكية.
- ضعف التزييت.
- عدم وصول الزيت الكافي إلى محوّل العزم ممّا يؤدّي إلى انخفاض في جودة نقل القدرة.
- اضطراب في عمل الأجهزة المساعدة (السيرفو).
- صدور أصوات واهتزازات غير طبيعية تلحق الأذى بعلبة السرعة الأوتوماتيكية.
- خلل في عُمَّل وحدات التحكم الهيدروليكي.

6-4- أضرار زيادة مستوى الزيت في علبة السرعة الأوتوماتيكية:

- التشكل الرغوي في الزيت.
- تسرّب الزيت عبر فتحة التهوية.
- إمكان حدوث انزلاق في العلبة ممّا قد يعطلها.
- وصول الزيت إلى مجموعة القوابض وأحزمة الفرامل عن غير طريق المضخة ممّا يؤدّي مع استمرار الدوران إلى تشكّل فقاعات هوائية.

فائدة فنية يحدث البري المعدني بين سطحين متحركين بالنسبة لبعضهما (متحاكين). ويقاوم بإضافة مواد قادرة على تكوين طبقة رقيقة بين السطوح المتحاكة. بحيث يصبح الاحتكاك بين سطح معدني فالزيت فالسطح المعدني الآخر.
تحدث الرغاوي نتيجة حركة الزيت الدوامية. وهي تؤدي إلى انخفاض الضغط في الدارة، إضافة إلى فوران الزيت وسيلانه، وبالتالي عدم وصول كمية كافية منه إلى مناطق الاحتكاك. ويقاوم هذا العيب بإضافات خاصة.

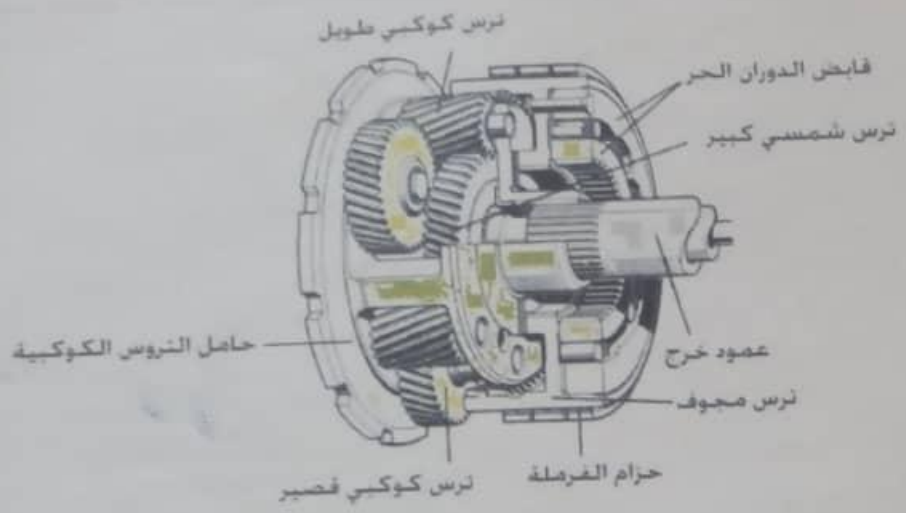
7- مجموعات التروس الفلكية في العلبة:

كانت مجموعة التروس الفلكية تستخدم في أجهزة فوق السرعة. وهي الآن بمثابة القلب في علب السرعات الأوتوماتيكية. وقد رأينا أثناء دراستنا لها أنه بتثبيت الأجزاء المكوّنة

للمجموعة، كلّ على حدة، أو تركها حرّة، يمكن الحصول على نسب نقل مختلفة، دون الحاجة إلى تحريك التروس، أو جلب التشغيل. وتتمّ عملية تغيير السرعة بالتشغيل الهيدروليكي لقوابض أو أشرطة فرامل ذات ترتيبات مناسبة.

يتمّ تشغيل علب السرعات الأوتوماتيكية، سواء كمجموعات قائدة أو مقودة، من نفس أجزاء التركيب. ولا تفي التروس الفلكية البسيطة، هنا بالغرض، لذلك يتمّ تعشيق طاقمين فلكيين على التوالي. ويمكن وضع تصميمات مدمجة لعلبة السرعة بإقران بعض أجزاء التركيب بعضها مع بعض. ويمكن أن توجد الأشكال التصميمية الأتية:

- مجموعتان بسيطتان من التروس الفلكية مصفوفتان على التوالي ويكون لهما نسب نقل مختلفة. وينحصر استعمال هذا النوع من علب التروس فقط عند الحاجة إلى أربع تعشيقات أمامية وتعشيقة خلفية، وأدى تعدد تروس مثل هذه العلب إلى غلاء ثمنها. في هذه المجموعة يدار الترس الشمسي الأمامي، بينما يتصل حامل التروس القمرية الأمامي مع العمود الوسيط، وبالتالي مع الترس الحلقي الخلفي. وتتم الإدارة عبر حامل التروس القمرية الخلفي.
- طاقم رافينو (Ravigneaux)، ويتركّب من مجموعتين بسيطتين من التروس الفلكية، مركّبتين في أصغر حيّز. ويشتمل الطاقم على ترس شمسي أمامي صغير وآخر خلفي أكبر منه، وثلاثة تروس فلكية قصيرة ذوات أقطار كبيرة، وثلاثة أخر طويلة ذوات أقطار أصغر، وترس حلقي واحد.



الشكل (3-09) طاقم رافينو

يكون الترس الشمسي الأمامي المثبّت بعمود الإدارة معشّقاً مع التروس الفلكية الأمامية الكبيرة. وتعشّق هذه بدورها مع التروس الفلكية الخلفية الصغيرة، هذه التي تتعاشق مع كل من الترس الشمسي الخلفي والترس الحلقي المثبّت مع العمود المقود.

- طاقم سيمسون (Simpson) ويتكوّن من مجموعتين بسيطتين من التروس الفلكية، مرتبتين في طاقم مغلق بحيث يشترك الترس الشمسي بينهما، وتتساوى نسب النقل للمجموعتين.

في طاقم سيمسون يكون حامل التروس القمرية في المجموعة الأولى متصلاً بالترس الحلقي للمجموعة الثانية، وكذلك بالعمود المقود (عمود الخرج). واحتواؤها ترساً شمسياً واحداً يجعلها أقلّ كلفة.كما أن التروس القمرية والحلقية متشابهة لكلّ من المجموعتين الأمامية والخلفية.