

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الفرات الأوسط التقنية

المعهد التقني / الديوانية

تصميم صندوق التروس

بحث تخرج مقدم إلى قسم التقنيات الميكانيكية / المعهد التقني في الديوانية وهو جزء من متطلبات نيل شهادة الدبلوم في التقنيات الميكانيكية

بإشراف الدكتورة

فرح كامل

إعداد الطلبة

نبأ مهدي سلطان

ولاء عباس حسين

مصطفى وجدي ورد

مرتضى محمد علي

للعام الدراسي 2018 – 2019

بسم الله الرحمن الرحيم

وفوق كل ذي علم عليم

صدق الله العظيم

الإهداء

الى من خلقني فسوانني الرحمن الرحيم

الى من بدعائه اكرمني الله ابي العزيز

الى من غمرتني بالدفي امي الحنونة

الى سدي واغلى ما في الكون اخوتي واخواتي

الى من بهم اكون وبوجودهم احيا زملائي وزميلاتي

الى من علمتني معنى الصبر مشرفتي الفاضلة

الى كل من قدم الي العون وساندني طوال فترة البحث

الى كل اهلي واصبائي

اهدي ثمرة جهدي المتواضع

الإقرار والشكر

الحمد لله على جزيل أحسانه وقضاء امتنانه وعلى ما
أولانا من النعم التي لاتحصى ولاتعد انه نعم المولى
ونعم النصير ...

كما ونقدم شكرنا وتقديرنا إلى الأستاذة الفاضلة
الدكتورة (فرح كامل) على ما قدمته من مجهود
لإنجاز هذا المشروع.

طلاب المشروع

الفهرس

المحتوى	رقم الصفحة
الخلاصة	1
الفصل الاول (صندوق التروس)	2
مقدمة عن صندوق التروس	3
وظائف صندوق التروس	3
الاجزاء الرئيسية لصندوق التروس	3
انواع صناديق التروس	5
صندوق السرعت الميكانيكية	5
صناديق تروس ذو تعشيق انزلاقي	5
صناديق تروس ذو تعشيق دائم	6
صناديق تروس ذو تعشيق توافقي	6
صناديق السرعات الاوتوماتيكي الهيدروليكي	7
علبة الكرونة او علبة السيتوليك	7
مواد النوايض	7
علبة تروس عجلة الادارة	7
كيفية الحصول على السرعات الامامية والخلفية	8
العيوب التي تحدث لصناديق التروس	8
الفصل الثاني (الحسابات النظرية لتصميم صندوق التروس)	10
مقدمة	11
المكونات الرئيسية لصندوق التروس	11
إجراءات تصميم صندوق التروس (نوع الترس المنزلق)	12
طريقة رسم المخطط البياني الهيكلي	15
الفصل الثالث (الاستنتاجات والتوصيات)	23
الاستنتاجات	24
التوصيات	24
المصادر	25

الخلاصة

ان صندوق التروس في السيارة عبارة عن آلة حركية تزيد أو تقلل قوة عزم الدوران بالسيارة من خلال مجموعة من التروس ذات أحجام مختلفة، حيث ينتج عنه تقليل أو زيادة سرعة الدوران داخل المحرك حسب حاجة سائق السيارة، ويجب الإشارة إلى أن حوالي 90% من صناديق التروس بالسيارات تعتبر خافضة إلى السرعة وليس العكس، ولذلك فإنها تؤدي دور مهم في زيادة عزم الدوران، لكن حوالي 10% منها تعد خافضة إلى العزم ومن ثم فهي تهتم بزيادة السرعة، فإن عزم الدوران يساوي قسمة القدرة على سرعة الدوران.

لذلك يمكن القول بأن عزم الدوران بالمحرك يعتمد على صندوق التروس والذي يعمل على زيادة أو تقليل سرعة الدوران عبر إيصال طاقة الحركة من المحرك إلى محور العجلات، ولذلك تعتبر عجلة التروس وسيلة مثالية إلى توليد العزم أو زيادة سرعة الدوران في السيارات، بالإضافة لأنه يحدد العمر الافتراضي إلى صندوق التروس مدى التحميل على أسنان الترس وكذلك عدد دورات الترس.

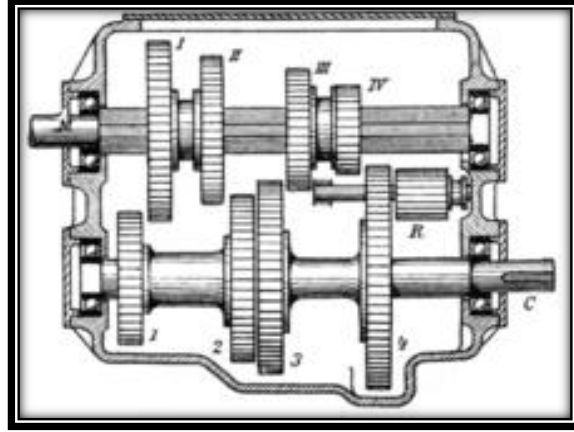
يتضمن البحث اجراء دراسة شاملة عن صندوق التروس ، انواعه ، وظائفه ، الاجزاء المصنوع منها صندوق التروس والحسابات النظرية في تصميمه.

الفصل الأول

صندوق التروس

1-1 مقدمة عن صندوق التروس:

صندوق التروس هو ثاني اجهزة نقل الحركة والذي يأتي مباشرة بعد القابض (شكل 1-1).



