



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
MAK313 MEKANİZMA TEKNİĞİ FINAL SINAVI 03/01/2020
Dr. Nurdan Bilgin

Öğrenci No :
İsim Soyisim :

Sınav Süresi:100 dakikadır.

Formüller:

$$F = \lambda(l - j - 1) + \sum_{i=1}^j f_i$$

$$A \cos \theta + B \sin \theta = C; \sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1; e^{\pm i\theta} = \cos \theta \pm i \sin \theta$$

$$\tan(\theta/2) = t; \sin \theta = \frac{2t}{1+t^2}; \cos \theta = \frac{1-t^2}{1+t^2}; t_{1,2} = \frac{B \pm \sqrt{A^2 + B^2 - C^2}}{(A+C)}$$

$$\cos(\alpha \mp \beta) = \cos \alpha \cos \beta \pm \sin \alpha \sin \beta; \sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta$$

$$\text{Kosinüs Teoremi: } a^2 = b^2 + c^2 - 2bccos\theta$$

$$R_{ij} = \frac{n_{1j}}{n_{1i}} = (-1)^k \frac{\text{Tahrik Edilen Dişlilerin Diş Sayıları Çarpımı}}{\text{Tahrik Edilen Dişlilerin Diş Sayıları Çarpımı}}; \pm \frac{r_i}{r_j} = \frac{(\omega_{1j} - \omega_{1k})}{(\omega_{1i} - \omega_{1k})}$$

SORULAR

Soru 1:

a.) $F = \lambda(l - j - 1) + \sum_{i=1}^j f_i$ denklemindeki parametrelerin anlamını ifade ediniz (3 puan).

λ =Uzay Serbestlik Derecesi, l = Mekanizmada uzuv sayısı (sabit uzuv dahil), j = Mekanizmada mafsalsayısı, f_i = i mafsalının serbestlik derecesi, F = Mekanizma serbestlik derecesi

b.) Aşağıdaki mekanizmaların serbestlik derecesini resimlerin altında bırakılan boşlukları kullanarak hesaplayınız (12 puan).

$l = 8, j_R = 9, J_P = 1$ $\sum f_i = 10,$ $F = 3(8 - 10 - 1) + 10 = 1$	$l = 7, j_R = 7, J_P = 1$ $\sum f_i = 8,$ $F = 3(7 - 8 - 1) + 8 = 2$	$l = 5, j_R = 5$ $\sum f_i = 5,$ $F = 3(5 - 5 - 1) + 5 = 2$

Soru 2: (35 puan) Bir öğrenci aşağıda verilen Freudenstein denkleminini kullanarak $\theta_{14} = 1.2 * \theta_{12} + 15^0$ fonksiyonunu sağlamak üzere bir mekanizma tasarımı yapmıştır.

$$K_1 \cos \theta_{14} - K_2 \cos \theta_{12} + K_3 = \cos(\theta_{14} - \theta_{12})$$

K parametreleri, uzuv boyutları cinsinden aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$K_1 = \frac{r_1}{r_2}, K_2 = \frac{r_1}{r_4} \text{ ve } K_3 = \frac{r_1^2 + r_2^2 - r_3^2 + r_4^2}{2r_2r_4}$$

Giriş Kolumun açı değerlerini $(\theta_{12})_k = [30, 45, 70] k = 1,2,3$ olarak $K = [0.17464, 0.21491, 1.0108]$ değerlerini bulmuştur.

