الباب الرابع

أجهزة نقل الحركة

Power transmission system

- القابض أو الدبرياج .
- صندوق التروس أو تغيير السرعات .
- جهاز النقل العمودي والجهاز الفرقي .
- أجهزة النقل النهائي .
- أمثلة محلولة
- أسئلة وتمارين

أجهزة نقل الحركة

Power transmission system

سبق أن درسنا في الأبواب السابقة نظرية عمل المحرك والأجزاء المكونة له وكيف يمكن تحويل الطاقة الحرارية للوقود إلى طاقة ميكانيكية على عمود الكرنك بالنسبة للمحرك ولاستغلال هذه الطاقة إلى أجهزة استغلال القدرة للجرار وهي العجل الخلفي للجرار أو الكتينة – طارة الإدارة – عمود الإدارة الخلفي – - جهاز الرفع الهيدروليكي – وقضيب الشد.

وجهاز نقل الحركة يلي المحرك مباشرة وهو يتكون من الأجزاء التالية بالترتيب (شكل ٥٣) القابض أو الدبرياج – صندوق الترس- جهاز النقل العمودي والجهاز القرفي - النقل النهائي ، وكذلك يشمل جهاز نقل الحركة الأجهزة التي تنقل حركة المحرك إلى طارة الإدارة والعمود الخلفي للجرار والجهاز الهيدروليكي.

القابض أو الدبرياج (شكل ٥٤) : Clutch

ويلي المحرك مباشرة بعد الحافة ووظيفته وصل أو فصل حركة عمود الكرنك عن بقية جهاز نقل الحركة . ويتكون القابض كما هو موضح في الشكل (٥٤) من قرص ضغط مصنوع من الصلب مثبت في حدافة المحرك بعدد من المسامير وهو حر الحركة حول عمود القابض ويوجد بين قرص الضغط هذا وطارة المحرك قرص آخر مصنوع من الصلب مثبت على سطحه بطانة احتكاك وهو مصنوعة من الاسبستوس والقطن وأسلاك النحاس مما يكسب القرص مقاومة عالية للتآكل

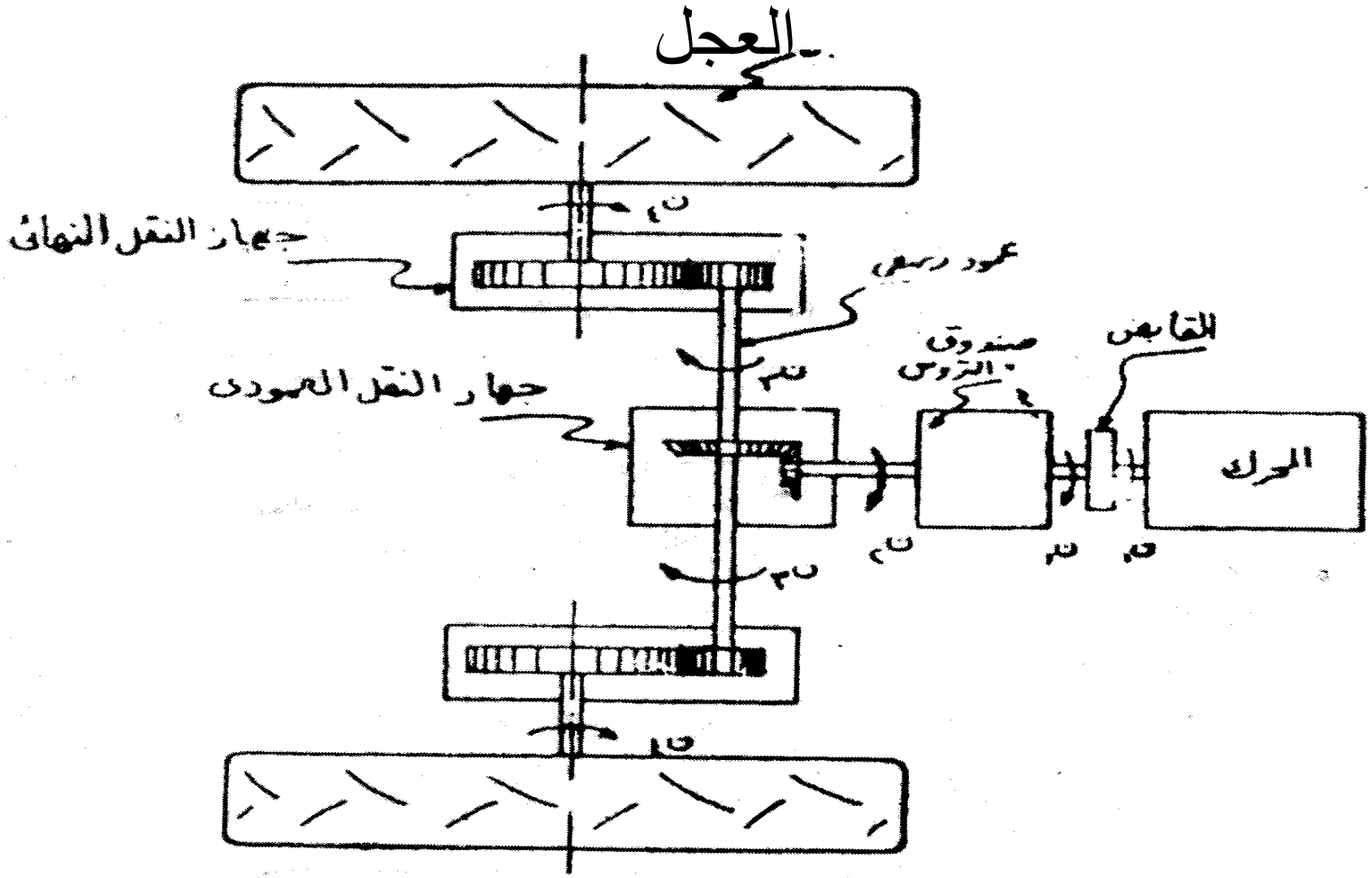
وتحمل الصدمات عند وصول الحركة ويعمل الاسبستوس على تحمل القرص لدرجات العالية التي تحدث نتيجة لانزلاق قرص الاحتكاك أثناء وصل أو تحمل القرص لدرجات الحرارة العالية التي تحدث نتيجة لانزلاق قرص الاحتكاك أثناء وصل أو فصل الحركة . وينزلق هذا القرص في مجاري محورية على عمود القابض ويمكن توصيل الحركة من عمود الكرنك إلى عمود القابض بواسطة الضغط على قرص القابض بواسطة قرص الضغط عن طريق سوست القابض بواسطة الضغط على قرص القابض بواسطة قرص الضغط عن طريق سوست القابض الذي يمكن التحكم فيها بواسطة دواسة الدبرياج وهي عادة بالقرب القدم اليسرى للسائق فيتم فصل

المحرك عن صندوق التروس بالضغط عليها أو اتصاله برفع الضغط عن الدواسة – ولاحظ أن عمود القابض هو عمود نقل القدرة بين القابض وصندوق التروس.