شكل (1-1) صندوق التروس

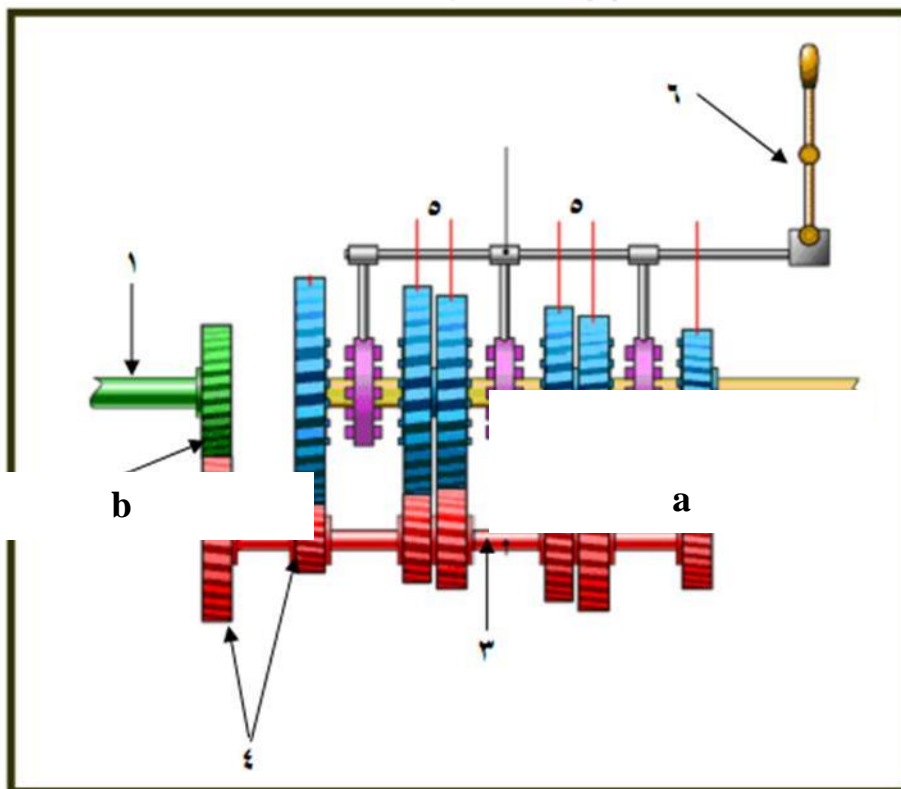
1-2 وظائف صندوق التروس:

1. الحصول على سرعات مختلفة للمركبات لتناسب العمليات المختلفة.
2. تعديل النسبة بين سرعة دوران المحرك وسرعة دوران العجلات الخلفية وذلك للحصول على قوة شد وسرعة اماميه مناسبة.
3. الحصول على السرعه الخلفيه للمركبة وذلك بعكس اتجاه دوران العجلات الخلفيه .
4. فصل حركة المحرك عن العجلات الخلفيه فصلا دائما حتى يمكن إدارة اي مركبة.

1-3 الاجزاء الرئيسية لصندوق التروس

1. عمود إدارة متصل بمرفق المحرك عن طريق القابض
2. عمود تابع متصل بالعجلات الخلفيه للمركبة عن طريق باقي اجهزة نقل الحركة .
3. عمود وسيط او مناوِل ينقل حركة عمود الادارة الى العمود التابع
4. تروس ثابتة تركيب على كل من عمود الاداره والعمود الوسيط
5. تروس انزلاقيه تركيب على العمود التابع
6. ذراع تغيير السرعات ليتحكم في حركة التروس الانزلاقيه المركبه على العمود التابع
7. غلبه تضم بداخلها كل الاجزاء السابق ذكرها وتسمى صندوق التروس

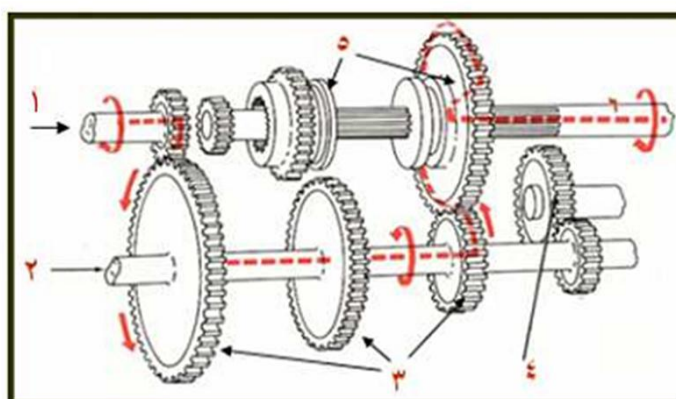
كما موضح في الشكل (1-2).



١- عمود إدارة
٢- عمود تابع
٣- عمود وسيط (مناول)
٤- تروس ثابتة
٥- تروس إنزلاقية
٦- ذراع تغيير السرعات

شكل (1-2) الاجزاء الرئيسيه لصندوق التروس

- ١- عمود إدارة
- ٢- العمود المناول
- ٣- تروس ثابتة
- ٤- تروس السرعة الخلفية
- ٥- تروس إنزلاقية
- ٦- العمود التابع



شكل (3-1) خط سير الحركة داخل صندوق التروس

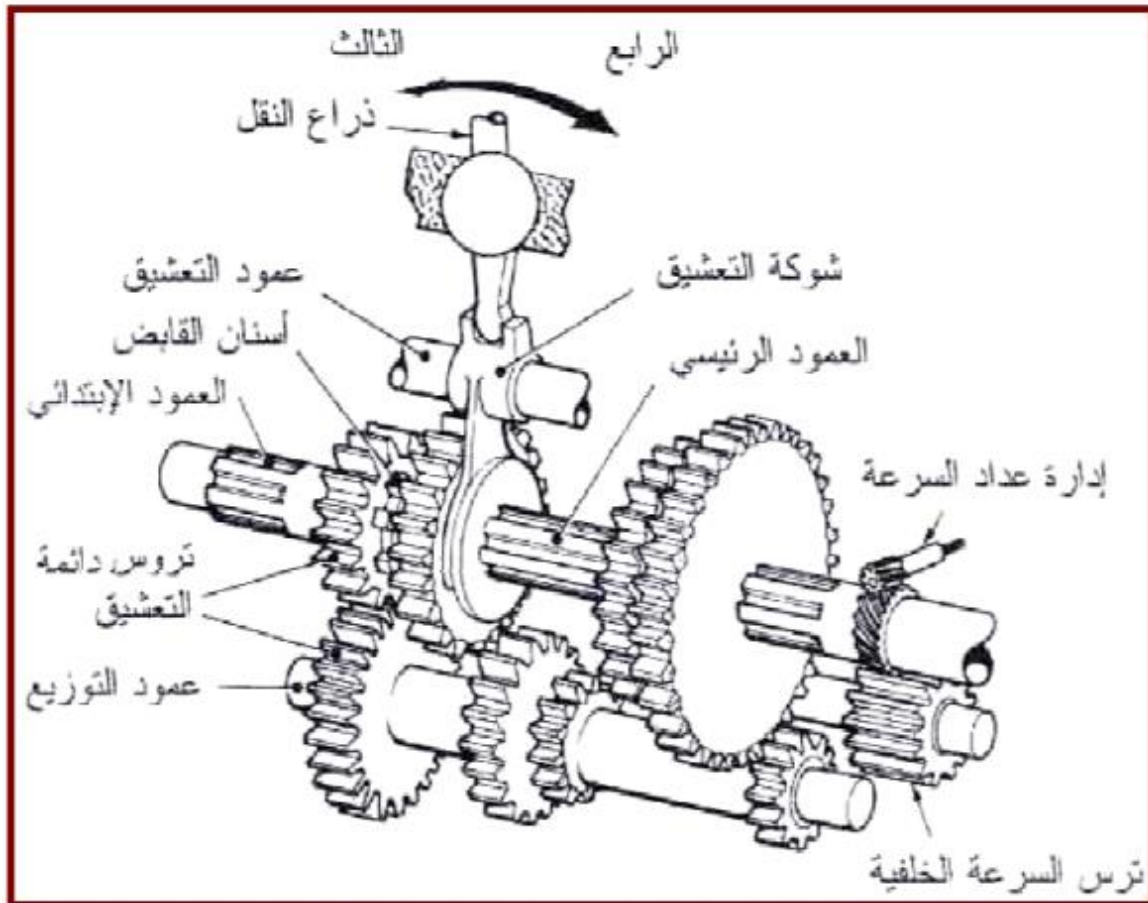
1-4 انواع صناديق التروس:

ان انواع التروس كثيرة تختلف فيما بينها فى شكل السن فمنها ذو سن معتدل ومنها ذو سن مائل وكذلك حلزونية كما يتم تجميع التروس فى اشكال متعددة مثل نقل الحركة من محور اخر فى نفس الاتجاه او تغيير اتجاه الحركة او تغيير السرعة وكذلك يمكن نقل الحركة الدائرية الى حركة خطية ولتحقيق ذلك يتم اختيار نوع الترس وقطرة واسلوب تجميعه كالآتي:

اولا- صندوق السرعة الميكانيكية : ويتكون من مجموعة تروس اسنان عدلة ومركبة على اعمدة ادارة وتنقسم الى صناديق السرعات الميكانيكية الى ثلاث انواع:

أ- صناديق تروس ذو تعشيق انزلاقى

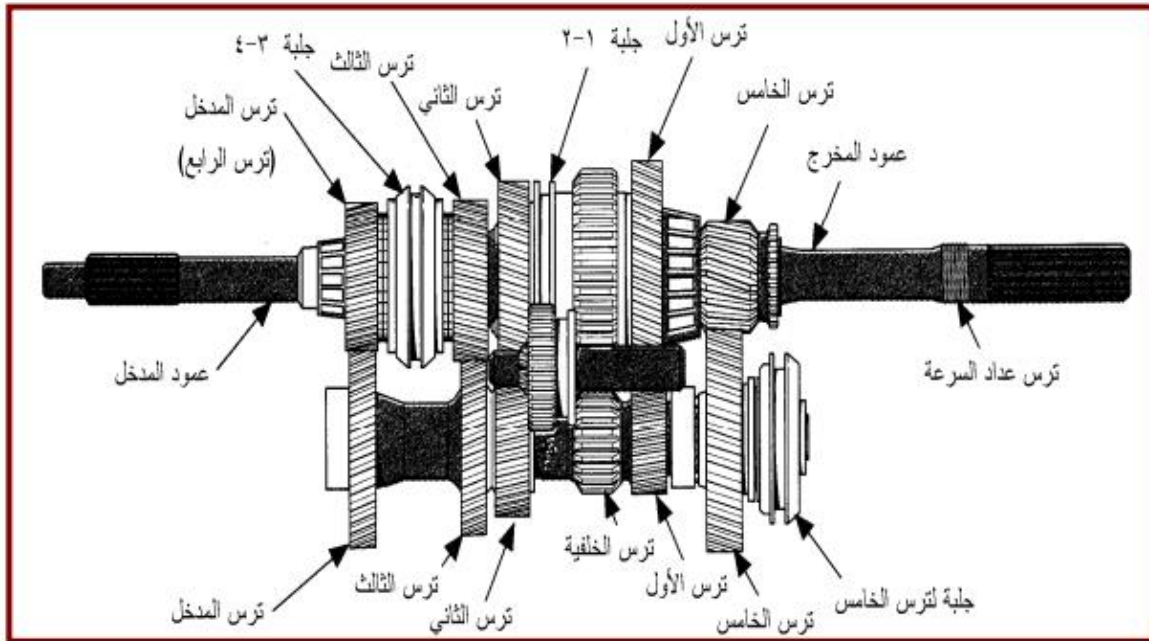
في هذا النوع يتم تحريك رافعة نقل التروس لتعمل على تحريك تروس نقل الحركة الموجودة على العمود الرئيسى الى الامام والى الخلف حتى يمكن تعشيقها مع تروس الادارة (شكل 1-4).



شكل (1-4) صندوق تروس ذو تعشيق انزلاقى

ب- صناديق تروس ذو تعشيق دائم

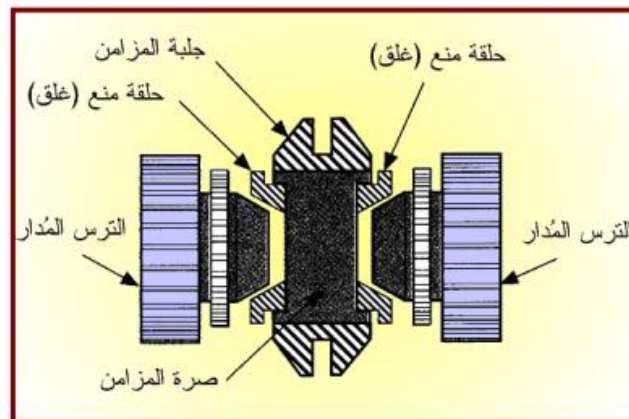
وفى هذا النوع يستخدم قابضان من النوع البسيط ذات الانياب ويتلاحم انياب القابض مع انياب الترس فيتم نقل الحركة والحصول على الاستخدام المطلوب شكل (1-5).



شكل (1-5) صندوق تروس ذو تعشيق دائم

ج- صناديق تروس ذو تعشيق توافقى

وهو النوع الشائع الاستعمال تستخدم وصلات توافقية تعمل على توفيق التروس حتى يمكن نقل السرعات بشكل مريح وهادىء دون الاعتماد على مهارة السائق وتعمل الوصلة التوافقية على توفيق الاسنان التى تشبك بعضها ببعض وبذلك يتم تعشيقها بدون اصطدام بالاضافة الى انة يتم توحيد سرعتين عند طرفى مخروطين يوجد كل منهما على احد العمودين فأذا تحرك احد المخروطين الى الاخر يتم توحيد السرعة بين العمودين وبذلك يتم التعشيق بين التروس بسهولة (شكل 1-6).

