

الباب الرابع:

علبة سرعات ذات 12 رتبة لماكينة خراطة

1-4 تصميم علبة السرعات:

لتصميم صندوق تروس ذو 12 سرعة لدينا خيارات لترتيب التروس القائمة حيث أننا سنحتاج إلى 3 أعمدة للتروس القائمة وعمود رابع ليحمل التروس المنقادة التي تعطي سرعة الخرج.

عليه سيكون عدد الخيارات المسموح بها لتصميم صندوق تروس ذو 12 سرعة:

عدد التوليفات الممكنة (possible combination):

$$p.c = \frac{U!}{Q!}$$

حيث:

$p.c \equiv$ عدد التوليفات الممكنة

$U \equiv$ عدد مراحل النقل

$Q \equiv$ عدد المراحل المتساوية

$$U=3 \quad \& \quad Q=2$$

$$d.c = \frac{3!}{2!} = 3$$

$$Z = P_1 * P_2 * P_3 = 2 * 3 * 2$$

$$Z = P_1 * P_2 * P_3 = 2 * 2 * 3$$

$$Z = P_1 * P_2 * P_3 = 3 * 2 * 2$$

نختار:

$$Z = 2 * 3 * 2$$

لمزيد من التوضيح نكتب الصيغة أعلاه:

$$Z = P_1(X_1) * P_2(X_2) * P_3(X_3)$$

المعاملات (X_1, X_2, X_3) توضح خصائص المخطط الهيكلي لمجموعة النقل

• طريقة حساب المعاملات:

1- المجموعة الأولية لديها معامل مميز هو $X_1 = 1$ وهو معلوم لأنه الناقل الرئيسي

$$\emptyset^1 = 1$$

2- المجموعة الثانية لها معامل X_2 مع نسبة المتتالية $X_2 = F(X_1)$

$$\emptyset^{x3} = \emptyset^{p1}$$

3- المجموعة الثالثة لها معامل X_3 مع نسبة المتتالية $X_3 = F(X_1) * F(X_2)$

$$\emptyset^{X3} = \emptyset^{P1*P2}$$

إذا كان لدينا $x_1, x_2, x_3, \dots \dots \dots x_n$

لتوزيع المعاملات على المراحل لدينا عدد $n!$ طريقة للتوزيع كالتالي:

$$z = p_1 \times p_2 \times p_3 = 2 \times 3 \times 2$$

$$(a) Z = p_1(x_1) \times p_2(x_2) \times p_3(x_3)$$

$$x_1 = 1 \quad x_2 = p_1 = 2 \quad x_3 = p_1 \times p_2 = 6$$

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

$$(b) Z = p_1(x_1) \times p_2(x_3) \times p_3(x_2)$$

$$x_1 = 1 \quad x_2 = p_1 = 2 \quad x_3 = p_1 \times p_3 = 4$$

$$(c) Z = p_1(x_2) \times p_2(x_1) \times p_3(x_3)$$

$$x_1 = 1 \quad x_2 = p_1 = 3 \quad x_3 = p_2 \times p_1 = 6$$

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

$$(d) Z = p_1(x_2) \times p_2(x_3) \times p_3(x_1)$$

$$x_1 = 1 \quad x_2 = p_3 = 2 \quad x_3 = p_1 \times p_3 = 4$$

$$(e)Z = p_1(x_3) \times p_2(x_1) \times p_3(x_2)$$

$$x_1 = 1 \quad x_2 = p_2 = 3 \quad x_3 = p_2 \times p_3 = 6$$

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

$$(f)Z = p_1(x_3) \times p_2(x_2) \times p_3(x_1)$$

$$x_1 = 1 \quad x_2 = p_3 = 2 \quad x_3 = p_3 \times p_2 = 6$$

$$Z = 2(1) \ 3 \ (4) \ 2 \ (2)$$

$$Z = 2(2) \ 3 \ (4) \ 2 \ (1)$$

وبعد التوضيح للست طرق نختار:

$$Z = p_1(x_1) \times p_2(x_2) \times p_3(x_3)$$

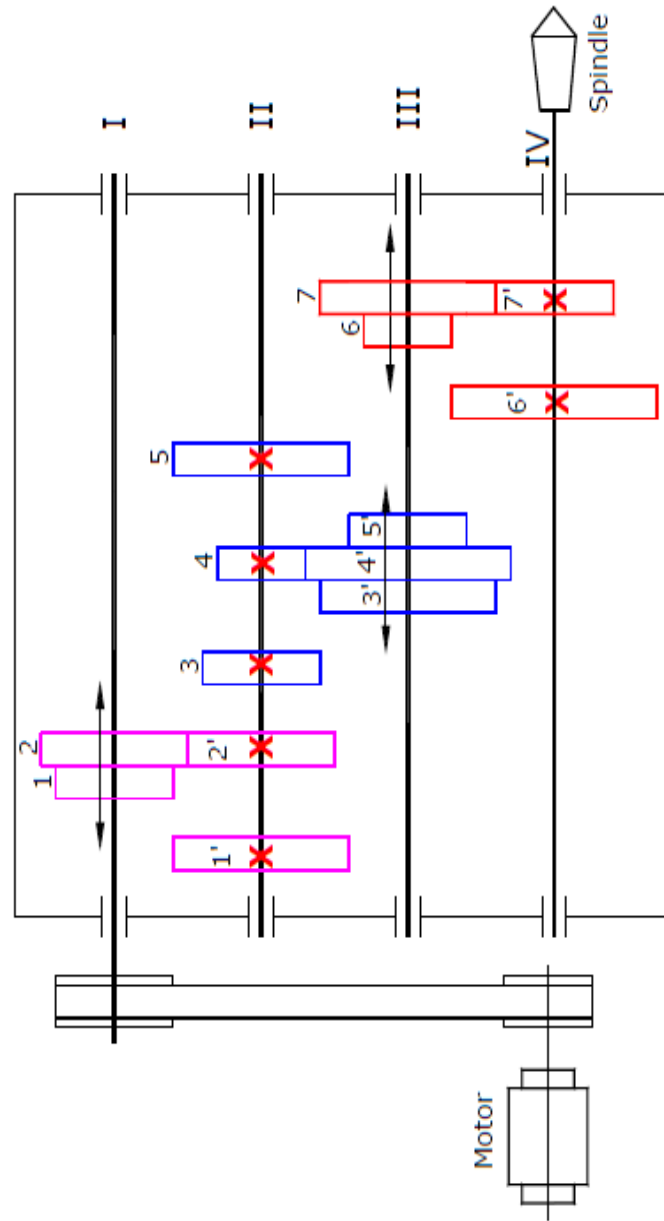
$$Z = 2(1) \times 3(2) \times 2(6)$$

(لأنها تحقق معادلة الاستقرار)

شرط الاستقرار

$$X_1 < X_2 < X_3$$

Layout of 12 speed 3 stage Gear box



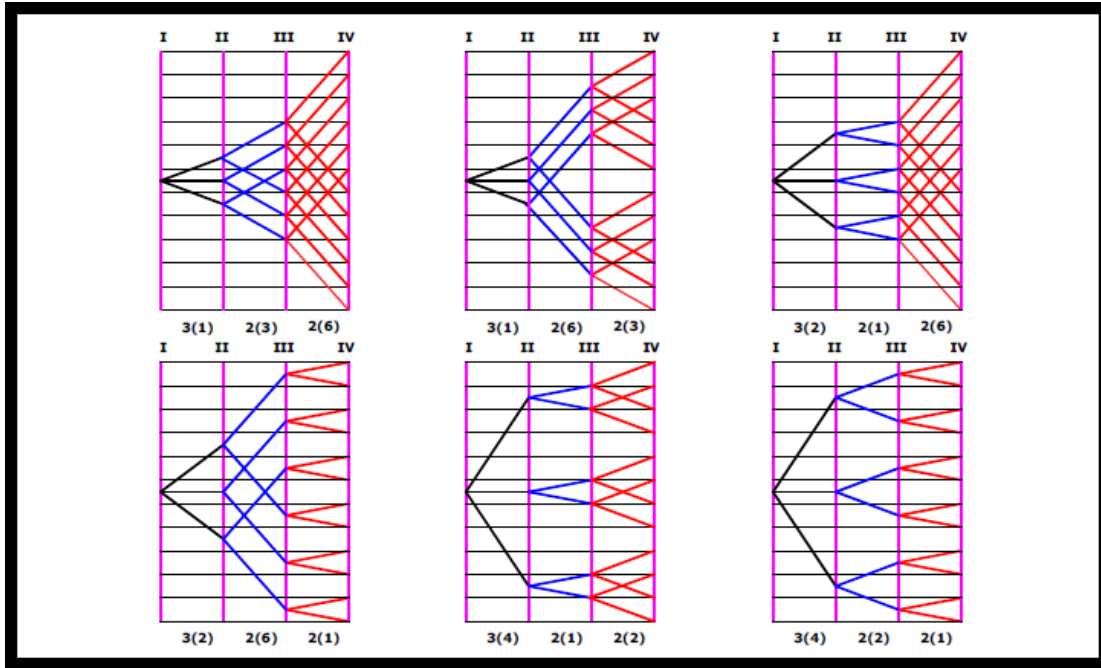
شكل (1-4) يوضح تخطيط صندوق تروس ل 12 سرعة

2-4 المخطط الهيكلي لوضعية علبة السرعات:

هو عبارة عن رسم تخطيطي للمعادلة الهيكلية.

• طريقة رسم المخطط الهيكلي [8]:

- 1- نرسم خطوط رأسية عددها $(u+1)$ وتكون المسافات بينها متساوية.
- 2- إذا كان عدد المراحل في صندوق التروس هو (u) .
- 3- أول (خط رأسي) يمثل عمود الدخل.
- 4- آخر (خط رأسي) يمثل عمود الخرج.
- 5- الخطوط الرأسية الأخرى تمثل الأعمدة الوسيطة.
- 6- أي خطين عموديين متتاليين يمثلان مرحلة نقل.
- 7- لعدد Z من السرعات المتوالية نرسم عدد Z من الخطوط الأفقية متساوية الأبعاد فيما بينها.
- 8- المسافات بين الخطوط الأفقية هي $\log \emptyset$.
- 9- نستخدم المعادلة الهيكلية لرسم المخطط.