Öğrenci No :
İsim Soyisim :

a.) K değerlerinin doğruluğunu kanıtlayınız (12.5 puan).

$$(\theta_{14})_k = [21, 39, 69]$$

$$\begin{bmatrix} \cos(21) & -\cos(30) & 1 \\ \cos(39) & -\cos(45) & 1 \\ \cos(69) & -\cos(70) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(-9) \\ \cos(-6) \\ \cos(-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.9877 \\ 0.9945 \\ 0.9998 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0.9336 & -0.8660 & 1 \\ 0.7771 & -0.7071 & 1 \\ 0.3584 & -0.3420 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.17464 \\ 0.21491 \\ 1.0108 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.9877 \\ 0.9945 \\ 0.9998 \end{bmatrix}$$

b.) Uzunluk boyutlarını, $r_1 = 100 \text{ mm}$ olarak belirleyiniz. (10 puan)

Uzunluk boyutları

$$K_1 = \frac{r_1}{r_2} \Rightarrow r_2 = \frac{100}{0.17464} = 572.62, \quad K_2 = \frac{r_1}{r_4} \Rightarrow r_4 = 465.31 \text{ ve } K_3 = \frac{r_1^2 + r_2^2 - r_3^2 + r_4^2}{2r_2r_4} \Rightarrow r_3 = 125.6038$$

c.) Uzunluk boyutlarını ve Giriş açısının $\theta_{12} = 30^\circ$ değerlerini kullanarak kinematik analiz sonucu bulacağınız değeri verilen fonksiyona uygun olduğunu kanıtlayınız (12.5 puan).

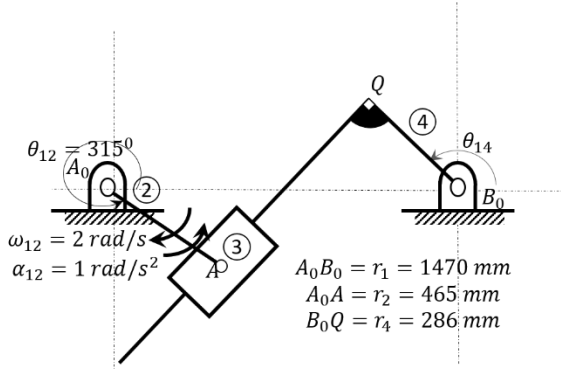
$$K_1 \cos \theta_{14} - K_2 \cos \theta_{12} + K_3 = \cos(\theta_{14} - \theta_{12})$$

$$A = \cos \theta_{12} - K_1; B = \sin \theta_{12}; C = K_3 - K_2 \cos \theta_{12}$$

$$\tan(\theta/2) = t; \sin \theta = \frac{2t}{1+t^2}; \cos \theta = \frac{1-t^2}{1+t^2}; t_{1,2} = \frac{B \pm \sqrt{A^2 + B^2 - C^2}}{(A+C)}$$

$$t_{1,2} = \begin{bmatrix} 0.1853 \\ 0.4743 \end{bmatrix} \Rightarrow \theta_{14} = 2 * \text{atan}(t_1) = 21$$

Soru 3: (50 puan) Yandaki mekanizmanın verilen boyut ve gösterilen, açısal konum, açısal hız ve ivme bilgilerine göre



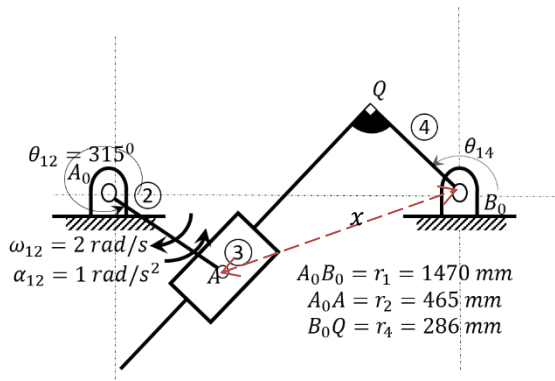
için kosinüs teoremini kullanabilirsiniz.

- Çıkış uzununun konumunu θ_{14} 'ü,
- 3 ve 4 uzunlarının hızını
- Eğer dört uzununun hızı aşağıdaki hız etki katsayısına göre bulunabiliyor ise 4 uzununun ivmesini belirleyiniz.

$$\dot{\theta}_{14} = \frac{r_2 \sin(\theta_{12} - \theta_{14})}{s} \omega_{12}$$

İkaz 1: Devre kapalılık denklemini yazarken, kayar uzunun yatayla yaptığı açığı θ_{14} cinsinden yazabileceğinize dikkat edin.

