

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Mekanizma uzuvları birer katı cisim olarak kabul edilir. Düzlemde bir katı cismin konumu, üzerindeki bir doğrunun konumu ile belirtilir. Dolayısıyla bir mekanizma uzvunun muhtelif konumları, bir doğrunun konumları şeklinde ifade edilebilir. Taşıma ve iletim işlemlerinde, otomatik makinalarda çeşitli parçaların bir konumdan diğer konuma taşınmasında konum sentezi bir problem olarak karşımıza çıkar. Konum sentezinde, taşıma işlemini gerçekleştirecek mekanizma uzvunu, istenen belirli sayıdaki konumdan geçirecek mekanizma boyutlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Konum sentezi için grafik ve analitik yöntemler kullanılmaktadır. 1960'lara kadar grafik metotlarla sentez yapılmaktayken, bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle analitik yöntemlerin önemi artmıştır. Bilgisayar ile yapılan konum sentezinde kompleks sayılardan faydalanılmış ve dört uzuvlu mekanizmaların sentezinde başarıyla kullanılmıştır.

Konum sentezinde mekanizmanın uzuv sayısı, sentez yapılacak konum sayısını sınırlamaktadır. Örneğin dört uzuvlu düzlemsel mekanizmalarda en fazla beş konuma kadar sentez yapılabilir, daha fazla sayıda konum için altı ya da daha fazla sayıda uzva sahip mekanizmaların kullanılması gerekir. Bu çalışmada konum için altı uzuvlu düzlemsel mekanizmaların Watt ve Stephenson zincirleri yardımıyla sentezi yapılmıştır.

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler, özellikle otomatik makinelerde kullanılan mekanizmalardan daha fazla özellik istemektedir. Özellikle basit olan dört uzuvlu mekanizmalara nazaran daha fazla sayıda konum istendiği zaman, mekanizmanın istenilen bu şartı sağlayabilmesi için mekanizmalardaki uzuv sayısının artırılması gerekmektedir. Uzuv sayısının artırılması mekanizmaların da çeşitliliğini artırmakta ve bununla birlikte analitik çözümü de zorlaştırmaktadır. Konum sentezindeki çalışmalar daha çok dört uzuvlu mekanizmalarla sınırlıdır. Altı, yedi ve sekiz konum sentezi için yapılmış çalışmalar azdır. Pratikte yükleyiciler, kamyon damperleri, kepçeler ve vargel tezgahı gibi pek çok uygulamalarda altı uzuvlu mekanizmalar kullanılmaktadır. Altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalarla yapılacak olan bu çalışma, konum sentezi ile ilgili yapılan akademik çalışmalara katkıda bulunacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Erdman (1981), kompleks sayılar yardımıyla konum veya fonksiyon sentezini ele almıştır. Serbest seçilebilecek parametrelerin en iyi nasıl ifade edilebileceği ile ilgili farklı stratejiler sunmuştur. Üç ve dört öngörölmüş konum için bilgisayara dayalı çözümleri göstermiş ve her bir tasarım durumunun açıklanmasına yönelik örnekler sunmuştur.

Kim ve Sodhi (2001), düzlemsel kinematikte sonlu ve sonsuz yakın konumlar için katı cisim hareketi üzerine çalışmışlardır. Sonlu ve sonsuz yakın pozisyonlar arasında hareket eden bir katı cisimde nokta konumlarının belirlenmesi için yeni bir genel metot geliştirmişlerdir. Daire noktalar eğrisi denklemlerinin yeni bir formu, çift-noktalı konum problemi ve düzlemsel kinematikteki sonlu ayrık durum problemleri için türetilmiştir.

Wampler, Morgan ve Sommese (1992), dört çubuk mekanizması için dokuz-noktalı yörünge sentezi probleminin tam çözümünü dokuz noktadan geçen biyel eğrisinin tüm dört-çubuk mekanizmalarını bulma problemi üzerine çalışmışlar ve ayrıca, herhangi belirli dokuz nokta için tüm çözümleri hesap eden bir bilgisayar algoritması geliştirilmişlerdir.

Balli ve Chand (2001), bağlama açısının, mekanizmada önemli tasarım kriterlerinden biri olduğunu belirterek, bu kriterin beş-çubuk mekanizmasının tasarımı amacıyla kullanılabilceğini vurgulamışlardır. Farklı yapılarıdaki beş-çubuk mekanizmalarının tasarımı için analitik bir metot geliştirmeye çalışmışlardır.

Polat ve Söylemez (1984), düzlemsel mekanizmaların konum, yörünge ve fonksiyon sentezini vektör çiftleri kullanarak incelemişler ve üç veya dört konumu tanımlanan durumlar için bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir.

Duransoy ve Söylemez (1993), dört çubuk mekanizmaların, dört konum sentezini Burmester Eğrileri yardımıyla yapan FPOS adlı yazılım hakkında bilgi vermişlerdir.

Sezen ve Söylemez (2001), mekanizmaların konum, fonksiyon ve yörünge sentezi problemlerini bilgisayar ortamında çözebilen Quad-Link adlı paket program hakkında bilgi vermişlerdir.