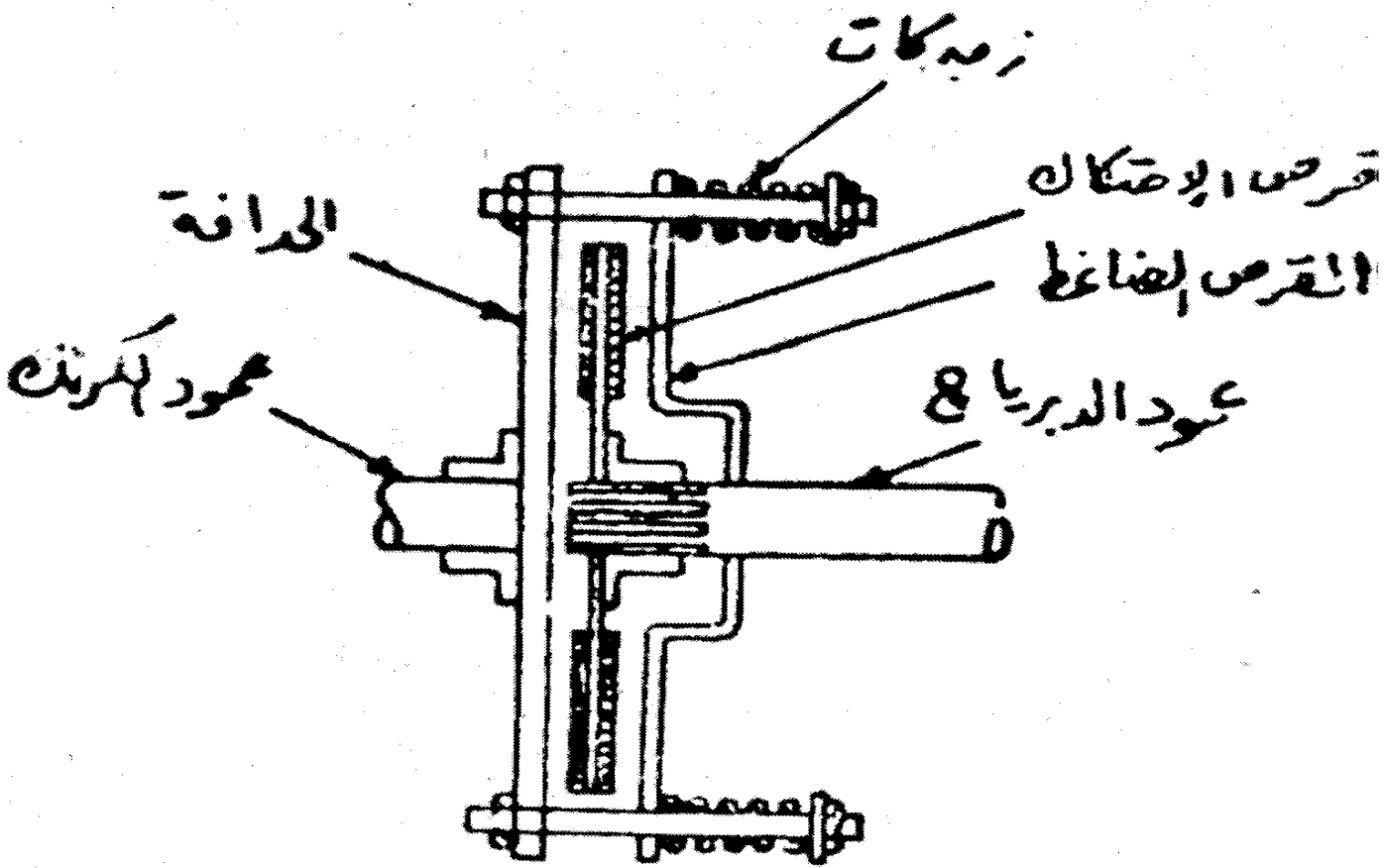
<u>وتتلخص وظائف القابض فيما يلى :-</u>

١- وصل الحركة من المحرك إلى صندوق التروس بطريقة تدريجية .

٢- فصل الحركة بين عمود الكرنك وصندوق التروس عند تغيير سرعة الجرار أو إيقافه لتشغيل طارة الآلات الزراعية .



شكل (٥٣) رسم تخطيطي مبسط لجهاز نقل الحركة



شكل (٥٤) رسم تخطيطي مبسط لقابض ذو قرص مفرد

ويلاحظ أنه عند فصل الحركة عن طريق القابض يجب الضغط على الدواسة بالقدم مرة واحدة، أما عند اتصال الحركة فيجب أن يكون ذلك تدريجيا برفع القدم من على الدواسة ويجب ألا يتم ذلك على فترة طويلة نظرا لحدوث الانزلاق بين قرص القابض و الحدافة خلال هذه الفترة إلى أن يتم التلامس الكامل، وهذا الانزلاق يتولد عنه حرارة وتآكل قرص القابض أو احتراقه نتيجة لحدوث الاحتكاك بين قرص القابض و الحدافة – وكذلك يجب أن تحاشى اتصاله به برفع الضغط عن الدواسة.

ويلاحظ أن عمود القابض هو عمود نقل القدرة بين القابض وصندوق التروس. ويجب على السائق عدم وضع قدمه على دواسة القابض عند إيقاف الجرار عن طريق صندوق التروس لأن ذلك يسبب فصل جزئي بين القابض والحدافة ويتولد عنه احتكاك يتسبب عنه احتراق يتسبب عنه احتراق قرص القابض.

