



MEKANİZMA TEKNİĞİ LABORATUARI

Deney Sorumlusu ve Uyg. Öğr. El.

Prof.Dr. Hasan ALLİ

Doç.Dr. Orhan ÇAKAR

Arş.Gör. Mesut HÜSEYİNOĞLU

Arş. Gör. Murat ŞEN

DENEY NO:1

KONU: Dört Çubuk Mekanizması Deneyi

AMAÇ: Bu deneyin amacı pratikte en çok kullanılan mekanizmalardan biri olan dört çubuk mekanizmasının tasarlanmasında faydalanan Grashof teoremi, bağlama açısı ve ölü konum parametrelerinin kavranması ve istenilen sarkaç açısını sağlayacak dört kol mekanizmasının tasarlanmasının öğrenilmesidir.

KAPSAM: Bu deneyde Grashof teoremi kullanılarak kol-sarkaç, çift-kol ve çift sarkaç mekanizmalarının tasarımı öğretilecek ve bunlar bilgisayar ortamında canlandırılacaktır. Bağlama açısı ve ölü konumların bir dört çubuk mekanizmasının tasarımındaki önemi kavranacak ve bunlar model mekanizma üzerinde incelenecektir. Ayrıca kol-sarkaç mekanizmasının grafiksel yöntemle tasarımı öğrenilecektir.

1. TEORİK BİLGİLER

Dört çubuk mekanizması pratikte en çok kullanılan mekanizmalardan biridir. En az sayıda eleman kullanılarak birçok hareketin üretilmesinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Bir dört çubuk mekanizmasının tasarımında Grashof teoremi ile bağlama (iletim-transmisyon) açısı ve ölü konum parametrelerinden faydalanılmaktadır. Grashof teoremi bu mekanizmanın nasıl bir hareket yapacağını yani kol-sarkaç, çift-kol veya çift-sarkaç mekanizmalarından hangisi olacağını belirlerken iletim açısı kuvvet iletiminin önemli olduğu mekanizmalarda, ölü konumlar ise istenilen salınım açısının sağlanmasında faydalanan parametrelerdir.

1.1. Grashof teoremi

Grashof teoremi; dört uzuvlu döner mafsallı bir zincirden kinematik yer değişim ile elde edilebilecek dört çubuk mekanizmalarının yapacağı hareketleri uzuv boylarına bağlı olarak belirler.

S : En kısa uzvun boyu

L : En uzun uzvun boyu

P, Q : Kalan diğer iki uzvun boyları olmak üzere

Eğer

$$S + L \leq P + Q \quad (1)$$

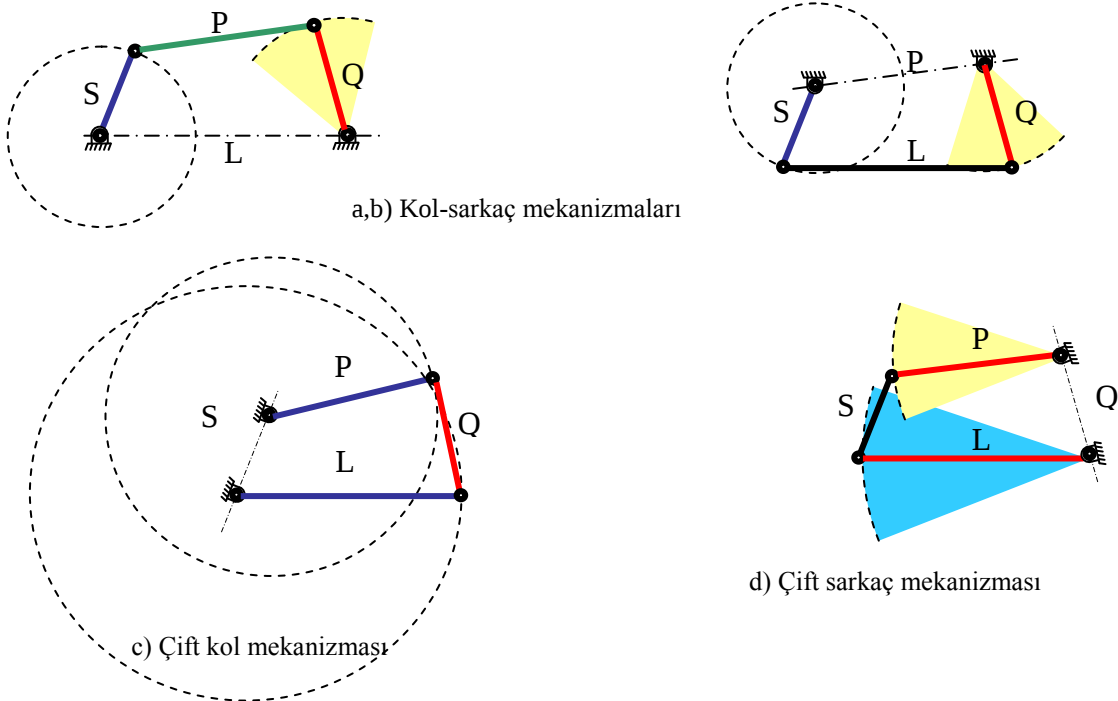
ise mekanizma Grashof 'tur denilir ve en az bir uzuv sabit uzva göre **tam dönme** yapar.