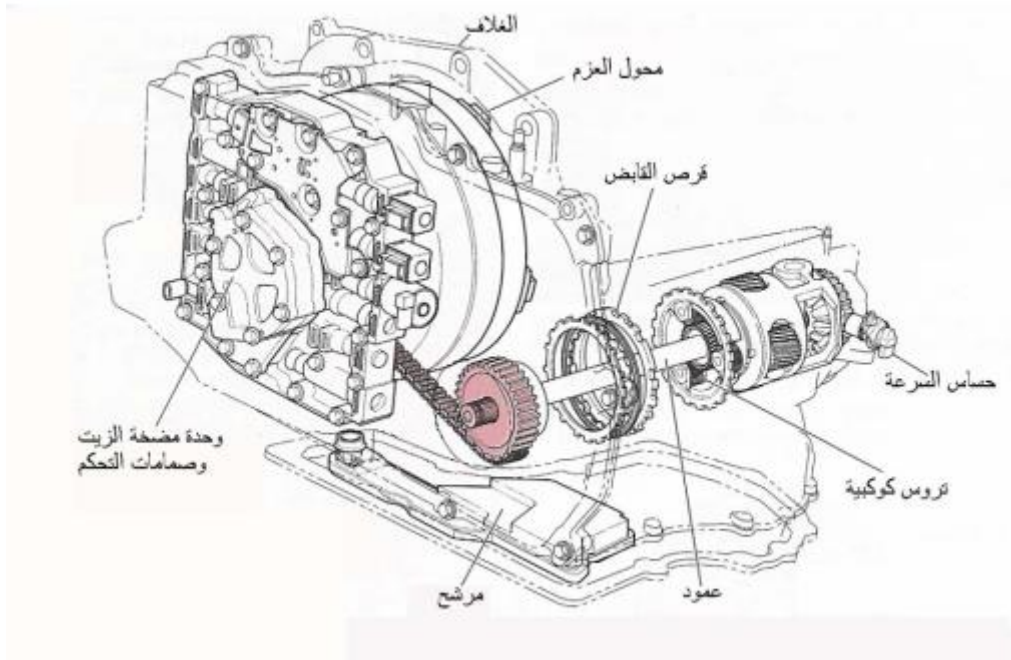


شكل (1-6) صندوق تروس ذو تعشيق توافقى

وجميع هذه الصناديق الثلاثة تتكون من عمود القابض- العمود الرئيسى- وعمود الادارة

ثانياً- صناديق السرعات الاوتوماتيكي الهيدروليكي: وبها مجموعة تروس عدلة ولكنها مجمعة فى مجموعات فلكية وثلاث مجموعات من التروس الفلكية والاجهزة اللازمة لتنظيم حركة هذه المجموعات الفلكية بالاضافة الى مضخى زيت وميزان وصمامات تحكم واسطوانات ذات مكابس لتنظيم ضغط الزيت الخارج من المضخة وتتحرك المكابس عند تغير ضغط الزيت والتحكم فى مجموعات التروس الفلكية.

ان صندوق السرعات الاوتوماتيكي لة اربع او خمس سرعات امامية وسرعة خلفية ويقوم السائق بوضع رافعة السرعات فى وضع القيادة فقد وتقوم وحدة نقل الحركة ذاتيا بنقل السرعة من تروس السرعة الاولى الى الثانية الى الثالثة وهكذا حسب سرعة السيارة وسرعة المحرك وبذلك يتم نقل الحركة اتوماتيكيا دون استخدام رافعة نقل الحركة (شكل 1-7)



شكل (1-7) صندوق السرعات الاوتوماتيكي

ثالثاً- علبة الكرونة او علبة السيتوليك : ويوجد بها تروس مخروطية لنقل الحركة فى اتجاه عمودى لعجلات علبة تروس الكرونة وهى مجموعة تروس فوقية والغرض من هذا النوع من التروس هو علاج فرق المسافة التى تسيرها العجلات الخلفية فى المنحنيات فعندما تسير السيارة حول منحنى فان العجلة الخارجية الخلفية تسير مسافة اكبر من العجلة الداخلية الخلفية وتقوم مجموعة التروس الفرعية بالعمل على دوران العجلات بمقادير مختلفة فى اثناء السير عند المنحنيات وبالتالي تسمح للعجلة الخلفية الخارجية بالسير اسرع من العجلة الداخلية لتعويض فرق المسافة المقطوعة من العجلتين اثناء الدخول فى المنحنيات

رابعاً- علبة تروس عجلة الادارة : ويوجد بها تروس دورية لنقل حركة عجلة الادارة الى توجيه العجلات الامامية للسيارة.

5-1 كيفية الحصول على السرعات الامامية والخلفية

يمكن الحصول على السرعات المختلفة من خلال الخطوات التالية :

1. تشغيل المحرك وبذلك يكون عمود المرفق في حالة حركة .
2. الضغط على دواسة القابض بالقدم اليسرى لفصل حركة المحرك (حركة عمود مرفقة) عن صندوق التروس
3. تعشيق اي سرعة للمركبة (أمامية أو خلفية) حسب المناسب للتشغيل .
4. رفع القدم اليسرى تدريجيا من على دواسة والضغط بالقدم اليمنى على دواسة مزود السرعة لتبدأ المركبة في الحركة .
5. ونفهم ذلك فان بعد إدارة المحرك وتوصيل الحركة للقابض يدور الترس المثبت بعمود الاداره لان هذا الترس معشوق دائما بالترس المثبت في العمود الوسيط , فان هذا العمود الاخير يكون دائم الدوران في هذه الحالة , وبتعشيق ترس واحد منزلق من على العمود التابع مع الترس المناظر له في العمود الوسيط ثم يتصل العمود التابع بالعمود الوسيط وينتج عن هذا الاتصال سرعة معينة تنتقل الى علبة التروس الفرقية ومنها الى العجلات الخلفية للمركبة .

6-1 العيوب التي تحدث لصناديق التروس

1. تسرب زيت التزييت :
 - أ. ارتفاع مستوى زيت التزييت
 - ب. استخدام زيت غير مناسب
 - ت. تلف موانع التسرب
 - ث. وجود شرخ في علبة صندوق التروس
 - ج. عدم إحكام ربط كل من طبه الزيت أو مسامير الربط
2. عدم وجود اي قدرة:
 - أ. انزلاق القابض
 - ب. تآكل أسنان التروس
 - ت. تآكل في شوكة النقل
3. صدور أصوات من صندوق التروس
 - أ. تآكل الكراسي
 - ب. تآكل التروس أو عمود الإدارة
 - ت. عدم استقامة تركيب صندوق التروس

- ث. وجود عيب في قرص الاحتكاك بالقابض
- ج. كبر خلوص التروس على العمود الرئيسي
- ح. زيادة مقدار الحركة

الفصل الثاني
الحسابات النظرية لتصميم
صندوق التروس

2-1 مقدمة

ستم في هذا الفصل توضيح جميع الحسابات الضرورية في تصميم صندوق التروس مثل المكونات الرئيسية لصندوق التروس وإجراءات تصميم صندوق التروس (نوع الترس المنزلق).