٢- صندوق التروس (شكل ٥٥) Gear Box

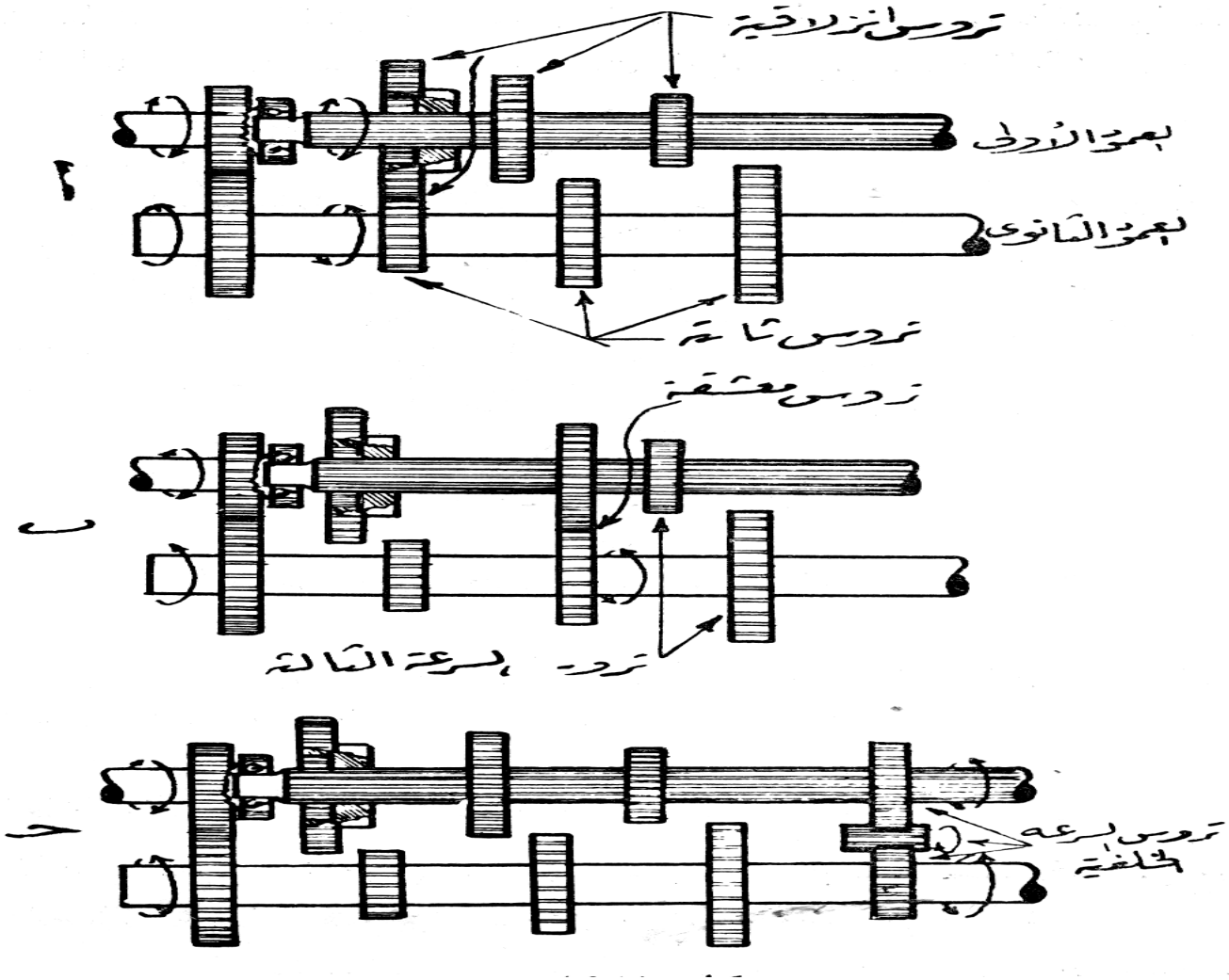
من المعروف أن كل آلة زراعية تتطلب قوة شد معينة حتى تعمل بكفاءة عالية ولما كان الجرار يجر الآلات الزراعية بقدرة ثابتة فإن سرعة الجرار تتناسب عكسيا مع قوة شد الآلات الزراعية. فالآلات الكبيرة مثل المحاريث تتطلب قوة شد كبرية ويلزم جرها عند سرعة منخفضة للجرار والعكس بالعكس. لذلك فإنه يلزم أن يكون الجرار مزودا بأكثر عدد ممكن من

السرعات حتى يمكنه تشغيل الآلات الزراعية المختلفة. هذا بالإضافة إلى نوع الأراضي التي يتم حرثها فالأراضي الصلبة التي بها جذور نباتات تتطلب تشغيل الجرار على سرعات منخفضة لكبر مقاومتها . من ذلك يتضح ضرورة وجود صندوق التروس للجرار لتزويده بعدد مناسب من السرعات المختلفة. وصندوق التروس له تصميمات متعددة نشرح فيما يلي نوع مبسط منها يسمى صندوق التروس الانزلاقية ذو ثلاث سرعات أمامية وسرعة خلفية. وهو يتكون عادة من ثلاث أعمدة رئيسية متوازية وثمانية تروس. والعمودان العلويان هما عمود القابض

وعمود نقل الحركة الرئيسي، والعمود السفلي يسمى بعمود التوزيع وتوجد أربعة تروس مثبتة عليه كما هو واضح من الشكل وهي ترس إدارة عمود التوزيع وترس السرعة الخلفية . وعمود نقل الحركة الرئيسي يوجد فيه مجاري طويلة مركب عليها التروس الانزلاقية التي يمكن تحريكها بواسطة شوكة إزاحة متصلة بذارع تغيير السرعة والموجودة بجوار مقعد السائق وفي متناول يده .

وعند إدارة المحرك يدور عمود الكرنك وتنقل الحركة "أو تفصل" بواسطة القابض إلى عمود القابض وبذلك يدور الترس المثبت في نهاية عمود التوزيع والمعشق بصفة مستمرة بترس عمود القابض وعلى ذلك تدور جميع التروس المثبتة على عمود التوزيع في اتجاه مضاد لدوران عمود القابض. فإذا ما تحرك أي من التروس الانزلاقية الموجودة على عمود نقل الحركة حتى

يتم تعشيقه في أحد تروس عمود التوزيع تنقل الحركة إليه بنسبة تخفيض معينة (نسبة عدد الأسنان في كل من التروس المعشقة) . ويكون دورانه على عكس دوران عمود التوزيع أي في نفس اتجاه دوران عمود القابض. ويمكن الحصول على السرعة الخلفية بتعشيق ترس ثالث مثبت على محور صغير بين كل من الترس الانزلاقي وترس السرعة الخلفية المثبت على عمود التوزيع .