İkaz 2: kayar uzun Q noktasına uzunluğunu bulmak



Çözüm:

Vektör Kapalılık Denklemi (5 puan)

$$r_2 e^{i\theta_{12}} = r_1 + r_4 e^{i\theta_{14}} + s e^{i(\theta_{14}+90)}$$

Hatırlatma:

$$\cos(\theta_{14} + 90) = \cos \theta_{14} \cos 90 - \sin \theta_{14} \sin 90 = -\sin \theta_{14}$$

$$\sin(\theta_{14} + 90) = \sin \theta_{14} \cos 90 + \cos \theta_{14} \sin 90 = \cos \theta_{14}$$

Skaler Formda Yeniden Yazalım (5 puan)

$$r_2 * \cos \theta_{12} = r_1 + r_4 \cos \theta_{14} - s * \sin \theta_{14}$$

$$r_2 * \sin \theta_{12} = r_4 \sin \theta_{14} + s * \cos \theta_{14}$$

İki denklem, iki bilinmeyen s ve θ_{14} var, çözüm bulunur. s 'i yok etmek üzere birinci denklemi $\cos \theta_{14}$ ile ikinci denklemi de $\sin \theta_{14}$ ile çarpıp taraf tarafa toplayalım.

Öğrenci No :
İsim Soyisim :

$$\begin{aligned}
r_2 * \cos\theta_{12}\cos\theta_{14} &= r_1\cos\theta_{14} + r_4\cos^2\theta_{14} - s * \sin\theta_{14}\cos\theta_{14} \\
r_2 * \sin\theta_{12}\sin\theta_{14} &= r_4\sin^2\theta_{14} + s * \cos\theta_{14}\sin\theta_{14} \\
r_2\cos\theta_{12}\cos\theta_{14} + r_2\sin\theta_{12}\sin\theta_{14} &= r_1\cos\theta_{14} + r_4 \\
(r_2\cos\theta_{12} - r_1)\cos\theta_{14} + r_2\sin\theta_{12}\sin\theta_{14} &= r_4 \\
A = r_2\cos\theta_{12} - r_1 = -1141.12, B = r_2\sin\theta_{12} = -328.8; C = r_4 = 286 \\
t_{1,2} &= \frac{B \mp \sqrt{A^2 + B^2 - C^2}}{(A + C)} \Rightarrow t_1 = 1.732321, t_2 = -0.96336
\end{aligned}$$

Şekle göre açı pozitif, pozitif değerle devam edersek; $\theta_{14} = 2 * \text{atan}(1.732321) = 120^\circ$ (10 puan)

$$r_2 * \sin\theta_{12} = r_4\sin\theta_{14} + s * \cos\theta_{14} \Rightarrow s = \frac{r_2\sin\theta_{12} - r_4\sin\theta_{14}}{\cos\theta_{14}} = 1152.96 \quad (10 \text{ puan})$$

Alternatif Olarak Kosinüs Teoreminden;

$$\begin{aligned}
x^2 &= s^2 + r_4^2 \\
x^2 &= r_2^2 + r_1^2 - 2r_1r_2\cos(360 - \theta_{12}) \\
s^2 &= r_2^2 + r_1^2 - r_4^2 - 2r_1r_2\cos(45) \\
s &= \sqrt{r_2^2 + r_1^2 - r_4^2 - 2r_1r_2\cos(45)} \\
s &= 1152.668 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
r_2 * \cos\theta_{12} &= r_1 + r_4\cos\theta_{14} - s * \sin\theta_{14} \\
r_2 * \sin\theta_{12} &= r_4\sin\theta_{14} + s * \cos\theta_{14} \\
\begin{bmatrix} r_2 * \cos\theta_{12} - r_1 \\ r_2 * \sin\theta_{12} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} r_4 & -s \\ s & r_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_{14} \\ \sin\theta_{14} \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} \cos\theta_{14} \\ \sin\theta_{14} \end{bmatrix} &= \text{inv} \left(\begin{bmatrix} r_4 & -s \\ s & r_4 \end{bmatrix} \right) * \begin{bmatrix} r_2 * \cos\theta_{12} - r_1 \\ r_2 * \sin\theta_{12} \end{bmatrix} \\
\theta_{14} &= \text{atan2}(\sin\theta_{14}, \cos\theta_{14}) = 120^\circ
\end{aligned}$$