2-2 المكونات الرئيسية لصندوق التروس

في أي جهاز يعمل مكونان أو أكثر معا ليلبي الوظيفة المطلوبة. في صندوق التروس هناك أربعة مكونات مطلوبة لأداء وظيفته:

1. عمود الادارة الوسيط

2. عمود الادارة الرئيسي

3. التروس

4. المحامل

1. عمود الادارة الوسيط:

هو عمود يتصل مباشرة بعمود القابض. أنه يحتوي على الترس الذي يربطها بعمود القابض وكذلك العمود الرئيسي. قد يتم تشغيله بسرعة المحرك أو أقل من سرعة المحرك وفقاً لمعدل الترس.

2. عمود الادارة الرئيسي:

هو العمود الذي يعمل بسرعة السيارة. فهو يحمل القدرة من عمود الادارة الوسيط باستخدام التروس وفقاً لنسبة التروس ، فهي تعمل بسرعة مختلفة و عزم دوران مختلف مقارنة بعمود الادارة الوسيط. يرتبط أحد أطراف هذا العمود بالعمود الجامع (universal).

3. التروس:

تستخدم التروس لنقل القدرة من عمود إلى آخر. ويعتبر الترس العنصر الأكثر فائدة في صندوق التروس لأن الاختلاف هو عزم الدوران للعمود الوسيط والعمود الرئيسي ويعتمد على نسبة التروس.

نسبة التروس هي نسبة أسنان التروس المقادة إلى أسنان تروس القائدة. إذا كانت نسبة التروس أكبر من واحد ، فإن العمود الرئيسي يدور بسرعة أقل من عمود الدوران الوسيط ويكون عزم الدوران الرئيسي أعلى من عمود الدوران الوسيط. من ناحية أخرى ، إذا كانت نسبة الترس أقل من واحد ، فإن محور

العجلة الرئيسي يدور بسرعة أعلى من العمود الوسيط ويكون عزم الدوران الرئيسي للعمود أقل من العمود الوسيط. يحتوي صندوق تروس السيارات الصغيرة على نسبة تروس بأربع سرعات ونسبة تروس خلفية واحدة.

4. المحامل:

كلما كانت الحركة دورانية ، تكون المحامل مطلوبة وضرورية لدعم الجزء الدوار وتقليل الاحتكاك. في صندوق التروس ، يتم دعم كل من العمود الوسيط والعمود الرئيسي بواسطة المحمل.

3-2 إجراءات تصميم صندوق التروس (نوع الترس المنزلق)

A. لتصميم المحرك المدرج فإن المعلومات التالية ضرورية:

- أ. أعلى سرعة خارجة
- ب. أدنى سرعة خارجة
- ت. عدد الخطوات (Z)
- ث. عدد المراحل لتحقيق العدد المطلوب من خطوات السرعة.

B. تفكيك خطوات السرعة

يجب تحديد عدد الخطوات (Z) بحيث يمكن تقسيمها إلى مضاعفات 2 و 3. وبالتالي ، فإن القيم المحددة من Z هي: 6،8،9،10،12،14،16،18

C. الرسم البياني الهيكلي الذي يعطي معلومات حول:

- أ. عدد الاعمدة في صندوق التروس
- ب. عدد التروس على كل عمود
- ت. ترتيب تغيير ناقل الحركة في مجموعات فردية للحصول على السرعة المطلوبة.
- ث. مدى النقل
- ج. خصائص المجموعة

هناك مجموعة نقاط يجب ان تؤخذ في الاعتبار لأكمال اجراءات الرسم البياني الهيكلي:

1. عدد التروس على العمود الاخير يجب ان تكون اقل ما يمكن.
2. نسبة تخفيض السرعة بين عمود الدوران والعمود السابق يجب ان تكون اعلى ما يمكن.
3. يجب ألا يزيد عدد التروس على أي عمود عن ثلاثة ، ويمكن أن يكون أربعة في حالة استثنائية.
4. $i_{max} \times i_{min} = 1$ على الاقل للابعد النصف قطرية لصندوق التروس، هذا ممكن عن طريق جعل محاور الأعمدة المجاورة متزامنة ، أي متحدة المحور. يكون ذلك ممكناً عندما تكون التخفيضات القصوى للسرعة مساوية للزيادة القصوى للسرعة.

طريقة رسم المخطط البياني الهيكلي:

1. إذا كانت $n =$ عدد مجموعات النقل، فقم برسم خطوط عمودية $(n + 1)$ على مسافة مناسبة. هنا الخط العمودي الأول يمثل النقل من عمود المحرك ، والباقي يمثل مجموعة نقل صندوق السرعة.
2. ارسم أيًا من الخطوط الأفقية التي تتقاطع مع الخطوط العمودية على مسافة $\log \emptyset$ من بعضها البعض. عدد الخطوط الأفقية يساوي عدد خطوات السرعة (Z) . يجب أن يكون التباعد بين الخطوط الأفقية متساوياً بحيث يكون الفاصل الزمني بين سرعات عمود الدوران مناسب. في التطبيق العملي، يتم أخذ المسافة بين الخطوط الأفقية المجاورة مساوية إلى \emptyset بدون \log .
3. ارسم خطاً يربط العمود الأول ذي السرعة المعروفة والعمود الثاني للسرعة الداخلة المحسوبة. تخفيض السرعة بين العمود الأول والثاني يكون عادة من خلال الحزام القائد.
4. من العمود الثاني خطوط متباعدة عند نقطة السرعة الداخلة تربط العمود الثالث. سيكون عدد الخطوط مساوياً لعدد النقل. سيكون الحد الأقصى للتباعد بين الخطوط الموجودة على العمود الثالث وفقاً لمجال النقل المحسوب بين هذين العمودين ، $\emptyset^1, \emptyset^2, \emptyset^4, \emptyset^6, \dots$ إلخ.
5. من العمود الثالث لجميع المجموعات ارسم خطوط متباعدة ، وجود أقصى تباعد على العمود الرابع حسب القيمة المحسوبة لمجال نقل المجموعات.