Şayet bu eşitlik doğru değil ise mekanizma Grashof değildir denilir ve hiç bir uzuv sabit uzva göre **tam dönme yapamaz**.

Dört çubuk mekanizmasının yapacağı hareket Grashof teoremi ve seçilen kinematik yer değişime bağlı olacaktır. En küçük uzva göre yer değişimler belirlenecek olursa:

I. $S + L < P + Q$:

- ❖ Sabit uzuv en kısa uzva komşu ise **kol-sarkaç** elde edilir. En kısa uzuv tam dönme ve sabit uzva bağlı diğer uzuv ise sarkaç hareketi yapar. (Şekil 1a ve 1b)
- ❖ Sabit uzuv en kısa uzuv olursa **çift kol** mekanizması elde edilir. Sabit uzva bağlı uzuvların ikisi de tam dönme yapar. (Şekil 1c)
- ❖ Sabit uzuv en kısa uzvun karşısında ise **çift sarkaç** elde edilir. Sadece biyel tam dönme yapar.(Şekil 1d)



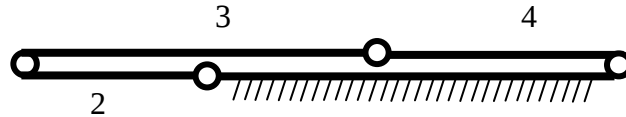
Şekil 1. Grashof teoremine göre dört uzuvlu döner mafsallı zincirden elde edilebilen mekanizmalar.

II. $S + L > P + Q$:

- ❖ Hangi uzuv sabit olursa olsun sadece değişik salınım açıları olan **çift sarkaç** mekanizmaları elde edilir.

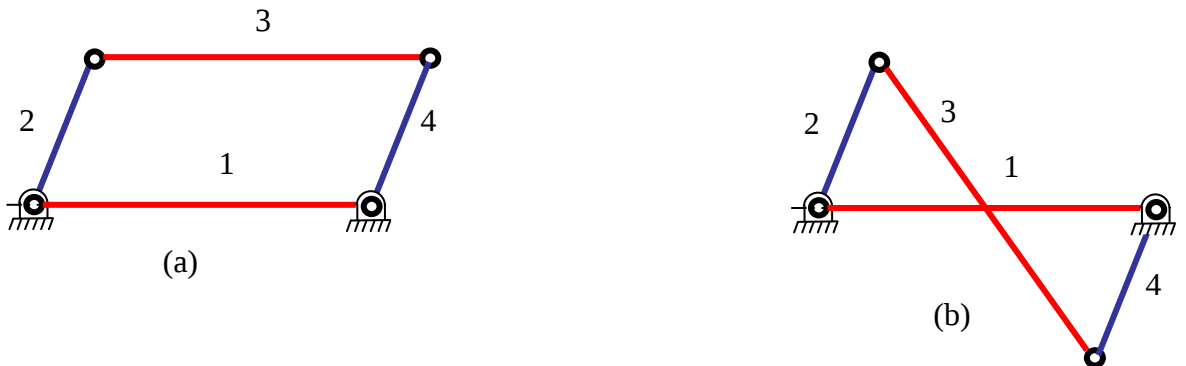
III. $S + L = P + Q$:

- ❖ Bu durumda kol-sarkaç, çift-kol ve çift sarkaç mekanizmaları elde edilebilir. Ancak tüm uzuvların bir doğru üzerinde olduğu **kritik bir konum** oluşmaktadır (Şekil 2). Bu kritik konumda krankın hafif bir sapması durumunda diğer iki uzvun nasıl bir hareket yapacağı bilinemez.