Hız analizi için konum deklemlerinin türevini alıyoruz. $\dot{\theta}_{12} = \omega_{12} = 2 \text{ rad/s}$

$$\begin{aligned}
r_2\cos\theta_{12} &= r_1 + r_4\cos\theta_{14} - s * \sin\theta_{14} \\
r_2\sin\theta_{12} &= r_4\sin\theta_{14} + s * \cos\theta_{14}
\end{aligned}$$

Türev ifadelerinin doğru elde edilmesi (10 puan)

$$\begin{aligned}
-r_2\sin\theta_{12}\dot{\theta}_{12} &= -(r_4\sin\theta_{14} + s\cos\theta_{14})\dot{\theta}_{14} - \dot{s}\sin\theta_{14} \\
r_2\cos\theta_{12}\dot{\theta}_{12} &= (r_4\cos\theta_{14} - s\sin\theta_{14})\dot{\theta}_{14} + \dot{s}\cos\theta_{14} \\
\begin{bmatrix} -r_2\sin\theta_{12}\dot{\theta}_{12} \\ r_2\cos\theta_{12}\dot{\theta}_{12} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -(r_4\sin\theta_{14} + s\cos\theta_{14}) & -\sin\theta_{14} \\ (r_4\cos\theta_{14} - s\sin\theta_{14}) & \cos\theta_{14} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta}_{14} \\ \dot{s} \end{bmatrix} \\
\dot{\theta}_{14} &= \frac{\begin{bmatrix} -r_2\sin\theta_{12}\dot{\theta}_{12} & -\sin\theta_{14} \\ r_2\cos\theta_{12}\dot{\theta}_{12} & \cos\theta_{14} \end{bmatrix}}{\det \left(\begin{bmatrix} -(r_4\sin\theta_{14} + s\cos\theta_{14}) & -\sin\theta_{14} \\ (r_4\cos\theta_{14} - s\sin\theta_{14}) & \cos\theta_{14} \end{bmatrix} \right)} = \frac{-r_2\sin(\theta_{12} - \theta_{14})}{s} \omega_{12} = 0.2088 \text{ rad/s}
\end{aligned}$$

$$\dot{s} = \frac{\begin{bmatrix} -(r_4\sin\theta_{14} + s\cos\theta_{14}) & -r_2\sin\theta_{12}\dot{\theta}_{12} \\ (r_4\cos\theta_{14} - s\sin\theta_{14}) & r_2\cos\theta_{12}\dot{\theta}_{12} \end{bmatrix}}{\det \left(\begin{bmatrix} -(r_4\sin\theta_{14} + s\cos\theta_{14}) & -\sin\theta_{14} \\ (r_4\cos\theta_{14} - s\sin\theta_{14}) & \cos\theta_{14} \end{bmatrix} \right)} = \frac{r_2\omega_{12}[r_4\sin(\theta_{12} - \theta_{14}) - s\cos(\theta_{12} - \theta_{14})]}{s} = 1086 \text{ mm/s}$$

Hız ifadelerinin doğru bulunması 5'er puan

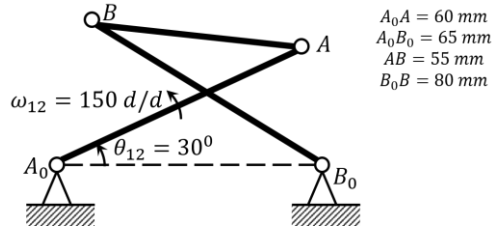
İvme Analizi Türevini doğru alınması 5 puan, değerinin bulunması 5 puan.