مثال تطبيقي (1):

صمم صندوق تروس لمكينة تعطي 12 سرعة تتراوح بين 31.5 دورة في الدقيقة إلى 2000 دورة في الدقيقة. يتم توفير الطاقة بواسطة محرك كهربائي بقوة 10 كيلو واط ، يعمل عند 1440 دورة في الدقيقة ، من خلال محرك ذو حزام على شكل حرف V مع تقليل السرعة بنسبة 1.44 اوجد:

المعطيات: $Z = 12, N_{max} = 2000 \text{ rpm}, N_{min} = 31.5 \text{ rpm}, N = 3, N_m = 1440 \text{ rpm}$

النقل من عمود المحرك إلى العمود الأول من علبة التروس هو 1.44

الحل:

الصيغة الهيكلية:

$$Z = 2(1) 3(2) 2(6)$$

1. إذا تم تقليل سرعة المحرك عبر محرك حزام أو مجموعة تروس قبل الدخول إلى صندوق التروس ، ارسم $N + 2$ خطوطاً عمودية. إذا لم يكن كذلك ، ارسم $N + 1$ خطوطاً عمودية.
2. تسمية الأعمدة على الخطوط العمودية. إذا كان هناك انخفاض في سرعة المحرك ، فابدأ بتسمية الأعمدة من الخط العمودي الثاني على اليسار.
3. ارسم $Z + 1$ خطوط أفقية.
4. حدد جميع السرعات المحسوبة على العمود الأخير (الخط الموجود على اليمين)
5. ارسم المرحلة الثالثة $2(6) = 2 \text{ rays with } 6 \text{ speed steps}$
 - حدد نقطة عند الحد الأدنى للسرعة (31.5).
 - انتقل 6 خطوات (حتى 250) وقم بوضع علامة على نقطة أخرى (تذكر ان اثنين من الأشعة تأخذ نقطتان).
 - حساب $126 = 0.25 / 31.5$.
 - حدد أقرب سرعة أقل إلى 126 ، وهو 125.
 - هل السرعة التي تم الحصول عليها (125) أعلى من السرعة عند النقطة الثانية (250)؟ إذا كانت الإجابة "لا" ، فقم بوضع علامة على السرعة (125) على العمود 3 ، إذا كانت الإجابة بنعم ، فاختر قيمة أعلى من 0.25 توضح النقطة الموجودة في Shaft III بين النقطتين المحددتين على Shaft IV.
 - قم بتوصيل النقاط المحددة بالخطوط (انظر الخطوط الزرقاء).

ملاحظة: لماذا 0.25؟ بالنسبة لصندوق التروس المدمجة ذات المسافة الشعاعية المناسبة بين الأعمدة ، يجب أن تكون نسبة النقل بين أي عمودين ضمن النطاق:

$$0.5 \leq i \leq 4$$

6. ارسم المرحلة الثانية 3(2)= 3 rays with 2 speed steps

- من النقطة الموجودة على Shaft III ، حدد نقطتين أخريين بخطوتين نحو الاعلى. (تذكر 3 أشعة 3 نقاط على العمود الثالث).
- احسب $500 = 0.25 / 125$.
- حدد نقطة عند 500 على Shaft II.
- ربط ثلاثة خطوط كما هو مبين (3 خطوط خضراء).

7. ارسم المرحلة الأولى 2(1)= 2 rays with 1 speed step

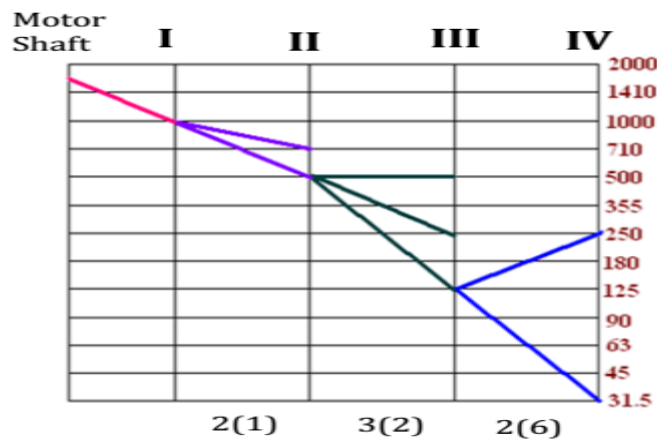
- من النقطة الموجودة على Shaft II ، حدد نقطاً أخرى بخطوة واحدة الى الاعلى
- حساب سرعة العمود الأول:

$$\frac{N_m}{i_{belt}} = \frac{1440}{1.44} = 1000$$

- حدد نقطة عند 1000 على Shaft I.

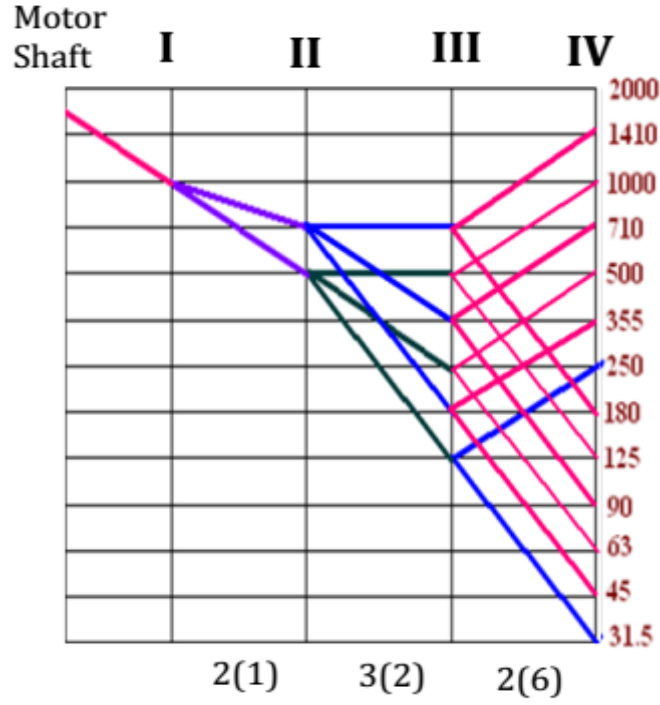
- قم بتوصيل خطين كما هو موضح (خطان أرجوانيان)

8. ارسم خطاً من النقطة الموجودة على العمود I إلى نقطة سرعة عمود المحرك. (انظر الخط الوردي).



شكل (2-1) المخطط الشعاعي

على غرار المخطط الشعاعي ، ارسم الأشعة المتبقية وفقاً للصيغة الهيكلية ، كما هو موضح ادناه:



شكل (2-2) مخطط السرعة

مثال تطبيقي (2):

- صمم صندوق تروس لمكبنة تعطي 16 سرعة تتراوح بين 50 دورة في الدقيقة إلى 1600 دورة في الدقيقة. يتم توفير الطاقة بواسطة محرك كهربائي بقوة 10 كيلو واط ، يعمل عند 1440 دورة في الدقيقة ، من خلال محرك ذو حزام على شكل حرف V مع تقليل السرعة بنسبة 2: 1 اوجد:

(I) عدد الأسنان على كل ترس.