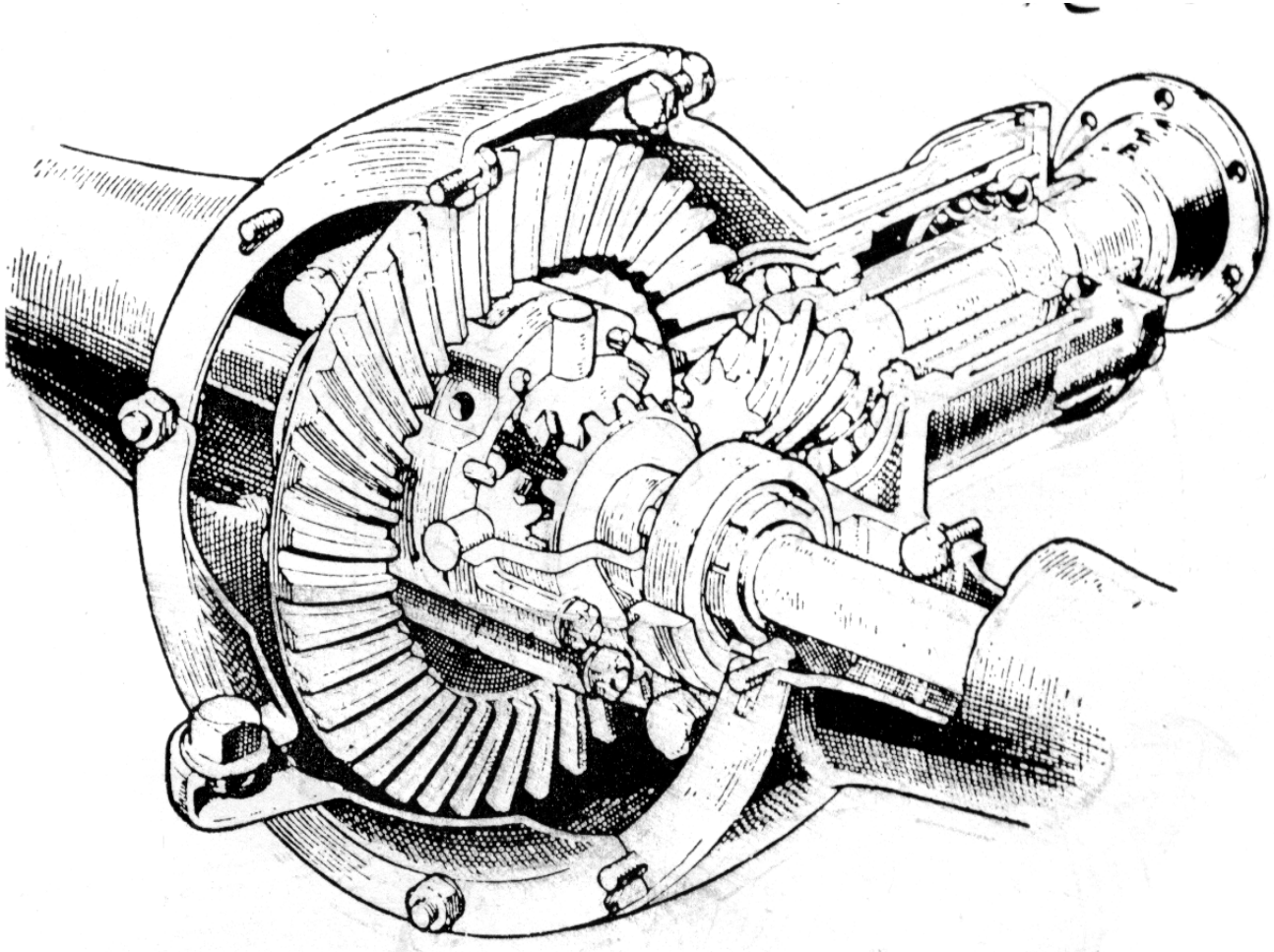


شكل (٥٥) رسم تخطيطي مبسط لصندوق تغير السرعات

٣- جهاز النقل العمودي والجهاز الفرقي (شكل ٥٦)
Differential

تنتقل الحركة من عمود القابض إلى عمود الحركة الرئيسية عن طريق صندوق التروس كما سبق ذكره وتنتقل من عمود الحركة الرئيسي إلى العمودان النصفين للعجلتين الخلفيتين للجرار عن طريق نقل الحركة في اتجاه عمودي عن طريق ترس مخروطي يسمى ترس البنيون والذي يعطى الحركة لترس مخروطي كبير عمودي عليه ويسمى التاج.

ونجد أنه إذا سار الجرار إلى الأمام على أرض مـستوية فـإن العجلـتين يقطعان مسافة واحدة أما إذا سار الجرار في منحنى فإن العجلـة خـارج المنحنى تقطع مسافة أطول من العجلة داخل المنحنى ، لذلك اسـتخدمت التروس الفرقية داخل جهاز النقل العمودي لتوصيل الحركة إلى العجلـة بحيث تسمح لإحدى العجلتين بالدوران بسرعة تختلف عن سرعة العجلة الأخرى عند سير الجرار في المنحنيات أو على طريق بـه مرتفعـات أو منحنيات