شكل (2-4) يوضح الخيارات المتاحة لرسم المخطط الهيكلي

المعلومات التي يوضحها المخطط الهيكلي :

- 1- يحدد عدد الأعمدة في علبة السرعة .
- 2- عدد التروس في كل عمود .
- 3- ترتيب تغير نقل الحركة منفردة في المجموعة الواحدة للحصول على سرعة الدوران المطلوبة .
- 4- مدى النقل وخصائص كل مجموعة .

3-4 مخطط السرعات:

مخطط السرعات يبين نسب النقل وقيم السرعات الدورانية في كل مرحلة ويستفاد منه في تحديد السرعات ونسبها بالضبط [8].

المدى بين السرعات:

للحفاظ على ابعاد مخطط صندوق التروس في ابعاد معقولة يجب ان يكون النقص في المرحلة اللاحقة لا يتعدى 0.25

$$i_{min} \geq 0.25$$

الزيادة القصوى في السرعة محدودة ولا تتجاوز 2

$$i_{max} \geq 2$$

وعليه ومن الشرطين يجب ألا تزيد المسافة بين سرعتين عن 8

$$i. g = i_{max} / i_{min} = \emptyset \text{ ————— (32)}$$

$$i. g = i_{max} / i_{min} = 2 / 0.25 = 8$$

لحساب النسب بين السرعات من المخطط الهيكلي الذي تم اخياره

المرحلة الأولى stage1:

$$i. g = i_{max} / i_{min} = \emptyset$$

وهي مقبولة حسب الشروط

المرحلة الثانية stage2:

$$i.g = i_{max}/i_{min} = \phi^4$$

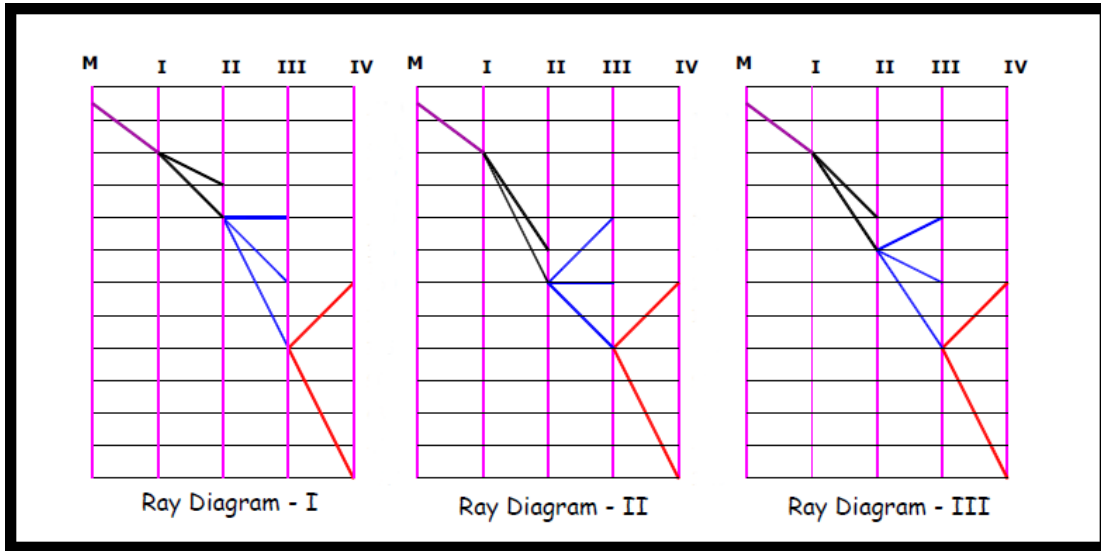
وهي مقبولة حسب الشروط

المرحلة الثالثة stage3:

$$i.g = i_{max}/i_{min} = \phi^6$$

وهي مقبولة حسب الشروط.

ويوضح الشكل أدناه الخيارات الممكنة لمخطط السرعات:



شكل (3-4) يوضح خيارات مخططات السرعة

للبدء بتصميم التروس لابد من توفر مواصفات الدخل (مواصفات الموتور) والخرج (السرعات النهائية):

الدخل:

قدرة الموتور $p=4kw$

السرعة الدورانية للموتور $N=1420r.p.m$

الخرج:

السرعات النهائية: (28-40-56-80-112-160-224-320-450-630-900-1250)

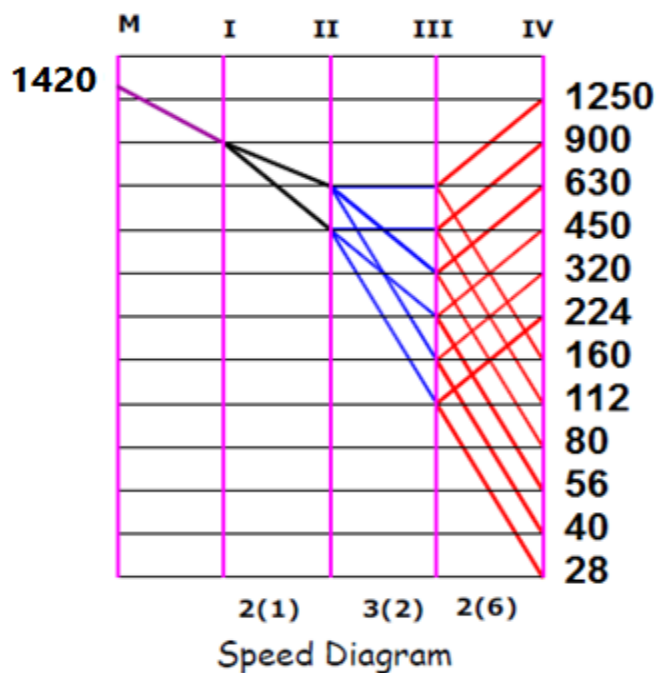
$$\phi = 40/28 = 1.42$$

نقربها لأقرب قيمة فياسية وهي 1.41 من الجدول أدناه الذي يبين القيم القياسية لنسب النقل.

R40	ϕ_{40}	$\sqrt[40]{10}$	$\phi=1.06$
R20	ϕ_{20}	$\sqrt[20]{10}$	$\phi=1.12$
R10	ϕ_{10}	$\sqrt[10]{10}$	$\phi=1.26$
R20/3	$\phi_{20/3}$	$\sqrt[3]{\frac{20}{10}}$	$\phi=1.41$
R5	ϕ_5	$\sqrt[5]{10}$	$\phi=1.58$
R4	ϕ_4	$\sqrt[4]{10}$	$\phi=1.78$
R20/6	$\phi_{20/6}$	$\sqrt[6]{\frac{20}{10}}$	$\phi=2.00$

جدول رقم (4-1) القيم القياسية لنسب النقل

ويبين الشكل التالي مخطط السرعات لعلبة السرعات قيد الدراسة:



شكل (4-4) يوضح الشكل النهائي لمخطط السرعات

لمعرفة أي مخططات السرعة افضل نجري الإختبارات التالية:

المرحلة الثالثة stage3:

الخيار الاول :

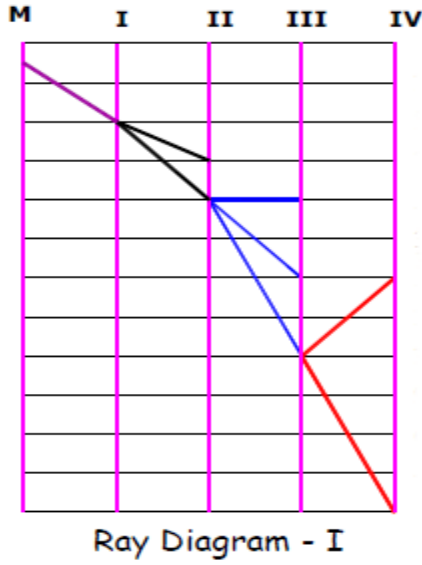
$$i. g_{max1} = \emptyset^2 = 1.9881 \leq 2$$

مقبولة لأنها تحقق الشرط

$$i. g_{min2} = \emptyset^{-4} = 0.253 \geq 0.25$$

وهي تحقق الشرط

نكتفي بالخيار الاول



المرحلة الثانية stage2

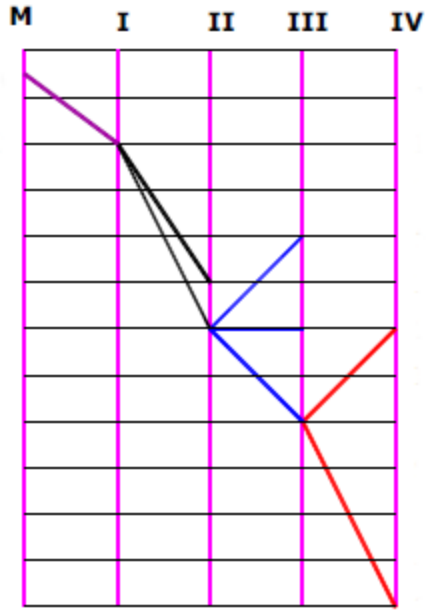
الحالة الأولى:

$$i. g_{max3} = \emptyset^0 = 1.9881 = 1$$

$$i. g = \emptyset^{-2} = 0.5$$

$$i. g_{min3} = \emptyset^{-4} = 0.253$$

شكل (5-4) الحالة الأولى



Ray Diagram - II

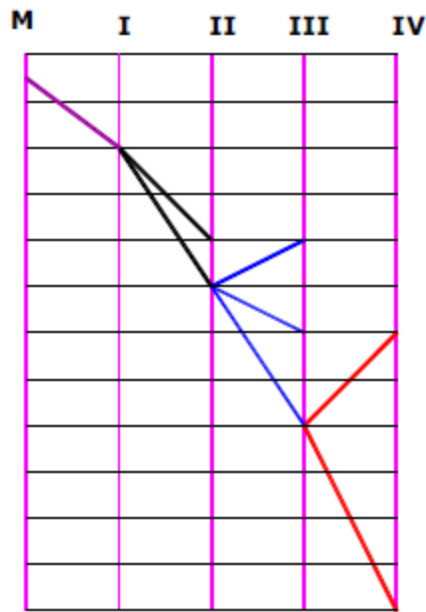
شكل (6-4) الحالة الثانية

الحالة الثانية:

$$i. g_{\max} = \phi^2 = 1.9881 \leq 2$$

$$i. g_{\max} = \phi^0 = 1$$

$$i. g_{\min 1} = \phi^{-2} = 0.5$$



Ray Diagram - III

شكل (7-4) الحالة الثالثة

الحالة الثالثة:

$$i. g_{\max} = \phi^1 = 1.4$$

$$i. g_2 = \phi^{-1} = 0.709$$

$$i. g_{\min} = \phi^{-3} = 0.356$$

بما أن الحالات الثلاث مقبولة نختار الحالة الأولى لان الفرق بين سرعة الموتور وسرعة العمود الاول صغيرة حيث أننا اخترنا احدى الحالتين (2) أو (3) سيكون قطر الترس كبير جدا وذلك للفرق الشاسع بين سرعة العمود الاول وسرعة الموتور كما موضح بالأشكال.