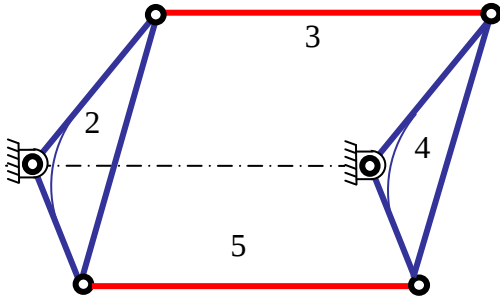


Şekil 2. Dört kol mekanizmasında kritik konum

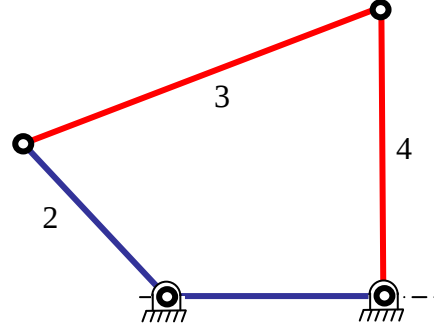
- (III) şartının özel bir durumu **paralel-kol mekanizmasıdır** (Şekil 3). Bu durumda karşı uzuvların boyları eşittir ve **kritik konum** vardır. Ancak bu kritik konumda mekanizma çapraz bir konuma geçebilecektir. Kritik konumda sorun olmaması için Şekil 4 'de verildiği gibi iki krank arasında iki paralel kol oluşturulabilir.



Şekil 3. Paralel kol mekanizması



Şekil 4. Paralel kol mekanizmasında kritik konumdan kurtulma yolu



Şekil 5. Gallowey mekanizması

➤ (III) şartının diğer bir özel durumu ise Şekil 5 ‘de verilen **deltoid mekanizmasıdır**. Bu mekanizmada boyları aynı olan uzuvlar birbirlerine komşudur.

- ❑ Uzun uzuvlardan biri sabitlenirse **kol-sarkaç** mekanizması elde edilir.
- ❑ Kısa uzuvlardan biri sabit olursa, krankın iki turuna karşılık diğer kolun bir tur attığı **çift kol** mekanizması elde edilir. Bu mekanizmaya, 1844 ‘de patentini alan kişinin adına “Galloway mekanizması” da denmektedir.

1.2. Kol-Sarkaç Mekanizmasında Ölü Konumlar

Ölü konumlar bir kol-sarkaç mekanizmasının tasarımında faydalanan bir parametredir. Örneğin bir otomobilin cam silecek mekanizmasında olduğu gibi sarkaç hareketi yapan sileceğin belirli bir açıyı taraması istenebilir. Kol-sarkaç mekanizmasında sarkaç hareketi yapan çıkış uzvu iki sınır açı değeri arasında salınır. Bu ölü konumlara yaklaşan sarkaç önce yavaşlar ve bu noktada durduktan sonra yönünü değiştirerek ters yöne doğru hareketine devam eder. Sarkacın limit konumları veya hızının sıfır olduğu bu konumlara ölü konumlar denilir. Şekil 6 ‘da da görüldüğü gibi açık ölü konumda 2 ve 3 uzuvları aynı hat üzerinde açık bir vaziyette iken kapalı ölü konumda bu uzuvlar üst üste binmektedir. Bu durum analitik olarak aşağıdaki gibi elde edilebilir:

Şekil 7. Dört çubuk mekanizmasında bağlama açısı

Bir mekanizmanın yük altında nasıl bir davranış göstereceğini bilmek tasarım açısından önemlidir. Giriş uzvunda oluşan hareket ve kuvvetin çıkış uzvuna nasıl iletildiği ve bu sırada mafsal kuvvetlerinin aldığı değerler mekanizmanın yük altındaki davranışını belirler. İletim veya bağlama açısı μ bir mekanizmanın yük altında davranışını gösterebilen kinematik bir parametredir. Bu parametre aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$\tan \mu = \frac{\text{çıkış uzvunu hareket ettirmeye çalışan kuvvet bileşeni}}{\text{çıkış uzvunun yataklarında yatak kuvveti oluşturan kuvvet}} = \frac{F^t}{F^n} \quad (4)$$

Şekil 7 'de de görülebileceği gibi bağlama açısı 90° olduğunda biyelden iletilen kuvvetin tamamı çıkış uzvuna etki etmekte ve dolayısıyla en büyük moment elde edilmektedir. Bağlama açısının 0° olduğu durumda ise biyelden gelen kuvvetin çıkış uzvunda moment oluşturmayaacağı açıktır. Ayrıca bağlama açısının mekanizmanın sabit bir parametresi olmadığı, giriş kol açısına göre değişeceği açıktır. Optimum bağlama açısı 90° dir ve dört çubuk mekanizmasında bağlama açısı en çok bir veya iki defa bu değeri alacaktır, diğer konumlarda 90° den farklı değerler alacaktır. Pratikte bağlama açısının 90° den yaptığı sapmanın $40^\circ - 50^\circ$ 'den az olması mekanizmanın yük altında çalışabilmesi için gereklidir. Yani

$$90 - \mu < 40^\circ \text{ veya } 50^\circ \quad (5)$$

Bağlama açısını giriş kolunun açısına göre belirlemek için Şekil 7 'de mekanizma üzerinde A_0AB_0 ve AB_0B üçgenlerinden cosinüs teoremi yardımıyla:

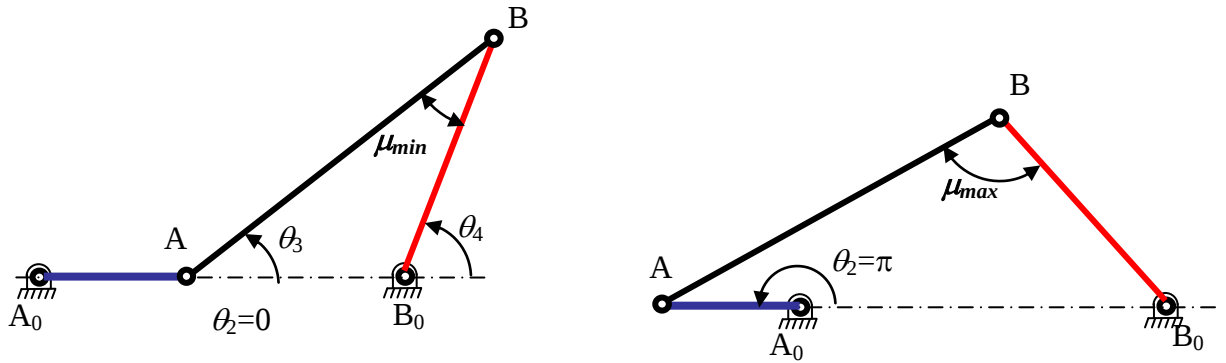
$$\begin{aligned} s^2 &= r_4^2 + r_3^2 - 2r_3r_4 \cos \mu = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2 \cos \theta_2 \\ \cos \mu &= \frac{1}{2r_3r_4} [r_3^2 + r_4^2 - r_1^2 - r_2^2 + 2r_1r_2 \cos \theta_2] \\ \cos \mu &= \frac{r_3^2 + r_4^2 - r_1^2 - r_2^2}{2r_3r_4} + \frac{r_1r_2}{r_3r_4} \cos \theta_2 \end{aligned} \quad (6)$$

elde edilir. Transmisyon açısı μ nün en büyük ve en küçük değer aldığı noktalarda θ_2 ye göre türevi sıfırdır. Buna göre (6) eşitliğinde türev alıp sıfıra eşitlersek:

$$\begin{aligned} -\sin \mu d\mu &= -\frac{r_1 r_2}{r_3 r_4} \sin \theta_2 d\theta_2 \\ \rightarrow \sin \mu \frac{d\mu}{d\theta_2} &= -\frac{r_1 r_2}{r_3 r_4} \sin \theta_2 = 0 \Leftrightarrow \theta_2 = \{0, \pi\} \end{aligned} \quad (7)$$

bulunur. Yani θ_2 'nin 0 ve π değerlerinde bağlama açısı en büyük ve en küçük değerlerini almaktadır. Bu konumlar Şekil 8 de görülmektedir. Bu ikisi arasında 90° 'den sapma miktarı büyük olan en kritik olanıdır. Mekanizma üzerinde bağlama açısının θ_3 ve θ_4 açıları arasındaki farka eşit olduğu görülebilir.

$$\mu = \theta_4 - \theta_3 \quad \text{eğer } \mu > \frac{\pi}{2} \Rightarrow \mu = \pi - \mu \quad (8)$$

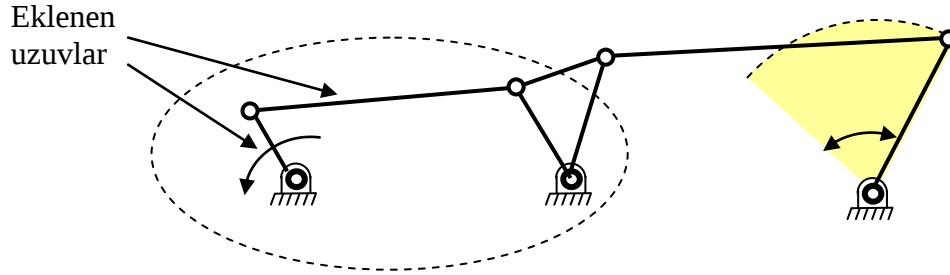


Şekil 8. En büyük ve en küçük bağlama açısı konumları

1.4. Verilen Salınım Açısını Sağlayacak Kol-Sarkaç Mekanizmasının Grafikselleştirilmesi

Dört çubuk mekanizmasından elde edilen kol-sarkaç mekanizması pratikte birçok uygulama alanı bulmaktadır. Bu tür mekanizmalarda giriş uzvunun tam dönme yapmasına karşın çıkış uzvunun bir ψ açısı kadar salınım yapması istenmektedir. Örneğin otomobil cam silecekleri bu tür bir mekanizmadır. Burada istenilen ψ salınım açısını sağlayacak bir kol-sarkaç mekanizmasının grafiksel olarak boyutlandırılması adım adım verilmektedir.

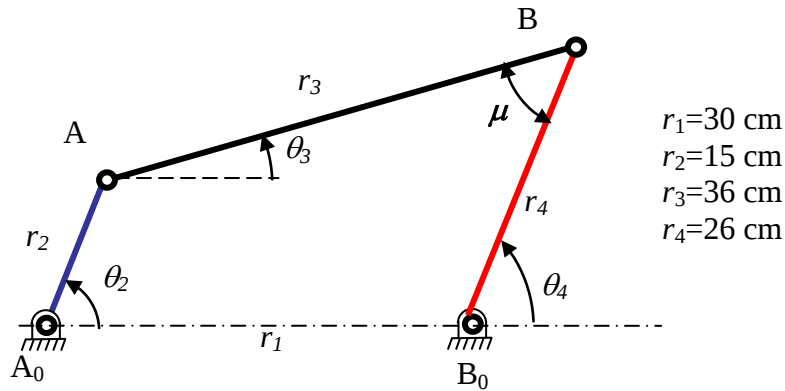
olabilir. Bu durumlarda mekanizmaya 2 uzuv daha eklenerek 6 uzuvlu bir mekanizma da oluşturulabilir (Şekil 10). Böylece oluşan ikinci dört çubuk mekanizmasında Grashof kriterini sağlamak daha kolay olacaktır.



Şekil 10. Dört çubuk mekanizmasına 2 uzuv daha eklenerek 6 uzuvlu mekanizmanın oluşturulması.