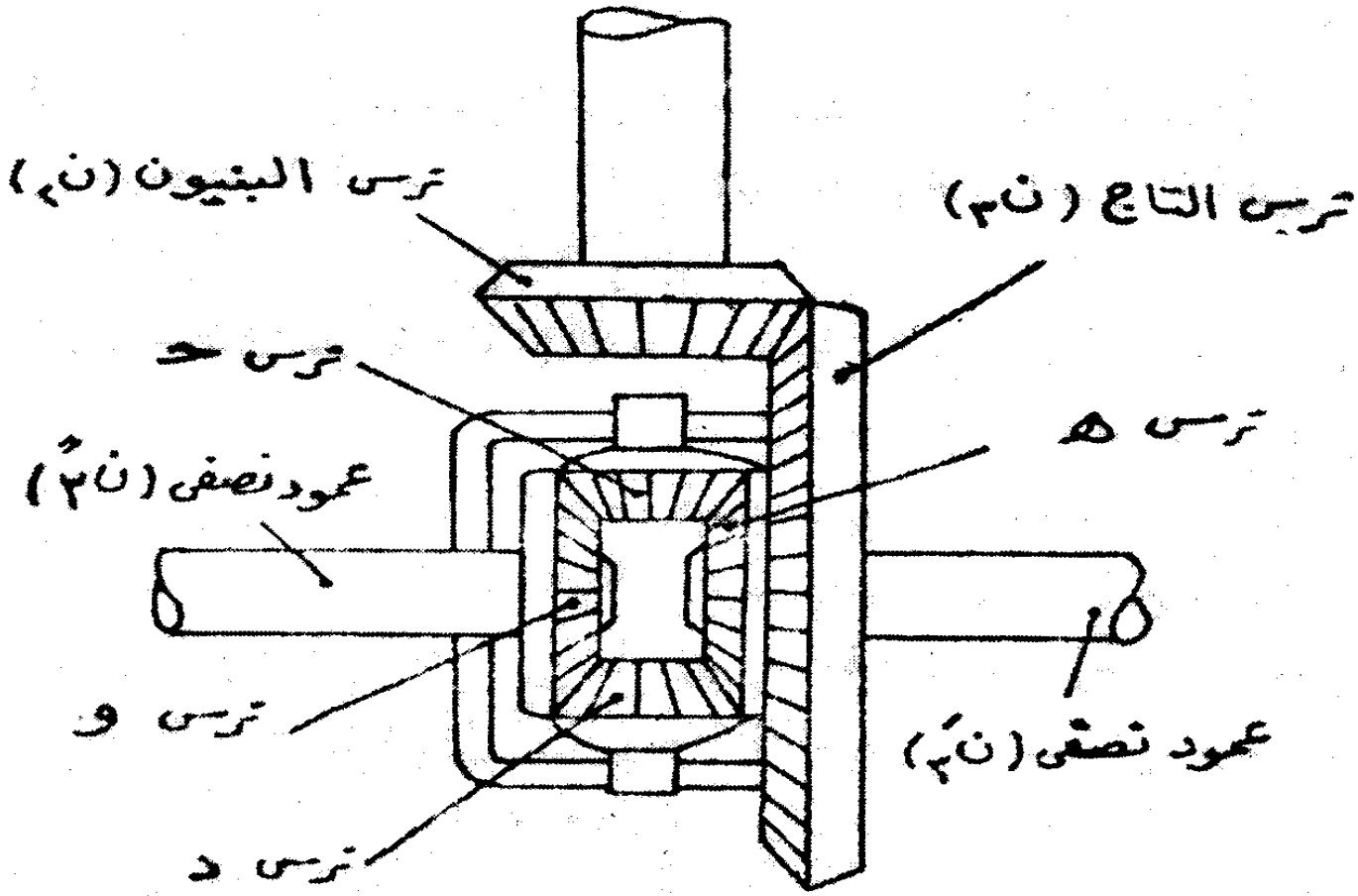
شكل (٥٦)علبة التروس الفرقية

(في الشكل رقم ٥٧) يبين طريقة عمل الجهاز الفرقي فيقسم العمود الخلفي إلى نصفين يسمى كل منهما عمود نصفي و مثبت على كل منهما عجلة وترس مخروطي ويركب على أحد العمودين حلقة أو علبة رمان بلي على امتداد العمود النصفي فيمكن إدارتها محوريا بدون إدارة العمود النصفي.

ويوجد بالحلقة عمود صغير (بتر) مركب عليه ترس مخروطي ويعشق بالترسين المخروطين المثبتين على المحورين من الداخل وفتحة الحلقة أو العجلة على ترس التاج لجهاز النقل العمودي فعند دوران البنيون يدور معه ترس التاج في حركة دورا نية عمودية ويدير معه الحلقة حاملة معها الترس المخروطي المثبت عليها. وينتج عن هذه الحركة دوران الترسين المخروطين المثبتين على العمودين النصفين وتدور المجموعة بأكملها كما لو كانت جزء واحد لا حركة بين

أعضائه فإذا فرض أن أحد العجلتين زاد الحمل عليها بحيث توقفت تماما. فإذا دار ترس البنيون فيدور ترس التاج ومعه الحلقة وكذلك الترس المركب على الحلقة يضطر إلى التدحرج على أسنان هذا الترس بينما يدور الترس المخروطي الأخر وبذلك يمكن لإحدى العجلتين من الدوران بدون الأخرى. كذلك يمكن لهذا الجهاز أن تدور إحدى عجلتي الجرار بسرعة اكبر من الأخرى.

ويوجه عادة الجرار بفتيس الغرز وهو عبارة عن دواسة بجوار إحـدى قدمي السائق وفائدة هذا الفتيس أنه إذا مرت إحدى عجلـتي الجـرار بأرض زالقة أو مفككة فأنها سوف تدور بسرعة محدثة انزلاق وبـدون أن تتقدم للأمام بينما تتوقف العجلة الأخرى عن الدوران لأنها في هـذه الحالة تكون واقعة تحت حمل أكبر من العجلة الأخرى (مقاومة الدوران ، ولإخراج الجرار من هذه المنطقة يدوس السائق على فتيس الغرز فيعـشق العمودين النصفين معا ويخضعهما للدوران بنفس السرعة فتدور العجلـة الموجودة على الأرض الصلبة وتدفع الجرار للأمام للخروج من منطقـة الانزلاق) ، شكل ٥٧