4-4 حساب نسب السرعات وعدد الأسنان للتروس من مخطط السرعات [11]:

المرحلة الأولى stage1 :

$$i_1 = \phi^{-1} = 1/1.41 = 0.709 = 5:7$$

$$i_2 = \phi^{-2} = 0.503 = 1:2$$

جدول (2-4) يوضح نسب السرعة للتروس (1,1',2,2')

	f/g	F+g
u_1	1/2	1+2=3
u_2	5/7	5+7=12

المضاعف المشترك البسيط هو 12

النسب:

$$(1/3, 2/3, 5/12, 7/12)$$

أصغر نسبة 1/3 ونفرض أن أقل عدد أسنان هو 18

$$(1/3)X = 18$$

$$X=54$$

عدد الأسنان الكلي لا يتوافق مع المضاعف المشترك البسيط لذا نختار عدد الأسنان الكلي يساوي 60.

جدول (3-4) يوضح عدد أسنان التروس (1,1',2,2')

$T_1 = (1/3) \times 60 = 20$	$T_{1'} = (2/3) \times 60 = 40$
$T_2 = (5/12) \times 60 = 25$	$T_{2'} = (7/12) \times 60 = 35$

المرحلة الثانية stage 2:

$$i_3 = \emptyset^0 = 1 = 1:1$$

$$i_4 = \emptyset^{-2} = 0.503 = 1:2$$

$$i_5 = \emptyset^{-4} = 0.253 = 1:4$$

جدول (4-4) يوضح نسب السرعة للتروس (3,3`4,4`,5,5`)

	f/g	F+G
u_3	1/1	1+1=2
u_4	1/2	1+2=3
u_5	1/4	1+4=5

المضاعف المشترك البسيط هو 30

النسب (1/2 , 1/3 , 2/3 , 1/5 , 4/5)

1/5 هي أصغر نسبة ونفرض ان اقل عدد اسنان هو 18

$$X = 18(1/5)$$

$$X=90$$

90 تتوافق مع المضاعف المشترك البسيط

جدول (5-4) يوضح عدد أسنان التروس (3,3`,4,4`,5,5`)

$T_3 = (1/2) \times 90 = 45$	$T_{3'} = (1/2) \times 90 = 45$
$T_4 = (1/3) \times 90 = 30$	$T_{4'} = (2/3) \times 90 = 60$
$T_5 = (1/5) \times 90 = 18$	$T_{5'} = (4/5) \times 90 = 72$

المرحلة الثالثة stage3:

$$i_6 = \emptyset^2 = 1.9881 = 2:1$$

$$i_7 = \emptyset^{-4} = 0.253 = 1:4$$

جدول (6-4) يوضح نسب السرعة للتروس (6,6',7,7')

	f/g	F+G
u_6	2/1	1+2=3
u_7	2/4	1+4=5

المضاعف المشترك البسيط هو 15

النسب (1/3 , 2/3 , 1/5 , 2/5)

1/5 هو أصغر نسبة ونفرض ان اقل عدد اسنان هو 18

$$X = 18 \times (1/5)$$

$$X = 90$$

90 تتوافق مع المضاعف المشترك البسيط.

جدول (7-4) يوضح عدد أسنان التروس (6,6',7,7')

$T_6 = (2/3) \times 90 = 60$	$T_{6'} = (1/3) \times 90 = 30$
$T_7 = (1/5) \times 90 = 18$	$T_{7'} = (4/5) \times 90 = 72$

5-4 تصميم وتحليل التروس:

1-5-4 حسابات الترس الأول يدويا [7]:

ابتداء بموديول: $m=4$

$$D = m \times T = 4 \times 20 = 80 \text{ mm}$$

$$V = \frac{\pi D N}{60} = \frac{\pi \times 0.08 \times 1100}{60} = 4.608 \text{ m/s}$$

بما أن: $V < 12.5 \text{ m/s}$

$$C_v = \frac{3}{3 + V} = 0.394$$

$$W_T = \frac{P}{V} = \frac{4000}{4.608} = 868.056 \text{ N}$$

$$y = 0.154 - \frac{0.912}{T} = 0.154 - \frac{0.912}{20} = 0.1084$$

Material	Allowable static stress (σ_o) MPa or N/mm ²
Cast iron, ordinary	56
Cast iron, medium grade	70
Cast iron, highest grade	105
Cast steel, untreated	140
Cast steel, heat treated	196
Forged carbon steel-case hardened	126
Forged carbon steel-untreated	140 to 210
Forged carbon steel-heat treated	210 to 245
Alloy steel-case hardened	350
Alloy steel-heat treated	455 to 472
Phosphor bronze	84
<i>Non-metallic materials</i>	
Rawhide, fabroil	42
Bakelite, Micarta, Celoron	56

جدول رقم (8-4) الإجهادات المسموح بها لبعض المواد (σ_o)

من الجدول أعلاه نختار قيمة σ_o لمادة Cast steel, heat treated

$$\sigma_w = \sigma_o \times C_v = 196 \times 0.394 = 77.224$$

$$b = \frac{W_T}{\pi \times \sigma_w \times y \times m} = \frac{868.056}{\pi \times 77.224 \times 0.1084 \times 4} = 8.27 \text{ mm}$$

$$W_D = W_T + \frac{21V(b \times c + W_T)}{21V\sqrt{(b \times c + W_T)}}$$

$$W_T = 868.056 + \frac{21 \times 4.608(8.27 \times 8.27 + 868.056)}{21 \times \sqrt{4.608(8.27 \times 8.27 + 868.056)}} = 898.66 \text{ N}$$

Material of pinion and gear	Brinell hardness number (B.H.N.)	Flexural endurance limit (σ_e) in MPa
Grey cast iron	160	84
Semi-steel	200	126
Phosphor bronze	100	168
Steel	150	252
	200	350
	240	420
	280	490
	300	525
	320	560
	350	595
	360	630
	400 and above	700

جدول رقم (9-4) إجهاد الخضوع لبعض المواد (σ_e)

$$W_s = \sigma_e \times b \times \pi \times m \times y = 168 \times \pi \times 8.27 \times 4 \times 0.1084$$

$$= 1887.34 \text{ N}$$

Material of pinion and gear	Brinell hardness number (B.H.N.)	Surface endurance limit (σ_{es}) in N/mm ²
Grey cast iron	160	630
Semi-steel	200	630
Phosphor bronze	100	630
Steel	150	350
	200	490
	240	616
	280	721
	300	770
	320	826
	350	910
	400	1050

جدول رقم (10-4) إجهاد الخضوع σ_{es} لبعض أسطح المواد

من الجدول اعلاه نقوم باختيار أعلى قيمة لـ σ_{es} لكي تتحمل الإحتكاك المتواصل.

$$k = \frac{(\sigma_{es})^2 \sin(\varphi)}{1.4} \left[\frac{1}{E_p} + \frac{1}{E_p} \right]$$

$$k = \frac{(1050)^2 \sin(20)}{1.4} \left[\frac{1}{200,000} + \frac{1}{200,000} \right] = 2.69341$$

$$T_g = \frac{D_g}{m} = \frac{160}{4} = 40$$

$$T_p = \frac{D_p}{m} = \frac{80}{4} = 20$$

$$Q = \frac{2T_g}{T_g + T_p} = \frac{2 \times 40}{20 + 40} = 1.333$$

$$W_w = 80 \times 8.27 \times 1.333 \times 2.69341 = 2375.35 \text{ N}$$

2-5-4 نبذة عن برنامج (MATLAB):

. تعريف البرنامج:

MATLAB (Matrix-Laboratory) (مختبر المصفوفات) هو برنامج رائد في التطبيقات الهندسية والرياضية من إنتاج شركة ماثوروركس.

MATLAB يسمح بالتلاعب حسابياً بالمصفوفات، بالرسم البياني للتوابع الرياضية، بتنفيذ الخوارزميات المختلفة، إنشاء واجهات المستخدم الرسومية، والتواصل مع البرامج المكتوبة بلغات أخرى، بما في ذلك C - ++C، جافا، وفورتران.

يستخدم البرنامج مع العديد من التطبيقات والأدوات المساعدة الأخرى مثل سيمولينك (Simulink).

الإضافات التي تنتجها الشركة تنقسم قسمين: إضافات خاصة بماتلاب، وإضافات خاصة بسيمولينك. الإضافات الخاصة بالماتلاب تُسمى صناديق عدة (Toolbox) هذه الصناديق تختلف عن بعضها البعض، إذ لكل صندوق تخصص علمي تعالجه فهي تحوي بداخلها تعليمات برمجية تؤدي إلى حل المسائل العلمية في التخصص الذي أنشئت من أجله الأداة مثل أداة معالجة الصور فهي تعالج تخصص تحليل الصور وكتابة خوارزميات لترتيب البكسلات وهكذا.

أما الإضافات الخاصة بسيمولينك فهي تُسمى كُتل (block set) تقوم بتطبيق النظريات الفيزيائية أو الرياضية على نموذجك الذي أنشئته لتعطيك محاكاة لوضع نموذجك في حال تم خضوع نموذجك لهذه النظريات الفيزيائية أو الرياضية في الواقع الحقيقي لنأخذ كتله كأمثال: يوجد في برنامج سيمولينك كتله تحاكي الطائرات، والسفن الفضائية وأنظمة الدفع تسمى (Aerospace Blockset). تستفيد الشركات المصنعة للطائرات من هذه الكتلة في إخضاع

طائراتهم لعوامل جوية معينة كالضغط الجوي وتأثيره على هيكل الطائرة بشكل افتراضي ورؤية نتائج أداء طائراتهم على الحاسب بمساعدة برنامج المحاكاة سيمولينك وهذه الكتلة.