(II) نسبة التباين في السرعة.

الحل:

1. اختيار السرعة القياسية

$$N_{\max} = 1600$$

$$N_{\min} = 50$$

$$Z = 16$$

$$\phi = \left[\frac{N_{\max}}{N_{\min}} \right]^{\frac{1}{Z-1}}$$

$$\phi = \left[\frac{1600}{50} \right]^{\frac{1}{16-1}}$$

$$= 1.259 \approx 1.25$$

2. عندما $\phi = 1.25$ فإن السرعات القياسية هي

50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250,
1600 rpm

3. المخطط الهيكلي

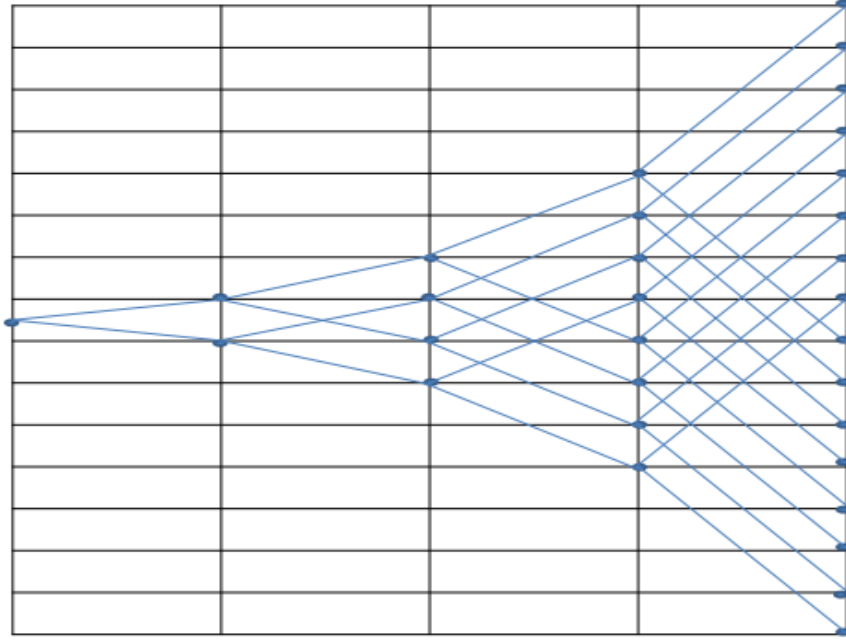
$$Z=16 = 2*2*2*2$$

$$P_1=P_2=P_3=P_4=2$$

$$\text{here } X_1=1, X_2=P_1=2, X_3=P_1 P_2=4, X_4=P_1 P_2 P_3=8$$

∴ الصيغة الهيكلية

$$Z= 2(1) 2(2) 2(4) 2(8)$$

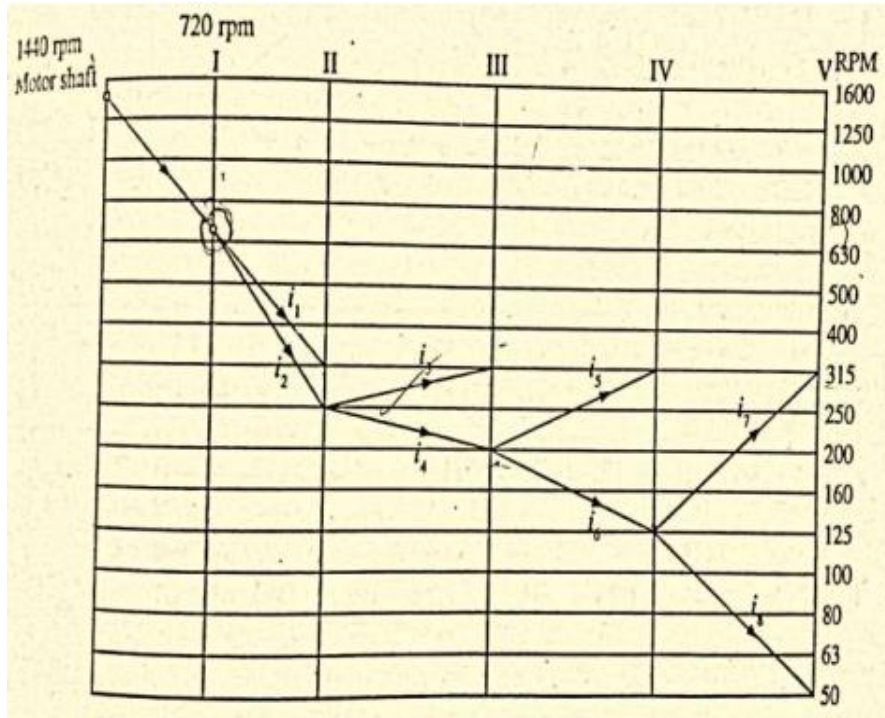


شكل (2-1) الصيغة الهيكلية

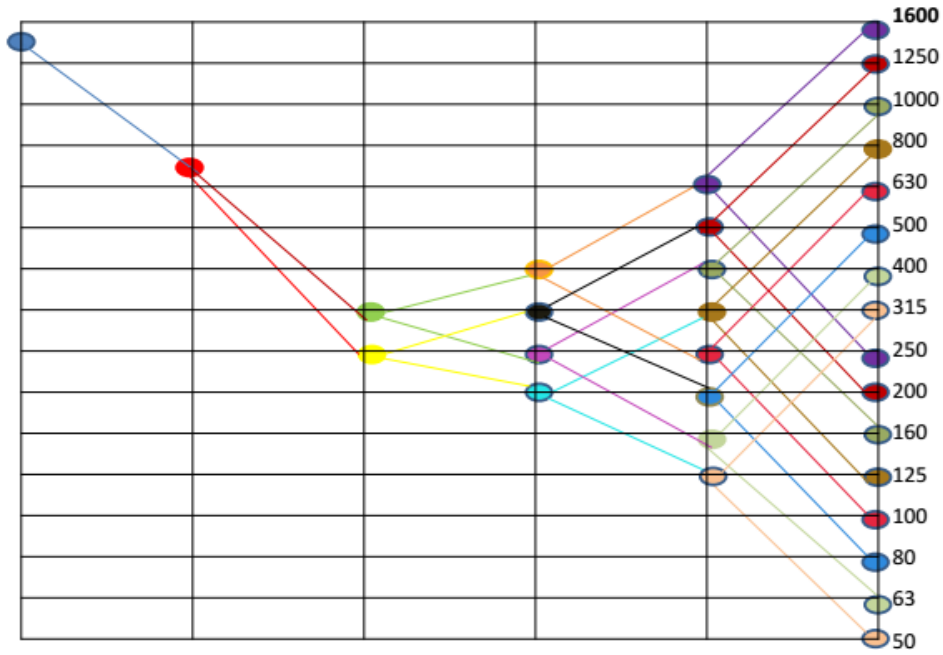
4. مخطط السرعة

هنا يتم تزويد الطاقة إلى عمود الإدخال من خلال حزام القيادة

$$720 = \frac{1440}{2} = \frac{N_{motor}}{\text{Speed Ratio}} = \text{سرعة عمود الإدخال} = \text{سرعة المحرك} / \text{نسبة السرعة}$$