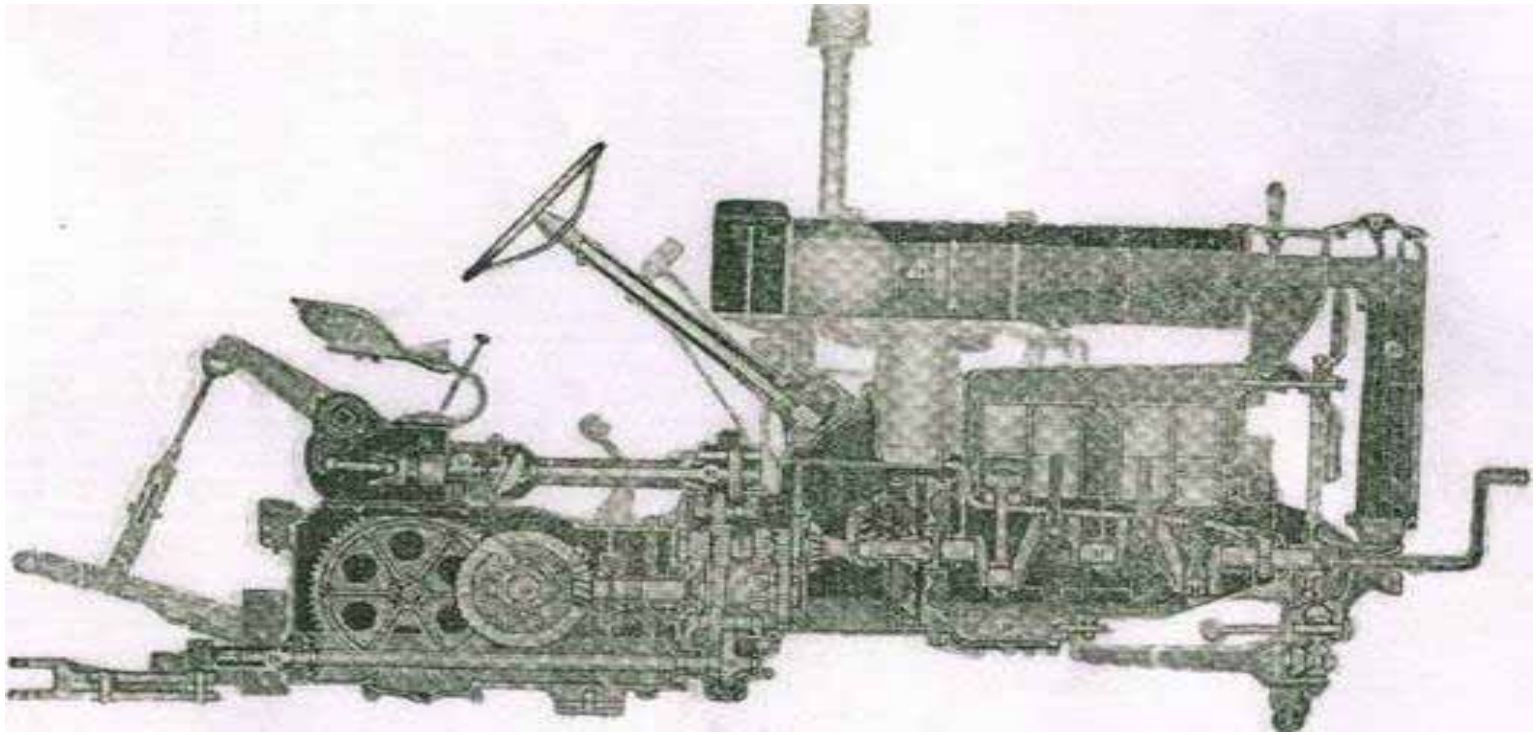


شكل (٥٧) الجهاز الفرقي

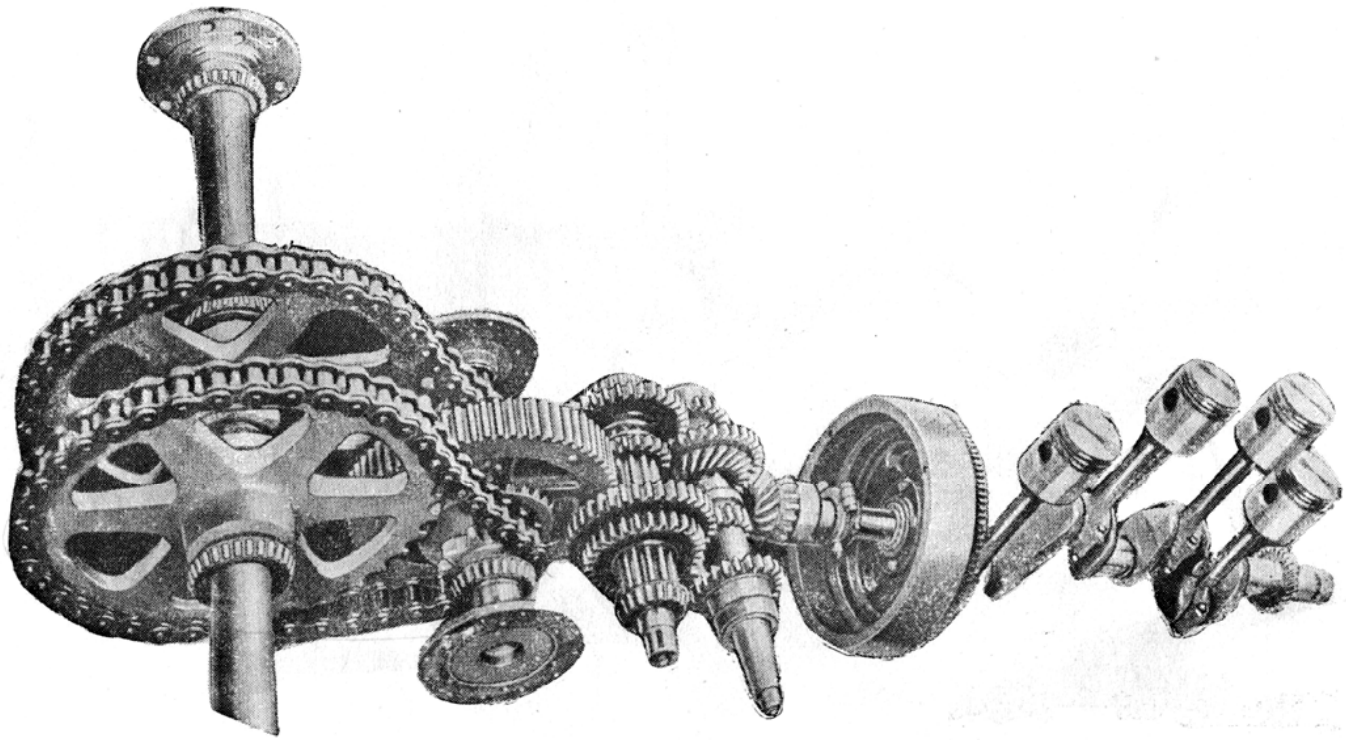
شـكل(٥٨) يوضـح النقـل النهـائي للحركـة عـن طريـق التروس التي تعمل بتعشيقها مع بعضها

بينما يتضح من الشكل (٥٩) طريقة نقل الحركة النهائي بواسطة استخدام الجنازير والتروس أو العجلات المسننة

والشكل(٦٠) يوضح طريقة نقل الحركة النهائية لجرارات الكتيبة .