يستخدم برنامج MATLAB في حل المشاكل العلمية العامة والحسابات العلمية.العنصر (الأداة) الأساسي في برنامج MATLAB هو المصفوفة MATRIX.

إن أوامر برنامج MATLAB متشابهة من حيث التعامل معها مع الأسلوب المستخدم لحل العمليات الحسابية بواسطة الحاسب (اللغات عالية المستوى)، إلا أن الحل باستخدام برنامج MATLAB هو أسرع من الحل باستخدام اللغات عالية المستوى [2].

3-5-4 مخرجات التصميم بواسطة MATLAB:

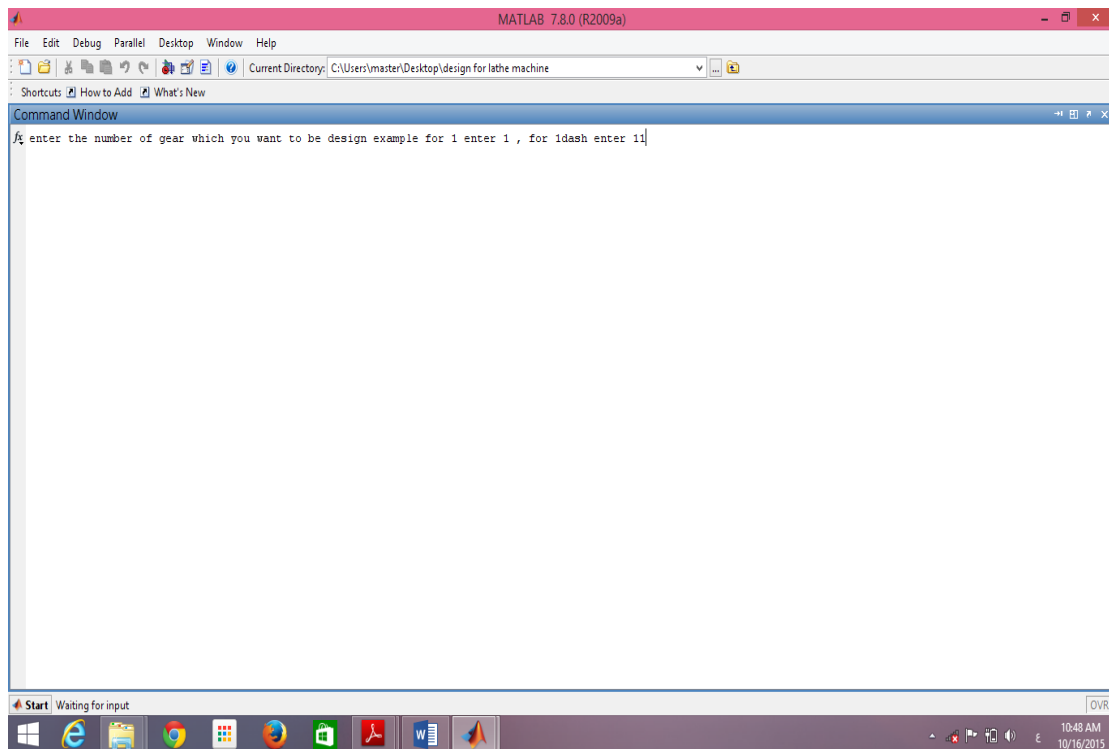
MATLAB يسمح بالتلاعب حسابياً بالمصفوفات، بالرسم البياني للتوابع الرياضية، بتنفيذ الخوارزميات المختلفة الإضافات الخاصة ب MATLAB . الصناديق (Toolbox) تختلف عن بعضها البعض، إذ لكل صندوق تخصص علمي تعالجه فهي تحوي بداخلها تعليمات برمجية تؤدي إلى حل المسائل العلمية في التخصص الذي أنشئت من أجله الأداة.

تم تطوير البرنامج باستخدام أداة ال (m-file) بحيث يكون المخرج تحليل للأحمال المسلطة على تروس علبة السرعات عند تعشيق السرعات المختلفة.

برنامج تصميم التروس:

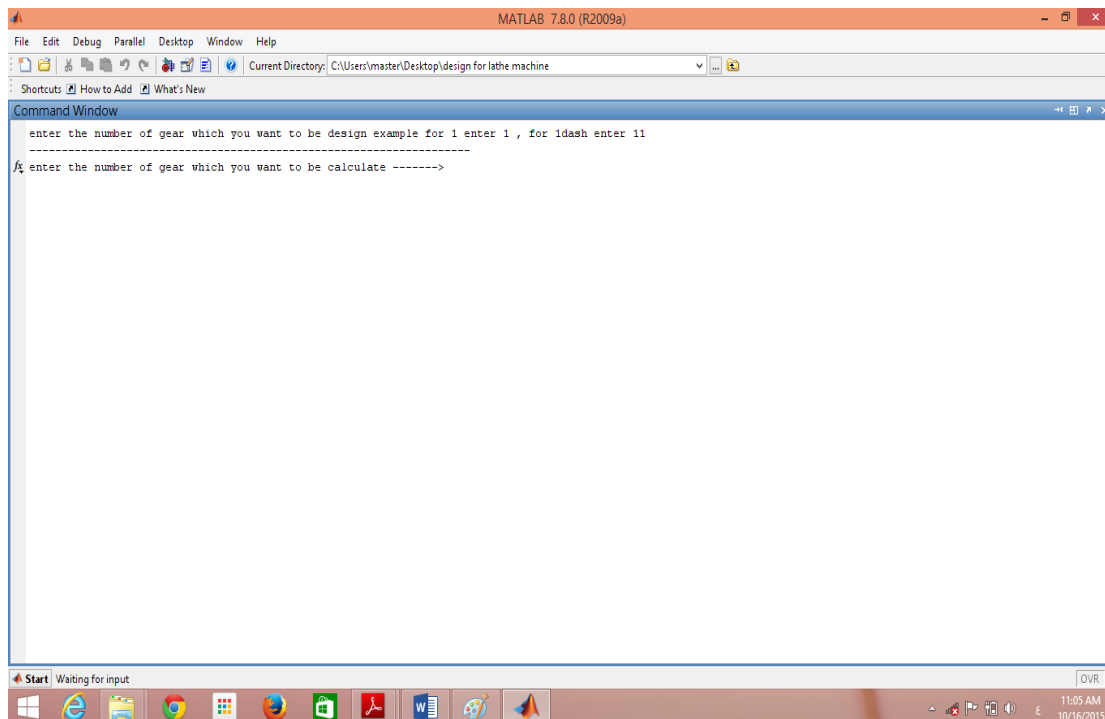
البرنامج يقوم بحساب تحليل للأحمال المسلطة على تروس علبة السرعات عند تعشيق السرعات المختلفة. تم ادخال معادلات التصميم في الأداة فيتم استدعاؤها عند الحالة المعنية ويقوم بالاستفادة منها في إجراء الحسابات اللازمة.

أولاً: ادخل رقم الترس الذي تريد الحصول على الحسابات التصميمية له، 1 ل 11 و 1 ل 11



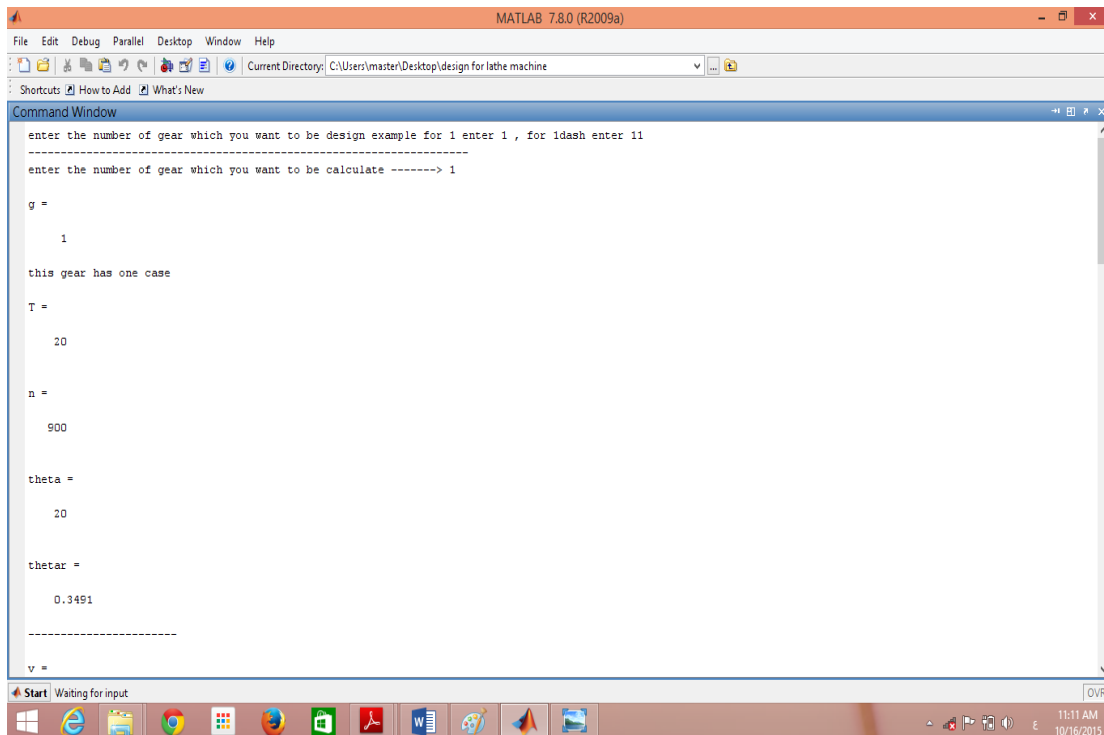
الشكل (8-4) يوضح طريقة إدخال رقم الترس في برنامج MATLAB

ثانياً: يطلب منك البرنامج ادخال رقم الترس الذي تريد الحصول على الحسابات التصميمية له:



الشكل (9-4) يوضح لحظة إدخال رقم الترس في برنامج MATLAB

ثالثا: يقوم البرنامج بإجراء الحسابات وإظهار النتائج على الشاشة:



```
enter the number of gear which you want to be design example for 1 enter 1 , for 1dash enter 11
enter the number of gear which you want to be calculate -----> 1

g =
    1

this gear has one case

T =
    20

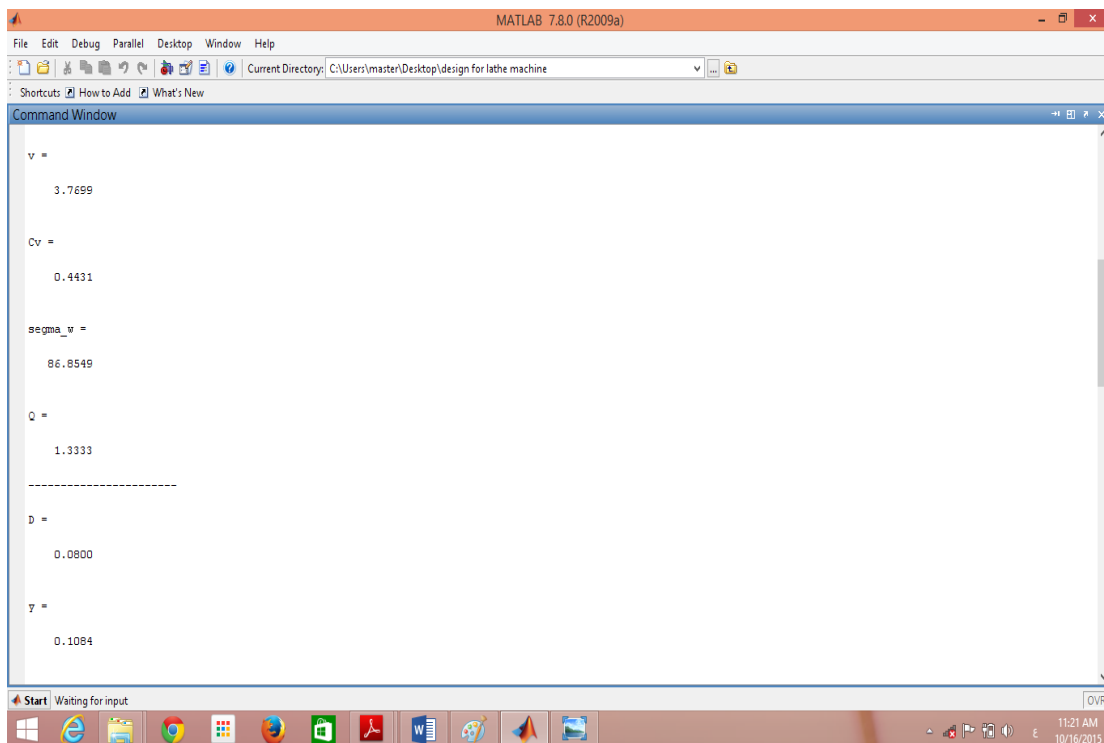
n =
    900

theta =
    20

thetar =
    0.3491

v =
```

الشكل (10-4) يوضح نتائج الحسابات في برنامج MATLAB



```
v =
    3.7699

Cv =
    0.4431

sigma_w =
    86.8549

Q =
    1.3333

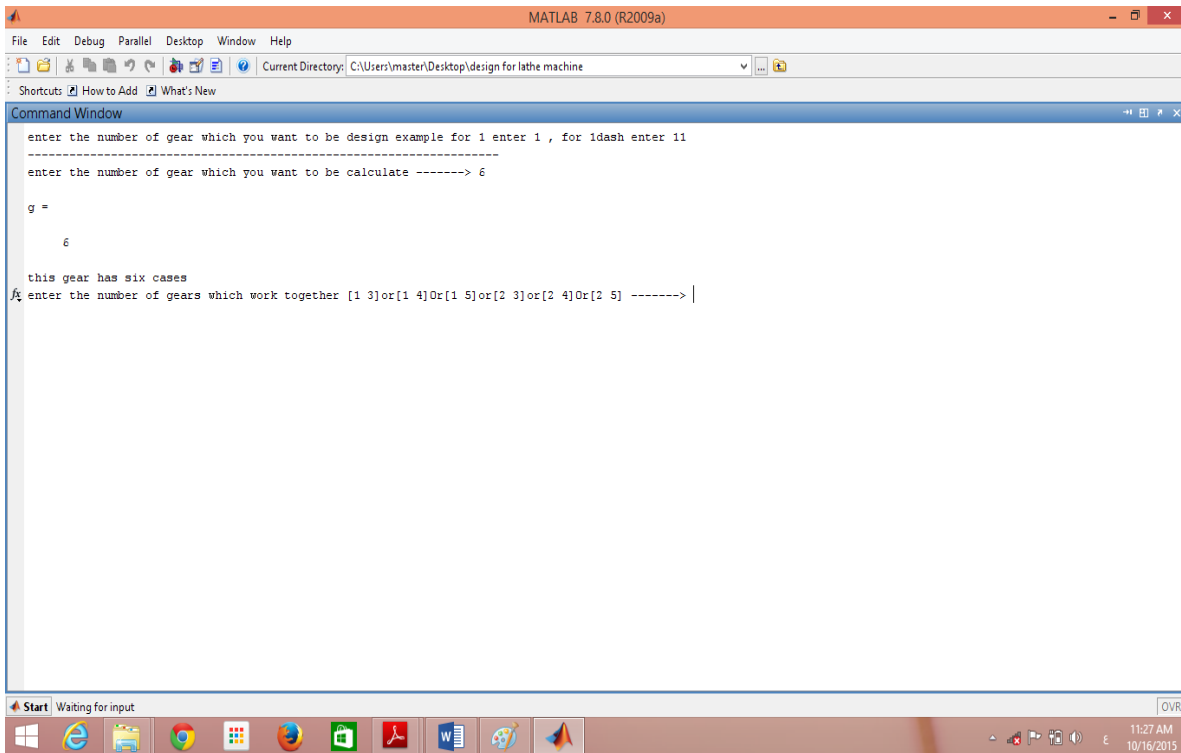
-----

D =
    0.0800

gamma =
    0.1084
```

الشكل (11-4) يوضح باقي نتائج الحسابات في برنامج MATLAB

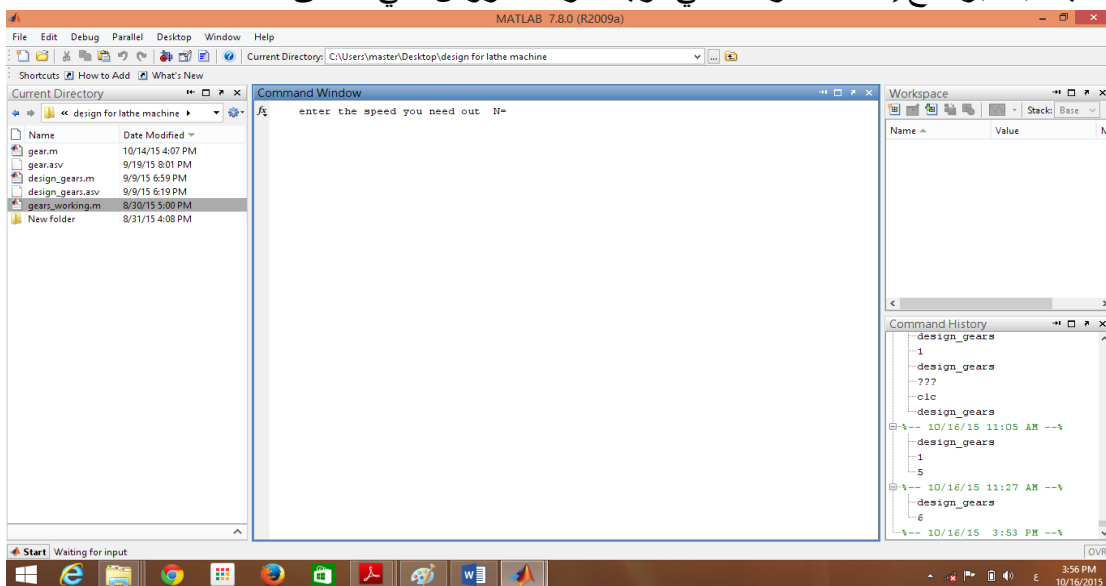
رابعاً: إذا كان الترس له أكثر من حالة يقوم بإبلاغك بعدد حالات الترس ويطلب منك إدخال الحالة التي تريد الحصول على حساباتها ومن ثم يقوم بإجراء الحسابات بنفس الطريقة السابقة:



الشكل (4-12) يوضح حالات التعشيق في الترس في برنامج MATLAB

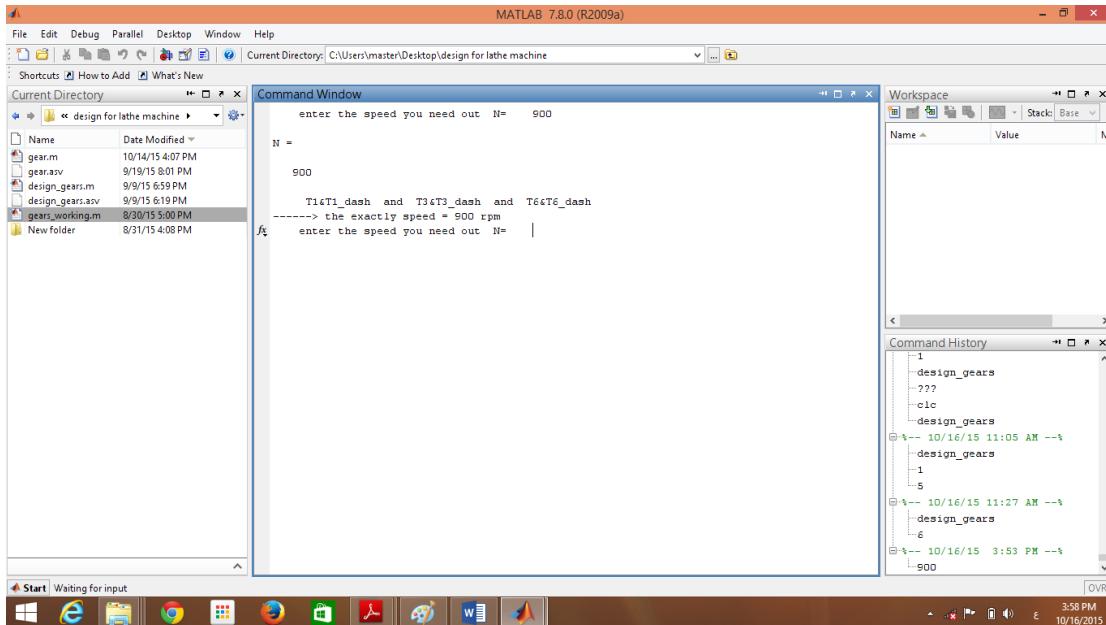
برنامج MATLAB الذي يوضح التروس المعشقة عند السرعة المعينة:

i. يطلب البرنامج إدخال السرعة التي تريد معرفة التروس التي تتعشق عندها:

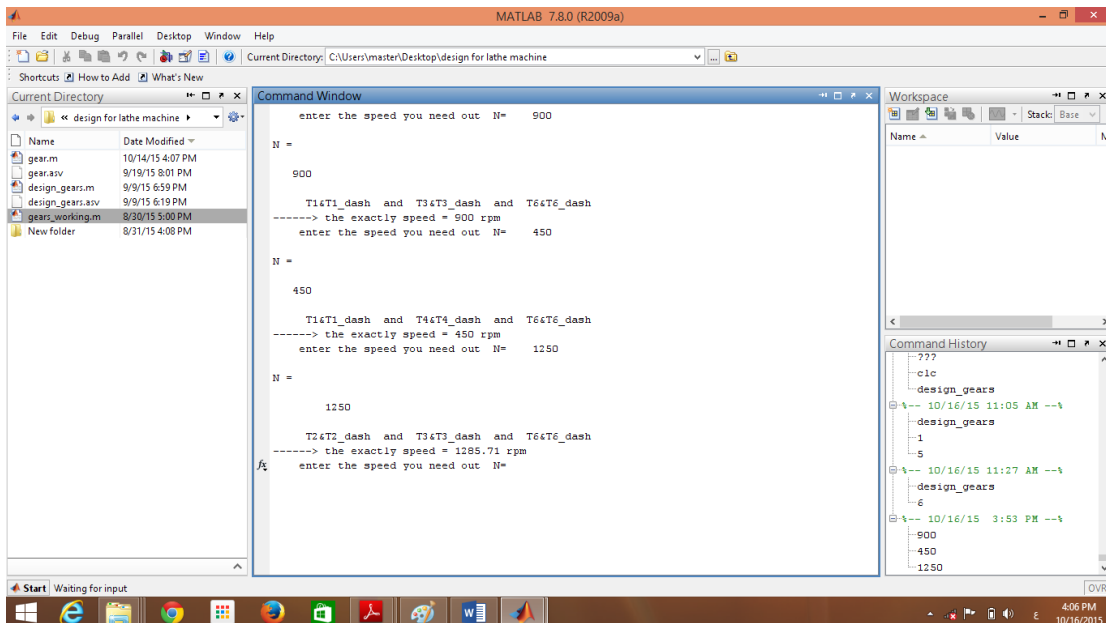


الشكل (4-13) يوضح إدخال السرعة في برنامج MATLAB

ii. يقوم البرنامج بتعريفك بالتروس التي تتعشق عند السرعة التي أدخلتها وقيمة السرعة بالضبط عند الدوران:



الشكل (4-14) يوضح التروس المعشقة في برنامج MATLAB



الشكل (4-14) يوضح التروس المعشقة لسرعات مختلفة

- الجداول في الصفحات التالية توضح حسابات كل التروس الـ 12 المكونة لعلبة السرعات وتحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم وكل حالات التعشيق لتلك الأجزاء بواسطة برنامج (MATLAB) أعلاه.

جداول (4-11) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (1)

P	4000
M	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	1060.6061
WI	33.7855
WD	1094.8
Wn	1129.1
Ws	2052.3
WG	14.3488
WR	1142.6
Ww	2576.5

V	3.7699
Cv	0.4431
σ_w	86.8549
T_p	20
Tg	40
Q	1.3333
y	0.1084
T	20
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	80
N	900
b	8.971
T(torque)	42.441

جداول (4-12) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (1`)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	1061
WI	36.6414
WD	1097.7
Wn	1129.1
Ws	2052.3
WG	28.6976
WR	1156.1
Ww	21835

v	3.7699
Cv	0.4431
σ_w	86.8549
T_p	20
Tg	40
Q	1.3333
y	0.1312
T	40
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	160
N	450
b	7.4095
T(torque)	84.8826

جداول (4-13) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (2)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	848.8264
WI	33.3462
WD	882.1725
Wn	903.3021
Ws	1870.4
WG	25.1104
WR	920.1769
Ww	16717

v	4.7124
Cv	0.3890
σ_w	76.2410
T_p	25
Tg	35
Q	1.1667
y	0.1175
T	25
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	100
N	900
b	7.5389
T(torque)	42.4413

جداول (4-14) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (2`)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	848.8264
WI	33.6943
WD	882.5207
Wn	903.3021
Ws	1870.4
WG	17.9360
WR	926.9380
Ww	11941

v	4.7124
Cv	0.3890
σ_w	76.2410
T_p	25
Tg	35
Q	1.1667
y	0.1279
T	35
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	140
N	642.8571
b	6.9248
T(torque)	59.4178

جداول (4-15) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (3&3`)(1)case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	943.1404
WI	34.7242
WD	977.8646
Wn	1003.7
Ws	1951.3
WG	32.2848
WR	1034.1
Ww	18423

v	4.2412
Cv	0.4143
σ_w	81.2026
T_p	45
Tg	45
Q	1
y	0.1337
T	45
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	180
N	450
b	6.9113
T(torque)	84.8826

جداول (4-16) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (3&3`)(2)case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	660.1983
WI	29.8360
WD	690.0342
Wn	702.5683
Ws	1708.7
WG	32.2848
WR	732.9893
Ww	18423

v	6.0588
Cv	0.3312
σ_w	64.9094
T_p	45
Tg	45
Q	1
y	0.1337
T	45
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	180
N	642.8571
T(torque)	59.4178
b	6.0523

جداول (4-17) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (4) case(1)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	1414.7
WI	41.9253
WD	1456.6
Wn	1505.5
Ws	2355.5
WG	21.5232
WR	1525.7
Ww	16376

v	2.8274
Cv	0.5148
σ_w	100.9021
T_p	30
Tg	60
Q	1.3333
y	0.1236
T	30
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	120
N	450
T(torque)	84.8826
b	9.0269

جداول (4-18) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (4) case(2)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
\emptyset	0.35
Wt	990.2974
WI	35.7819
WD	1026.1
Wn	1053.9
Ws	1991.7
WG	21.5232
WR	1074.1
Ww	16376

v	4.0392
Cv	0.4262
σ_w	83.5323
T_p	30
Tg	60
Q	1.3333
y	0.1236
T	30
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	120
N	642.8571
T(torque)	59.4178
b	7.6328

جداول (4-19) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (4) (1) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	1414.7
WI	41.4749
WD	1456.2
Wn	1505.5
Ws	2355.5
WG	43.0464
WR	1546.0
Ww	32752

v	2.8274
Cv	0.5148
σ_w	100.9021
T_p	30
Tg	60
Q	1.3333
y	0.1388
T	60
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	240
N	225
T(torque)	169.7653
b	8.0384

جداول (4-20) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (4') case(2)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	990.2974
WI	35.3353
WD	1025.6
Wn	1053.9
Ws	1991.7
WG	43.0464
WR	1094.4
Ww	32752

v	4.0392
Cv	0.4262
σ_w	83.5323
T_p	30
Tg	60
Q	1.3333
y	0.1388
T	60
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	240
N	321.4286
T(torque)	118.8357
b	6.7969

جداول (4-21) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (5) case(1)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
\emptyset	0.35
Wt	2357.9
WI	53.9348
WD	2411.8
Wn	2509.2
Ws	3163.9
WG	12.9139
WR	2521.3
Ww	11791

v	1.6965
Cv	0.6388
σ_w	125.2007
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	0.1033
T	18
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	72
N	450
T(torque)	84.8826
b	14.5031

جداول (22-4) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (5) case(2)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	1650.5
WI	45.7821
WD	1696.3
Wn	1756.4
Ws	2557.6
WG	12.9139
WR	1768.6
Ww	11791

v	2.4235
Cv	0.5531
σ_w	108.4168
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	0.1033
T	18
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	72
N	642.8571
T(torque)	59.4178
b	11.7238

جداول (4-23) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (5) (1 case)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	2357.9
WI	52.5432
WD	2410.4
Wn	2509.2
Ws	3163.9
WG	51.6557
WR	2557.8
Ww	47163

v	1.6965
Cv	0.6388
σ_w	125.2007
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	0.1413
T	72
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	288
N	112.5000
T(torque)	339.5305
b	10.6036

جداول (24-4) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (5) (2) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	1650.5
WI	44.4547
WD	1695.0
Wn	1756.4
Ws	2557.6
WG	51.6557
WR	1805.0
Ww	47163

v	2.4235
Cv	0.5531
σ_w	108.4168
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	0.1413
T	72
a	4
dm	5
B	38
Pc	12.5664
D	288
N	160.7143
T(torque)	237.6714
b	8.5716

جداول (4-25) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم(6) (1 3) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	707.3553
WI	31.2406
WD	738.5959
Wn	752.7518
Ws	1749.2
WG	50.9760
WR	800.8434
Ww	19393

v	5.6549
Cv	0.3466
σ_w	67.9387
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1388
T	60
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	240
N	450
T(torque)	84.8826
b	5.9693

جداول (4-26) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم(6) (1 4) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_O	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	1414.7
WI	42.1478
WD	1456.9
Wn	1505.5
Ws	2355.5
WG	50.9760
WR	1939.3
Ww	19393

v	2.8274
Cv	0.5148
σ_w	100.9021
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1388
T	60
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	240
N	225
T(torque)	169.7653
b	8.0384

جداول (4-27) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (6) (15 case)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	2829.4
WI	58.1151
WD	2887.5
Wn	3011.0
Ws	3568.1
WG	50.9760
WR	3059.0
Ww	19393

v	1.4137
Cv	0.6797
σ_w	133.2211
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1388
T	60
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	240
N	112.5000
T(torque)	339.530
b	12.1766

جداول (4-28) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (6) (3 2) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	495.1487
WI	27.1262
WD	522.2750
Wn	526.9263
Ws	1567.3
WG	50.9760
WR	575.0924
Ww	19393

v	8.0784
Cv	0.2708
σ_w	53.0763
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1388
T	60
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	240
N	642.8571
T(torque)	59.4178
b	5.3485