$$\begin{aligned}
\dot{\theta}_{14} &= \frac{r_2\sin(\theta_{12} - \theta_{14})}{s} \omega_{12} \\
\ddot{\theta}_{14} &= \frac{r_2\cos(\theta_{12} - \theta_{14})(\dot{\theta}_{12} - \dot{\theta}_{14}) - \dot{s}r_2\sin(\theta_{12} - \theta_{14})}{s^2} \omega_{12} + \frac{r_2\sin(\theta_{12} - \theta_{14})}{s} \alpha_{12} \\
\ddot{\theta}_{14} &= \frac{465 * 2 * [\cos(195)(2 - 0.2088) - 1086 * \sin(195)]}{1152.6^2} + \frac{465 * \sin(195)}{1152.6} (-1) = 0.2999 \text{ rad/s}^2
\end{aligned}$$

Öğrenci No :

İsim Soyisim :

Soru 4 (30 puan): Yandaki Çapraz Dört Çubuk Mekanizmasında, ani dönme merkezi prensibini kullanarak



ω_{13} ve ω_{14} 'ü bulunuz.

$$|AB_0|^2 = |A_0B_0|^2 + |A_0A|^2 - 2 * |A_0B_0| * |A_0A| * \cos\theta_{12} \quad (3 \text{ puan})$$

$$\frac{AB_0}{\sin(\theta_{12})} = \frac{A_0B_0}{\sin(\alpha)} \quad (3 \text{ puan})$$

$$|AB_0|^2 = |AB|^2 + |B_0B|^2 - 2 * |AB| * |B_0B| * \cos\beta \quad (3 \text{ puan})$$

$$\frac{AB_0}{\sin(\beta)} = \frac{AB}{\sin(\gamma)} \quad (3 \text{ puan})$$

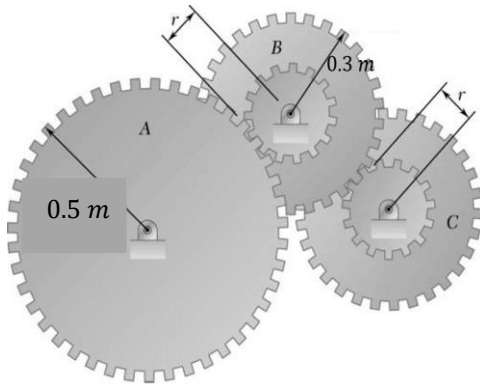
$$\delta = 180 - \alpha - \gamma - \theta_{12} \quad (3 \text{ puan})$$

$$\frac{A_0B_0}{\sin(\alpha + \gamma)} = \frac{A_0I_{13}}{\sin(\delta)} = \frac{B_0I_{13}}{\sin(\theta_{12})} \quad (3 \text{ puan})$$

$$A_0I_{13} = 40.8906; B_0I_{13} = 35.9644; I_{13}A = 19.1094; I_{13}B = 44.0356$$

$$\omega_{13} = \omega_{12} \frac{|AA_0|}{|I_{13}A|} = 470.9733 \frac{dev}{dak} \quad (6 \text{ puan})$$

$$\omega_{14} = \omega_{13} \frac{|I_{13}B|}{|BB_0|} = 259.2446 \frac{dev}{dak} \quad (6 \text{ puan})$$



Soru 5 (20 puan): Şekilde gösterilen dişli sisteminde küçük dişlilerin yarı çapı $r = 50 \text{ mm}$ dir. C dişlisinin hızı $n_C = 1 \frac{dev}{dak}$ olduğuna göre A dişlisinin hızı n_A ne olur.

$$\frac{n_C}{n_B} = \frac{r_B}{r} \Rightarrow n_B = \frac{r n_C}{r_B}$$

$$\frac{n_B}{n_A} = \frac{r_A}{r} \Rightarrow n_A = \frac{r n_B}{r_A} = \frac{r \frac{r n_C}{r_B}}{r_A} = \frac{r^2 n_C}{r_A r_B}$$

$$n_A = \frac{50^2}{300 * 500} 1 \frac{dev}{dak} = \frac{1}{60} \frac{dev}{dak}$$