شكل (٥٨) النقل النهائي للحركة بواسطة التروس المعشقة



شكل (٥٩) يوضح النقل النهائي للحركة مستخدما التروس والجنازير

أجهزة النقل النهائى

يقصد بأجهزة النقل النهائي مجموعة الأجهزة التي تنقل حركة دوران العمودين النصفين على عجلتي الجرار الخلفيتين وتختلف هذه الأجهزة تبعا لنوع الجرار من حيث استخدام العجل الخلفي أو الكتينة ففي حالة الجرار ذو العجل يتم الانتقال بواسطة إحدى الطرق التالية :

١- أن تثبت العجلتين الخلفيتين في نهايتي العمودين النصفين المتصلين مباشرة بالتروس الفرقية وتستخدم هذه الطريقة في جرارات طراز ferguson

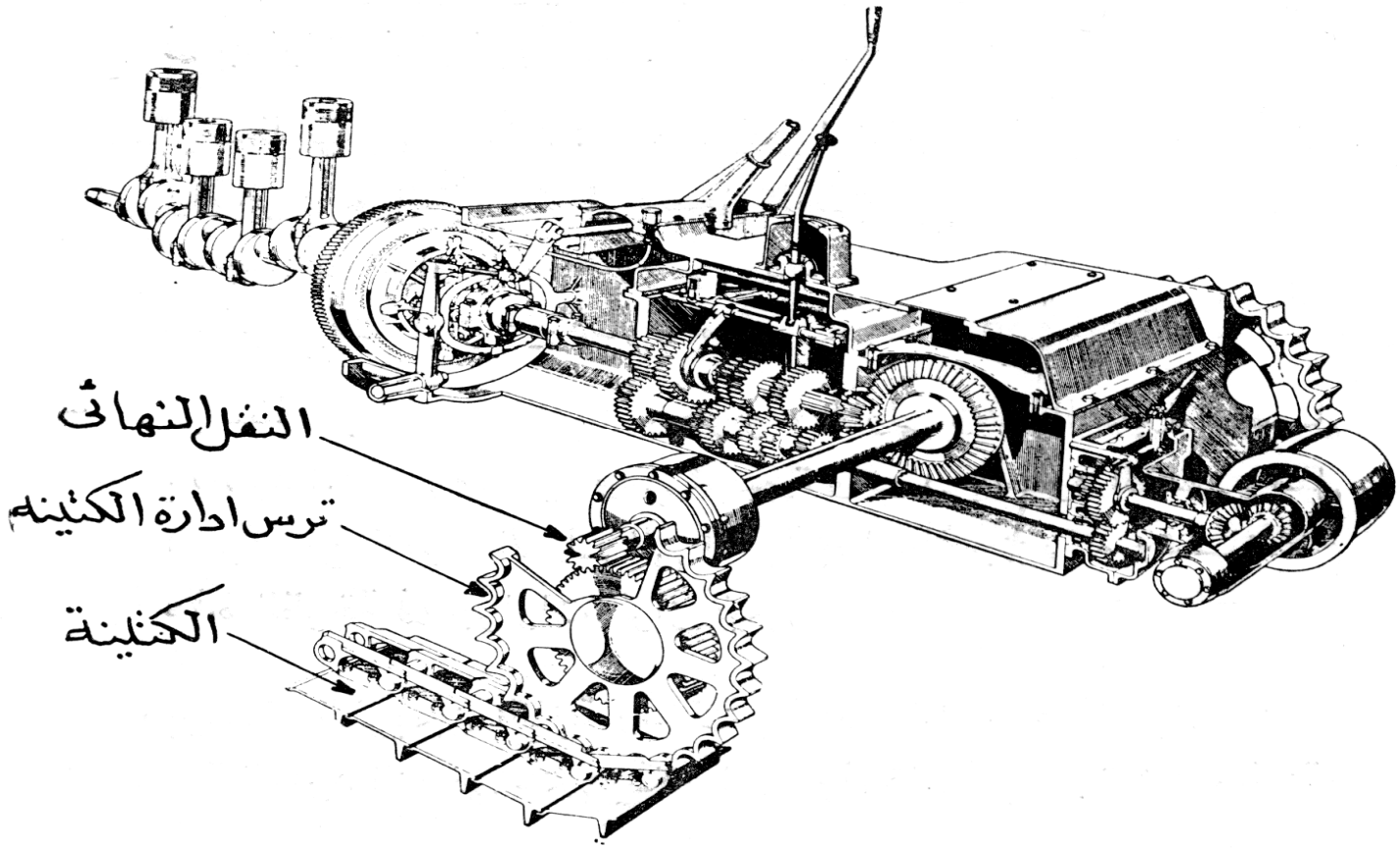
٢- بواسطة ترسين معشقين أولهما وهو صغير يتصل بالعمود النصفي والآخر وهو الكبير يتصل بالعجل الخلفي وتستخدم هذه الطريقة في جرارات ماسي هاريس Massey Harris وفي جرارات طراز فورد سون ميجر ford son magor

٣- بواسطة عجلتين مسننتين وجنزير، الأولى وهي الصغيرة تتصل بالعمود النصفي والثانية وهي الكبيرة تتصل العمود الخلفي وتنقل الحركة من العجلة الأولى للثانية بواسطة جنزير وتستخدم هذه الطرقة في جرارات طراز كيس case

وبواسطة الطريقتين الثانية والثالثة يمكن تقليل سرعة العجل بالنسبة لسرعة العمود النصفي حتى يمكن الحصول على أكبر قوة شد ممكنة .

أما في حالة الجرارات ذات الكتينة في أجهزة نقل الحركة فيها تشبه أجهزة الجرارات بعجل مع فارق هام وهو أن جهاز التوجيه مندمج في أجهزة النقل النهائي بواسطة تغيير اتجاه العجل الأمامي ، يوجه الجرار بكتينة بواسطة السرعات النسبية للكتينتين ، فإن كل كتينة يمكن تقليل أو إيقاف سرعتها بالنسبة للأخرى وعلى سبيل المثال في جرارات طراز كاتر بيلار caterpillar.

تتصل حركة كل كتينة بأجهزة النقل بواسطة قابض وتروس فرقية . وكل قابض يشغل بيد السائق وله فرملة مستقلة تشغل بقدمه وفي المنحنيات الضيقة يفصل القابض حركة الكتينة الداخلية عن أجهزة النقل فتقف عن السير حتى تتمكن الكتينة الخارجية من اكمال سير المنحنى أما في حالة جرارات طراز أوليفر وتستعمل تروس فرقية وفرملة لكل كتينة بدلا من فاصل التوجيه.



شكل (٦٠)يوضح النقل النهائي للحركة في جرارات الكتينة أو البلدوزر

حساب السرعة الأمامية للجرار

مما سبق شرحه بالنسبة لأجهزة الحركة نجد أنه يهمنا حساب القوة والسرعة الخاصة بالجرار

حيث أن القدرة = القوة × السرعة

وقد أتضح أيضا أن نسب التخفيض الخاصة بالجرار هي كالأتي :

$$\textbf{Reduction ratio of Gear box} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\textbf{Reduction ratio of differential} = \frac{n_2}{n_3}$$

$$\textbf{Reduction ratio of final drive} = \frac{n_3}{n_4}$$

عدد لفات العجلة وبالتالي نسبة التخفيض الكلية تكون

Where N 1 = crankshaft revolution , r.p.m

عدد لفات العجلة

N4 = wheel revolution , r. P , m

وبالتالي نسبة التخفيض الكلية تكون

$$\text{So, total reduction} = \left(\frac{N1}{N2}\ \frac{N2}{N3}\ \frac{N3}{N4}\right)$$

Cearbox * Differenial * final driving wheel

Varied fixed fixed

أمثلـــــة

مثال (١) :

إذا كان عدد لفات عمود الكرنك ١٨٠٠ لغة / الدقيقة وكانت نسبة التخفيض في صندوق التروس تحتوى على ٤ سرعات أمامية هي (٨ ، ٥ ، ٣ ، ١,٥) ما هي عدد اللغات (ن٢) العمود الداخل إلى الجهاز الفرقي عند السرعات المختلفة .