جداول (4-29) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم(6) (4 2) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	990.2974
WI	36.0022
WD	1026.3
Wn	1053.9
Ws	1991.7
WG	50.9760
WR	1101.9
Ww	19393

v	4.0392
Cv	0.4262
σ_w	83.5323
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1388
T	60
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	240
N	321.4286
T(torque)	118.8357
b	6.7969

جداول (4-30) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم(6) (2 5) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	1.9806
WI	49.1611
WD	2029.8
Wn	2107.7
Ws	2840.5
WG	50.9760
WR	2155.7
Ww	19393

v	2.0196
Cv	0.5977
σ_w	117.1409
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1388
T	60
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	240
N	12.5664
T(torque)	237.671
b	9.6937

جداول (4-31) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (6) (6 3 1 case)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	707.3553
WI	31.7649
WD	739.1202
Wn	752.7518
Ws	1749.2
WG	25.4880
WR	776.7516
Ww	9696.3

v	5.6549
Cv	0.3466
σ_w	67.9387
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1236
T	30
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	120
N	900
T(torque)	42.4413
b	6.7034

جداول (32-4) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (6) (1 4 6 case)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	1414.7
WI	42.6723
WD	1457.4
Wn	1505.5
Ws	2355.5
WG	25.4880
WR	1529.5
Ww	9696.3

v	2.8274
Cv	0.5148
σ_w	100.9021
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1236
T	30
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	120
N	450
T(torque)	84.8826
b	9.0269

جداول (4-33) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (6) (6) case(1 5 6)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_O	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
\emptyset	0.35
Wt	2829.4
WI	58.6920
WD	2888.1
Wn	3011.0
Ws	3.5681
WG	25.4880
WR	3035.0
Ww	9696.3

v	1.4137
Cv	0.6797
σ_w	133.2211
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1236
T	30
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	120
N	225
T(torque)	169.7653
b	13.6740

جداول (4-34) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (6) (6) case(2 3 6)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	495.1487
WI	27.6664
WD	522.8151
Wn	526.9263
Ws	1567.3
WG	25.4880
WR	550.9461
Ww	9696.3

v	8.0784
Cv	0.2708
σ_w	53.0763
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1236
T	30
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	120
N	1285.7
T(torque)	29.7089
b	6.0063

جداول (4-35) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (6) (6) case(2 4 6)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	990.2974
WI	36.5209
WD	1026.8
Wn	1053.9
Ws	1991.7
WG	25.4880
WR	1077.8
Ww	9696.3

v	4.0392
Cv	0.4262
σ_w	83.5323
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1236
T	30
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	120
N	642.8571
T(torque)	59.4178
b	7.6328

جداول (4-36) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (6) (2 5 6) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	1980.6
WI	49.7037
WD	2030.3
Wn	2107.7
Ws	2840.5
WG	25.4880
WR	2131.7
Ww	9696.3

v	2.0196
Cv	0.5977
σ_w	117.1409
T_p	60
Tg	30
Q	0.6667
y	0.1236
T	30
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	120
N	321.4286
T(torque)	118.8357
b	10.8858

جداول (4-37) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (7) (1 3) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	2357.9
WI	54.8679
WD	2412.7
Wn	2509.2
Ws	3163.9
WG	15.2928
WR	2523.5
Ww	13963

v	1.6965
Cv	0.6388
σ_w	125.2007
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	0.1033
T	18
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	72
N	450
T(torque)	84.8826
b	14.5031

جداول (4-38) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (7) (1 4) case

P	4000
M	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_O	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	4715.7
WI	76.0607
WD	4791.8
Wn	5018.3
Ws	5184.9
WG	15.2928
WR	5032.7
Ww	13963

v	0.8482
Cv	0.7796
σ_w	152.7975
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	0.1033
T	18
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	72
N	225
T(torque)	169.765
b	23.7673

جداول (4-39) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (7) (15 case)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	9431.4
WI	106.4646
WD	9537.9
Wn	10037
Ws	9226.9
WG	15.2928
WR	1005.1
Ww	13963

v	0.4241
Cv	0.8761
σ_w	171.7232
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	
T	18
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	72
N	112.5000
T(torque)	339.530
b	42.2958

جداول (4-40) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (7) (3 2) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
\emptyset	0.35
Wt	1650.5
WI	46.6698
WD	1697.2
Wn	1756.4
Ws	2557.6
WG	15.2928
WR	1770.8
Ww	13963

v	2.4235
Cv	0.5531
σ_w	108.4168
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	0.1033
T	18
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	72
N	642.8571
T(torque)	59.4178
b	11.7238

جداول (41-4) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (7) (2 4) case

ρ	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	330.10
WI	64.1902
WD	336.52
Wn	3512.8
Ws	3972.3
WG	15.2928
WR	3527.2
Ww	13963

v	1.2118
Cv	0.7123
σ_w	139.6092
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	0.1033
T	18
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	72
N	321.4286
T(torque)	118.835
b	18.2087

جداول (42-4) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (7) (2 5) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
\emptyset	0.35
Wt	6602.0
WI	89.4708
WD	6691.5
Wn	7025.7
Ws	6801.7
WG	15.2928
WR	7040.1
Ww	13963

v	0.6059
Cv	0.8320
σ_w	163.0671
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	0.1033
T	18
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	72
N	160.7143
T(torque)	237.6714
b	31.1787

جداول (4-43) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس
رقم (7) (1 3 7) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
\emptyset	0.35
Wt	2357.9
WI	53.2449
WD	2411.1
Wn	2509.2
Ws	3163.9
WG	61.1712
WR	2566.7
Ww	55851

v	1.6965
Cv	0.6388
σ_w	125.2007
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	0.1413
T	72
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	288
N	112.5000
T(torque)	339.5305
b	10.6036

جداول (4-44) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (7) (7 4 1 case)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	4715.7
WI	74.1463
WD	4789.8
Wn	5018.3
Ws	5184.9
WG	61.1712
WR	5075.9
Ww	55851

v	0.8482
Cv	0.7796
σ_w	152.7975
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
y	0.1413
T	72
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	288
N	56.2500
T(torque)	679.0611
b	17.3770

جداول (4-45) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (7) (7 5 1 case)

ρ	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	9431.4
WI	104.0335
WD	9535.4
Wn	1003.7
Ws	9226.9
WG	61.1712
WR	1009.4
Ww	55851

v	0.4241
Cv	0.8761
σ_w	171.7232
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
γ	0.1413
T	72
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	288
N	28.1250
T(torque)	1358.1
b	30.9238

جداول (4-46) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (7) (7 3 2 case)

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_0	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
\emptyset	0.35
Wt	1650.5
WI	45.1245
WD	1695.6
Wn	1756.4
Ws	2557.6
WG	61.1712
WR	1814.0
Ww	55851

v	2.4235
Cv	0.5531
σ_w	108.4168
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
Y	0.1413
T	72
A	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	288
N	160.7143
T(torque)	237.6714
B	8.5716

جداول (4-47) توضح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (7) (7` 2 4 7) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	3301.0
WI	62.4506
WD	3363.4
Wn	3512.8
Ws	3972.3
WG	61.1712
WR	3570.4
Ww	5585.1

v	1.2118
Cv	0.7123
σ_w	139.6092
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
Y	0.1413
T	72
A	4
Dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	288
N	80.3571
T(torque)	475.3428
B	13.3130

جداول (4-48) توضيح تحليل السرعات الخطية والدورانية وتحليل الأحمال والعزوم للترس رقم (7) (2 5 7) case

p	4000
m	4
EG	200000
EP	200000
K	2.7003
σ_o	196
σ_{es}	1050
σ_e	168
ϕ	0.35
Wt	6602.0
WI	87.3372
WD	6689.3
Wn	7025.7
Ws	6801.7
WG	61.1712
WR	7083.2
Ww	5585.1

V	0.6059
Cv	0.8320
σ_w	163.0671
T_p	18
Tg	72
Q	1.6000
Y	0.1413
T	72
a	4
dm	5
B	45
Pc	12.5664
D	288
N	40.1786
T(torque)	950.6855
b	22.7957

6-4 آلية تعشيق السرعة في العلبة

لكي يدور العمود بالسرعة النهائية لا بد من تعشيق ستة تروس في الأعمدة الأربعة وتختلف التروس المعشقة باختلاف السرعة المطلوبة. يبين الجدول التالي التروس المعشقة عند كل سرعة من الـ 12 سرعة.

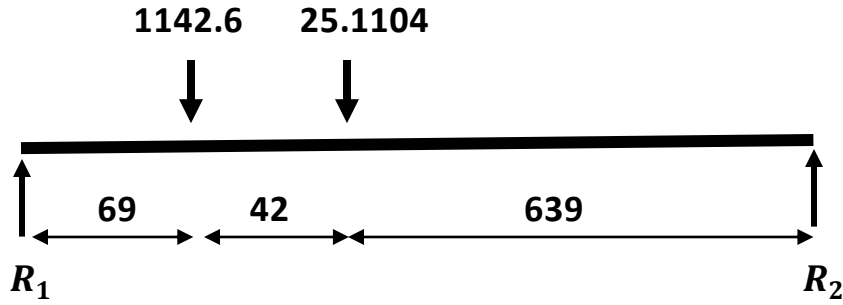
الجدول (49-4) أدناه يوضح التروس المعشقة التي تعطي السرعة المطلوبة :

السرعة	التروس المعشقة
28	T1&T1_dash and T5&T5_dash and T7&T7_dash
40	T2&T2_dash and T5&T5_dash and T7&T7_dash
56	T1&T1_dash and T4&T4_dash and T7&T7_dash
80	T2&T2_dash and T4&T4_dash and T7&T7_dash
112	T1&T1_dash and T3&T3_dash and T7&T7_dash
160	T2&T2_dash and T3&T3_dash and T7&T7_dash
224	T1&T1_dash and T5&T5_dash and T6&T6_dash
320	T2&T2_dash and T5&T5_dash and T6&T6_dash
450	T1&T1_dash and T4&T4_dash and T6&T6_dash
630	T2&T2_dash and T4&T4_dash and T6&T6_dash
900	T1&T1_dash and T3&T3_dash and T6&T6_dash
1250	T2&T2_dash and T3&T3_dash and T6&T6_dash

7-4 تصميم الأعمدة:

تم تصميم الأعمدة باستخدام المعادلات الواردة في الباب الثاني وهي معادلات الأعمدة المعرضة لعزم الحني واللي معا حيث تم التصميم بناء على عزم الحني الأكبر.