2. DENEYİN YAPILIŞI

2.1. Dört Çubuk Mekanizması Deneyi



Şekil 11. Deney mekanizması ve boyutları

Model mekanizmada krank kolunu $0-360^0$ döndürerek aşağıdaki işlemleri yapınız ve verilen tabloyu doldurunuz:

1. Çıkış uzvunun yaptığı hareketi ve konumlarını gözleyiniz. Sarkaç hareketi yapan çıkış uzvu açık ve kapalı ölü konumlarda iken diğer uzuvların konumlarını açıölçer ile ölçerek Tablo 1 'i doldurunuz.
2. Bağlama açısının en büyük ve en küçük değerleri aldığı konumları gözleyiniz. İletim açısının en büyük ve en küçük değerlerini açıölçer ile ölçünüz ve bu

durumlar için diğer uzuvların konumlarını da belirleyerek Tablo 2 ‘yi doldurunuz.

Tablo 1. Sarkaç konumları için uzuv konumları

Sarkaç konumu	θ_2	θ_3	θ_4
Üst ölü noktada			
Alt ölü noktada			
Salınım açısı (ψ)	$\psi = (\theta_4)_{\text{öñ}} - (\theta_4)_{\text{aön}} =$		

Tablo 2. İletim açısının en büyük ve en küçük değerlerine karşılık diğer uzuvların Konumları.

İletim açısı	θ_2	θ_3	θ_4	μ
İletim açısı min				
İletim açısı max				

3. DENEY RAPORUNUN HAZIRLANMASI

Deney raporu, rapor hazırlama kurallarına uygun olarak hazırlanacak, aşağıda istenen bilgiler açık bir şekilde verilecek ve standart rapor kapağı (Ek-1) kullanılacaktır.

3.1. Raporda istenen bilgiler

1. Deneyde ölçülen değerlerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla teorik bilgiler bölümünde verilen bilgilere dayanarak gerekli parametreleri (salınım açısı, ölü konumlar ve iletim açısı) hesaplayarak aynı tabloyu doldurunuz ve deney sonuçları ile karşılaştırarak yorumlayınız.
2. Boyutlarını kendinizin belirleyeceği bir dört çubuk mekanizması alınız ve bunun Grashof teoremine göre hangi hareketi yapacağını (kol-sarkaç, çift-kol, çift-sarkaç) belirleyiniz.
3. Kol-sarkaç hareketi yapacak şekilde sabit elemanı belirleyiniz ve gerekirse mekanizmanızı tekrar boyutlandırınız.
4. Mekanizmanın çıkış uzvunun yaptığı salınım açısını (ψ) bulunuz.
5. Bağlama açısının krank açısına göre değişimini grafik olarak çizin ve yorumlayınız. Bunun için krank açısının 0° den 360° ye kadar 2° aralıklarla alacağı değerlere karşılık bağlama açısının alacağı değerleri hesaplayınız ve

herhangi bir grafik çizim programı (EXCEL, MATLAB, vb.) kullanarak grafiği çizdiriniz.

6. Robotlarla otomatik makineler arasındaki farkı araştırınız.

KAYNAKLAR

1. Mekanizma Tekniği, Eres SÖYLEMEZ
2. Mechanism Design, Second Edition, Vol. I, A.G. ERDMAN, G. SANDOR, 1994
3. Design of Machinery: An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines, R.L. NORTON, McGraw-Hill, Third Edition, 2004.

DENEY NO: 2

KONU: SCARA Robot deneyi

AMAÇ: Pratikte kullanılan robotların tanıtılması ve çalışma prensiplerinin öğretilmesi amaçlanmaktadır.

KAPSAM: Serpent 1 Model bir SCARA robotun belli bir iş yaptırılmak üzere programlanması ve çalıştırılması gösterilecektir.

DENEYİN YAPILIŞI

1. Bilgisayar, robot ve çevre birimlerini çalıştırınız.
2. Robotu boşta çalıştırarak yapabileceği hareketleri ve çalışma alanını gözleyiniz.
3. Robotun serbestlik derecesini belirleyiniz.
4. Robotun çalışma alanı içerisindeki bir yere örnek parçayı koyarak robotun bunu istenilen noktaya taşımalarını sağlayınız ve bu işlemi tekrar yapabilmesi için robotun kılavuzundan faydalanarak programlayınız.
5. Programı çalıştırarak robotun verilen görevi otomatik olarak yapmasını sağlayınız.