الحـــل

At first speed , N2 = 1800/ 8 = 225

At second speed , N2 = 1800/5=360

At third speed , N2 = 1800/3= 600

At fourth speed , N2 = 1800/1.5 = 1200

مثال ٢ :

جرار يحتوى على ٦ سرعات أمامية بصندوق التروس ونسب التخفيض في صندوق التروس على هذه السرعات هي كالتالي (٨ ، ٥ ، ٣ ، ٥/٢ ، ٥/٣ ، ٣/٤) ونسبة التخفيض في كل من الجهاز الفرقي وجهاز النقل النهائي هي علي الترتيب ٤ ، ٦ ونصف قطر عجلة الجرار الخلفية ٧٠ سم

احسب :

نسب التخفيض الكلية عند كل سرعة في صندوق التروس .

سرعة الجرار الأمامية على هذه السرعات الستة .

الحل

Total reduction = $\frac{N1}{N4} = \frac{N1}{N2} X \frac{N2}{N3} X \frac{N3}{N4}$

At first speed of gear box the reduction = $\frac{N1}{N2} = 8$

So $\frac{N1}{N4} = 8x4x6$

At second speed= $\frac{N1}{N4} = 5x4x6 = 120$

At third speed = $\frac{N1}{N4} = 3x4x6 = 72$

At fourth speed = $\frac{N1}{N4} = \frac{5}{2}x4x6 = 60$

At fifth speed = $\frac{N1}{N4} = \frac{5}{3}x4x6 = 30$

At sixth speed = $\frac{N1}{N4} = \frac{3}{4}x4x6 = 18$

To calculate forward speed for this tractor

At first speed $\frac{N1}{N4} = 192$

So N4 = $\frac{N1}{192} = \frac{1800}{192} = 9.275rpm$

Tractor speed = 2*3.14*R*N4

= 2*3.14*

$$\frac{70}{100} * 0.275 * \frac{60}{1000}$$

= 4.50 km/hr

speed (at 3rd) = 2*3.14* $\frac{0.7}{120} * 1800 * \frac{60}{1000}$

= 3.96 km/h

speed (at 4th) = 6.60 km/hr

speed (at5th) = 15.84 km/hr

speed (at 6th) = 26.40km/hr

أمثلــة وتماريــن

١- ارسم رسما توضيحيا للجرار مبينا فيه كيفية توصيل ونقل الحركة من المحرك حتى العجلات الخلفية للجرار وحدد المواقع التي يتم فيها تخفيض السرعة من المحرك حتى العجلات الخلفية .

٢- اذكر الوظائف الأساسية للأجزاء الآتية :
القابض – صندوق تغيير السرعات – الجهاز الفرقي – النقل النهائي

٣- ارسم رسما توضيحيا للقابض ، مرة في حالة الفصل وأخرى في حالة الوصل .

٤- ما هي الأضرار الناتجة عندما تتأصل عادة السائق في سند قدمه على دواسة القابض أثناء قيادة الجرار .

٥- ارسم صندوق التروس :أ- معشقا على السرعة الأولى
ب– في وضع الحياد ج- في وضع السرعة الخلفية

٦- ما هو وجه الاختلاف بين وظيفة صندوق التروس في الجرارات ووظيفته في السيارات .

٧- ارسم رسما توضيحيا للجهاز الفرقي وتكلم عن وظيفته .

٨- ما هو الجهاز الذي يلغي وظيفة الجهاز الفرقي وكيف يعمل ؟ وما هي الاحتياطيات اللازم اتخاذها عندما يستعمل هذا الجهاز ومتى يستعمل .

٩- قارن بين أجهزة النقل في جرارات العجل وأجهزة النقل في جرارات الكتينة ؟ بالرسم

١٠- حدد في بعض الحالات التي تضطر فيها لاستعمال جهاز الغرس.

١١- ارسم الجهاز الفرقي في الجرارات بعجل وما يناظره في جرارات الكتينة .

١٢- احسب السرعة الأمامية للجرار قطر عجله الخلفي ١٤٠ سم وسرعة محركه أ١٥٠٠ لغة / دقيقة علما بأن التخفيض الكلي للسرعة من المحرك إلى العجلات الخلفية هو ١٠٠٠ / ١

١٣- في المسألة السابقة العمود الداخل لعلبة التروس مثبت به ترس له ٢١ سنة ويعشق بترس له ٤٢ سنة وهذا الترس الأخير مثبت بدوره في عمود مناول وفي لنهاية الأخرى للعامود المناول يوجد ترس له ٣٦ سنة ومعشق بترس له ٥٤ سنة بالعمود الخارج من علبة التروس .

احسب سرعة العمود الخارج من علبة التروس وإذا كانت قدرة العمود الداخل لعلبة التروس هي ٤٠ حصان احسب العزم على كل من العمود الداخل والعمود الخارج.

١٤- جرار قوة محركه ٥٠ حصان ودوران عمود المرفق ١٣٠٠ لغة / دقيقة تنتقل الحركة الى صندوق التروس حيث تمر خلال زوجين من التروس نسبة نقل السرعة كلا منهما ١: ٣ ، ١ : ٤ على التوالي ثم تنتقل الحركة بعد ذلك خلال الجهاز العمودي من ترس مخروطي إلى عجلة ترسية عدد الأسنان في كل منها ١٢ ، ٤٨ على التوالي ثم تمر بحركة بعد ذلك خلال النقل النهائي للعجلتين الخلفيتين للجرار قطر كل منهما ١,٢٠ م أوجد كلا مما يلي :

أ- سرعة دوران العجل الخلفي باللفات في الدقيقة

ب- النسبة الكلية لنقل الحركة بين سرعة المحرك وسرعة ودوران العجل الخلفي

ج- السرعة الأمامية للجرار .

د – أقصى قوة جر يستطيع الجرار القيام بها باعتبار كفاءة نقل الحركة ٧٥ %