1-العمود الأول:



شكل (4-16) يوضح ردود الأفعال في العمود الأول

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_1 + R_2 = 1142.6 + 25.1104 = 1167.7104 \text{ N}$$

بأخذ العزوم حول R_1

$$\sum M_{R1} = 0$$

$$1142.6 \times 0.069 + 25.1104 \times 0.111 = 0.750 R_2$$

$$R_2 = 108.84 \text{ N}$$

$$R_1 = 1058.87 \text{ N}$$

$$M_1 = R_1 \times 0.069 = 73.06 \text{ N}$$

$$M_2 = 69.545 \text{ N}$$

$$\sigma_s = 40 \text{ MN/m}^2$$

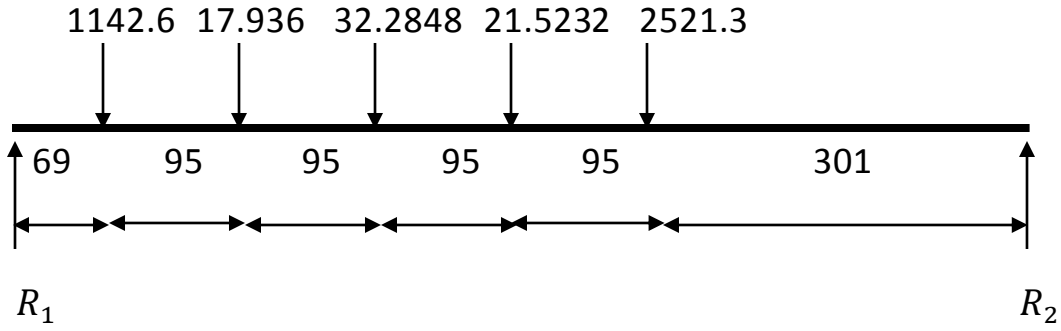
$$M_t = 42.441 \text{ N.m}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi \sigma_s} \sqrt{(M_b K_b)^2 + (K_t M_t)^2}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi \sigma_s} \sqrt{(1.5 \times 73.06)^2 + (1.5 \times 42.441)^2}$$

$$d = 25 \text{ mm}$$

2-العمود الثاني:



شكل (4-17) يوضح ردود الأفعال في العمود الثاني

$$R_1 + R_2 = 3735.644$$

$$\sum M_{R1} = 0$$

$$R_2 = 1639.767 \text{ N}$$

$$R_1 = 2095.876 \text{ N}$$

$$M_1 = 144.615 \text{ N}$$

$$M_2 = 235.876 \text{ N}$$

$$M_3 = 324.034 \text{ N}$$

$$M_4 = 246.346 \text{ N}$$

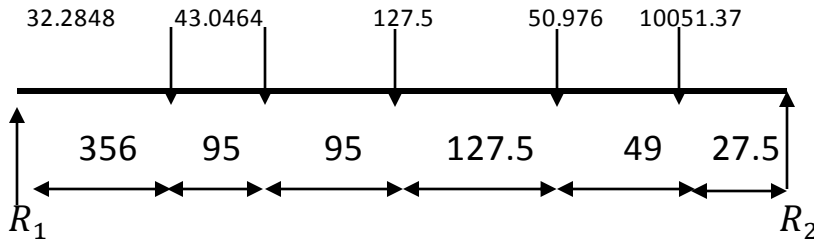
$$M_5 = 493.57 \text{ N}$$

$$M_t = 493.57 \text{ N}$$

$$\sigma_s = 55 \text{ MN/m}^2$$

$$d = 41.113 \cong 45 \text{ m}$$

3-العمود الثالث:



الشكل (4-18) يوضح ردود الأفعال في العمود الثالث

$$R_1 + R_2 = 12698.977$$

$$\sum M_{R1} = 0$$

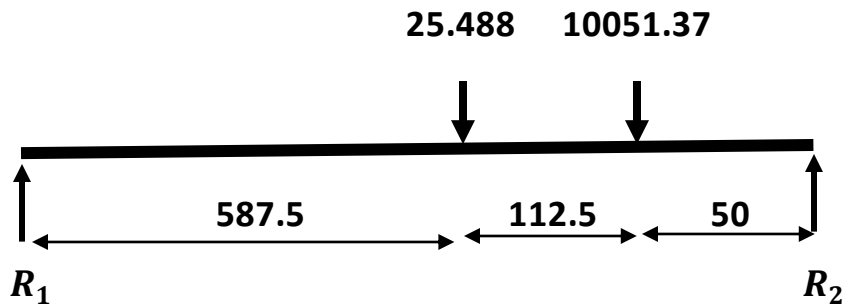
$$R_2 = 11605.313 \text{ N}$$

$$R_1 = 1093.665$$

$$M_5 = 586.92 \text{ N}$$

$$d = 48.38 \cong 50 \text{ mm}$$

4-العمود الرابع:



شكل (4-19) يوضح ردود الأفعال في العمود الرابع

$$R_1 + R_2 = 10076.858 \text{ N}$$

$$\sum M_{R1} = 0$$

$$R_2 = 9401.244 \text{ N}$$

$$R_1 = 675.614 \text{ N}$$

$$M_6 = 396.923 \text{ N}$$

$$M_7 = 470.0624 \text{ N}$$

$$d = 58.44 \cong 60 \text{ mm}$$

8-4 تصميم المحامل (Bearings Design):

يتم اختيار المحامل على أساس رد الفعل على جانبي العمود ومن ثم حساب عمر المحمل وإيجاد أبعاد المحمل لكل عمود. وذلك وفقا للمعادلات المذكورة في الباب الثاني من خطوات تصميم المحامل. يتم تصميم المحمل على أساس رد الفعل الأكبر.

نختار المحامل ذات المجرى العميق وذلك لتمييزها بالآتي:

1- تصلح للسرعات العالية والمنخفضة.

2- تستخدم لحمل الأحمال المحورية في الاتجاهين.

3- استبدال المحمل عند التلف يتم بسهولة.

4- تصلح لحمل الأقطار الصغيرة والكبيرة.

أ/ اختيار محمل العمود الأول:

$$R_1 = 1058.87 \text{ N}$$

$$C_1 = 1058.87 \times (2 \times 10^9 / 10^6)^{1/3} = 28742.154 \text{ N}$$

من جداول المحامل:

$$d_1 = 25 \text{ mm}$$

$$D_1 = 62 \text{ mm}$$

$$B_1 = 17 \text{ mm}$$

$$r_{min1} = 1.1 \text{ mm}$$

Bearing no = 6305

ب/ اختيار محمل العمود الثاني:

$$R_1 = 2095.876 \text{ N}$$

$$C_2 = 2095.876 \times (2 \times 10^9 / 10^6)^{1/3} = 56890.83 \text{ N}$$

من جداول المحامل:

$$d_1 = 50 \text{ mm}$$

$$D_1 = 110 \text{ mm}$$

$$B_1 = 27 \text{ mm}$$

$$r_{min1} = 2 \text{ mm}$$

Bearing no = 6310

ج/ اختيار محمل العمود الثالث:

$$R_2 = 11605.313 \text{ N}$$

$$C_3 = 11605.313 \times (2 \times 10^9 / 10^6)^{1/3} = 315016.66 \text{ N}$$

من جداول المحامل:

$$d_1 = 60 \text{ mm}$$

$$D_1 = 130 \text{ mm}$$

$$B_1 = 31 \text{ mm}$$

$$r_{min1} = 2.1 \text{ mm}$$

Bearing no = 6312

د/ اختيار محمل العمود الرابع:

$$R_2 = 9401.244 \text{ N}$$

$$C_4 = 9401.244 \times (2 \times 10^9 / 10^6)^{1/3} = 255433.32 \text{ N}$$

من جداول المحامل:

$$d_1 = 50 \text{ mm}$$

$$D_1 = 110 \text{ mm}$$

$$B_1 = 27 \text{ mm}$$

$$r_{min1} = 2 \text{ mm}$$

Bearing no = 6310

9-4 الخوابير:

يتم تصميم الخوابير كما يلي:

1-3-4 تصميم خابور العمود الثاني:

1- اختيار الأبعاد المناسبة (العرض والسمك) من الجدول المرفق وتعتمد على قطر العمود (25mm)

من الجدول للعمود الأول.

$$W=16 \text{ mm} \quad t=10 \text{ mm}$$

2- حساب العزم المسلط على الخابور

$$T = \frac{\pi \times \tau \times d^3}{16} = \frac{\pi \times 42 \times (45)^3}{16} = 751478.7802 \text{ N.mm}$$

3- حساب طول الخابور بدلالة إجهاد القص

$$l = \frac{2 \times T}{w \times \tau \times d} = \frac{2 \times 751478.7802}{10 \times 42 \times 45} = 49.7 \text{ mm}$$

4- حساب طول الخابور بدلالة إجهاد السحق

$$l = \frac{4 \times T}{t \times \sigma_c \times d} = \frac{4 \times 751478.7802}{8 \times 70 \times 45} = 95.43 \text{ mm}$$

بما أن عرض الترس 38mm والمسافة بين كل ترس $38 \times 1.5 = 57 \text{ mm}$ نختار طول الخابور ($l=126 \text{ mm}$).

2-3-4 تصميم خابور العمود الرابع:

1- اختيار الأبعاد المناسبة (العرض والسمك) من الجدول المرفق وتعتمد على قطر العمود
(50mm)

من الجدول للعمود الأول.

$$W=20mm \quad t=12mm$$

2- حساب العزم المسلط على الخابور

$$T = \frac{\pi \times \tau \times d^3}{16} = \frac{\pi \times 42 \times (60)^3}{16} = 1781283.035 \text{ N.mm}$$

3- حساب طول الخابور بدلالة إجهاد القص

$$l = \frac{2 \times T}{w \times \tau \times d} = \frac{2 \times 1781283.035}{16 \times 42 \times 60} = 70.686 \text{ mm}$$

4- حساب طول الخابور بدلالة إجهاد السحق

$$l = \frac{4 \times T}{t \times \sigma_c \times d} = \frac{4 \times 1781283.035}{110 \times 70 \times 60} = 141.37 \text{ mm}$$

بما أن عرض الترس 45mm والمسافة بين كل ترس $(\times 1.5)$ $67.5mm=45(\times 1.5)$ نختار
طول الخابور ($l=185mm$).