شكل (2-2) المخطط الشعاعي



شكل (2-3) مخطط السرعة

5. تحديد عدد الأسنان على التروس بين العمودين 1 و 2

$$i_1 = \frac{315}{720} = \frac{1}{2.285} = \frac{21}{47.98} = \frac{22}{48} = \frac{Z_1}{Z'_1}$$

$$Z_1 = 22 \quad Z'_1 = 48 \quad (Z_1 + Z'_1 = 70)$$

$$i_2 = \frac{250}{720} = \frac{1}{2.88} = \frac{18}{51.84} = \frac{18}{52} = \frac{Z_2}{Z'_2}$$

$$Z_2 = 18 \quad Z'_2 = 52$$

وبنفس الطريقة نجد عدد الأسنان على التروس بين العمودين 2 و 3

$$Z_3 = 32 \quad Z'_3 = 25 \quad (Z_3 + Z'_3 = 57)$$

$$Z_4 = 25 \quad Z'_4 = 32 \quad (Z_4 + Z'_4 = 57)$$

وايضا بين العمودين 3 و 4

$$Z_5 = 32 \quad Z'_5 = 20 \quad (Z_5 + Z'_5 = 52)$$

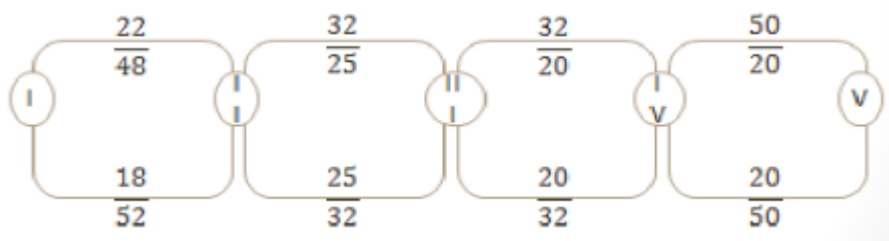
$$Z_6 = 20 \quad Z'_6 = 32 \quad (Z_6 + Z'_6 = 52)$$

وايضا بين العمودين 4 و 5

$$Z_7 = 50 \quad Z'_7 = 20 \quad (Z_7 + Z'_7 = 70)$$

$$Z_8 = 20 \quad Z'_8 = 50 \quad (Z_8 + Z'_8 = 70)$$

6.



7. نسبة التباين في السرعات

Sr No	Available Speed (rpm)	Selected Speed	% Variation
1	$720 * \frac{22}{48} * \frac{32}{25} * \frac{32}{20} * \frac{50}{20} = 1689.6$	1600	+5.06
2	$720 * \frac{18}{52} * \frac{32}{25} * \frac{32}{20} * \frac{50}{20} = 1276$	1250	+2.08
3	$720 * \frac{22}{48} * \frac{32}{25} * \frac{32}{20} * \frac{20}{50} = 270.32$	250	+8.12

Sr No	Available Speed (rpm)	Selected Speed	% Variation
4	204.1	160	+2.05
5	1031.25	1000	+3.125
6	165	160	+3.125
7	778.84	800	-0.145
8	124.6	125	-0.32
9	660	630	+4.76

Sr No	Available Speed (rpm)	Selected Speed	% Variation
10	105.6	100	+5.6
11	498.46	500	-0.30
12	79.75	80	-0.31
13	402.83	400	+0.707
14	64.45	63	+2.30
15	304.2	315	-3.66
16	48.67	50	-2.66

اذن تباين السرعة المسموح بها هو

$$\pm 10\% [1 - \emptyset]$$

$$\pm 10\% [1 - 1.25]$$

$$\pm 2.5\%$$

أي الحد الأقصى 5 % التباين

هنا يكون تباين النسبة المئوية أكثر أو أقل ضمن القيمة المسموح بها

الفصل الرابع

الاستنتاجات والتوصيات

4-1 الاستنتاجات

- (1) يعد صندوق التروس ضروريًا لنظام النقل للحفاظ على سرعة المحرك بأقل قيمة اقتصادية في جميع ظروف حركة السيارة.
- (2) صندوق التروس المثالي من شأنه أن يوفر مجموعة لا حصر لها من نسب التروس بحيث يجب الحفاظ على سرعة المحرك في أو بالقرب من أن أقصى طاقة تم تطويرها مهما كانت سرعة السيارة.
- (3) تكون نسبة عزم الدوران بين المحرك والعجلات متنوعة من أجل التسارع السريع وتسلق التدرجات.
- (4) يوفر وسيلة لعكس حركة السيارة.
- (5) يمكن فصل ناقل الحركة من المحرك عن طريق الموضع المحايد لعلبة التروس
- (6) يستخدم مخطط راي لتحديد نسبة الانتقال بين عمودين متتاليين. حيث يتم رسم الأشعة من أدنى سرعة في العمود الأخير.

4-2 التوصيات

- (1) تصميم صندوق التروس باستخدام إحدى طرق البرمجة حيث إن التصميم المؤتمت يسهل عمل مكاتب التصميم في الشركات و المصانع و بمختلف القطاعات الصناعية باعتباره يساهم في اختصار زمن التصميم الكلي و يقلل من تكاليف أجور التصميم بشكل واضح كما يحقق قيمة مضافة كبيرة للعاملين بهذا المجال.

- 1) Mohamed Ibrahim Shaat, mechanical design DPE 301, 2018.
- 2) Mr. Satish Makwana & ass. Professor s.v.m.i.t, Bharuch, machine design, 2011.
- 3) Kapil Vadiyar, Transmission System (Gear Box) Automobile Engineering, 2013.
- 4) Prof. K.Gopinath & Prof. M.M.Mayuram, Machine Design II, 2000.