Prentis (1991), üç, dört ve beş konum sentezinin grafik çözümünde karşılaşılan dallanma ve sıra problemlerini açıklayarak bu problemlerin çözümü için grafik olarak ne yapılması gerektiğini ayrıntılı olarak açıklamıştır.

Lio (1997), düzlemsel mekanizmaların konum ve yörünge sentezi için kullanılan analitik optimizasyon yöntemlerini açıklayarak dört uzuvlu mekanizmalar ile ilgili çeşitli örnekler vermiştir.

Pasin (1980), dört uzuvlu düzlemsel mekanizmaların konum ve yörünge sentezi için kullanılan klasik grafik metotlar ayrıntılı olarak açıklamış ve birçok değişik örnekler vermiştir. Konuyla ilgili klasik eserlerden biridir.

Tsai (2001), çeşitli mekanizmalara ait kinematik zincirlerden bahsederek birçok değişik örnek vermiştir.

Klein (2004), uzuv sayılarına göre elde edilebilecek kinematik zincirlerden bahsederek bunlarla ilgili örnekler vermiştir.

Duschl ve Kramer (1987), bir kramayer-dişli çiftini içeren dört uzuvlu bir mekanizmada altı konum sentezi için tasarım denklemleri elde etmiş ve örnek çözümler vermiştir.

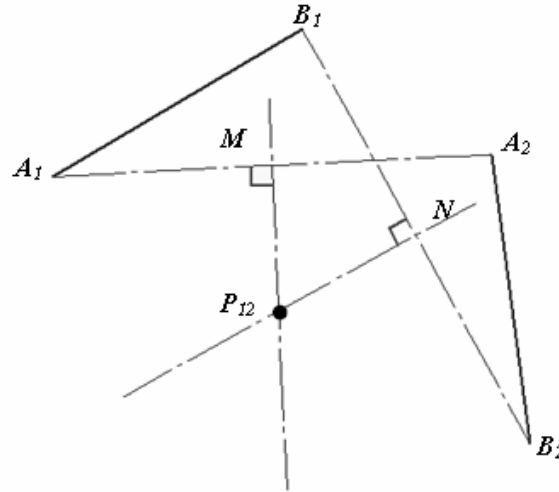
Sandor ve Erdman (1984), çeşitli mekanizmalara ait kinematik zincirlerden bahsederek birçok değişik örnek vermişlerdir.

3. DÖRT UZUVLU DÜZLEMSEL MEKANİZMALARDA KONUM SENTEZİ

3.1. Grafik Yöntemler

3.1.1. İki konum sentezi

Mekanizmanın hareketli uzvuna ait bir AB doğrusunun iki konumu A_1B_1 ve A_2B_2 olarak kabul edilsin. Bu iki doğruyu oluşturan A_1 ve A_2 homolog noktaları ile B_1 ve B_2 homolog noktalarının meydana getirdiği doğruların orta dikmelerinin kesim noktası P_{12} polü olarak isimlendirilir. AB doğrusunun iki konumu olan A_1B_1 ve A_2B_2 , P_{12} polü etrafında dönme hareketi ile elde edilebilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 İki konum sentezinde P_{12} polünün bulunması

A_1, A_2, B_1, B_2 homolog noktalarının yanı sıra aynı uzuv üzerinde C_1 ve C_2 homolog noktaları da ele alınırsa (Şekil 3.2), oluşan şeklin geometrisinden;

$$A_1\hat{P}_{12}B_1 = A_2\hat{P}_{12}B_2 \quad (3.1)$$

$$A_1\hat{P}_{12}A_2 = B_1\hat{P}_{12}B_2 = \phi_{12} \quad (3.2)$$

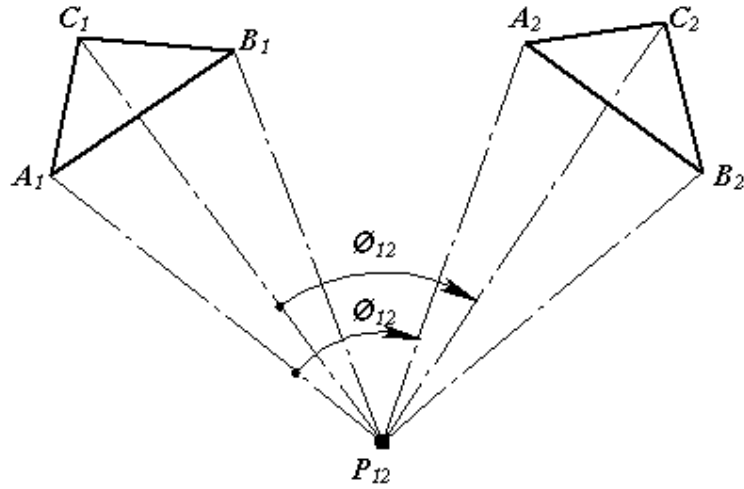
$$A_1\hat{P}_{12}M = A_2\hat{P}_{12}M = B_1\hat{P}_{12}N = B_2\hat{P}_{12}N = \frac{\phi_{12}}{2} \quad (3.3)$$

eşitlikleri yazılabilir.

Bu durum, uzvun üzerindeki bir C homolog noktası içinde uygulanırsa;

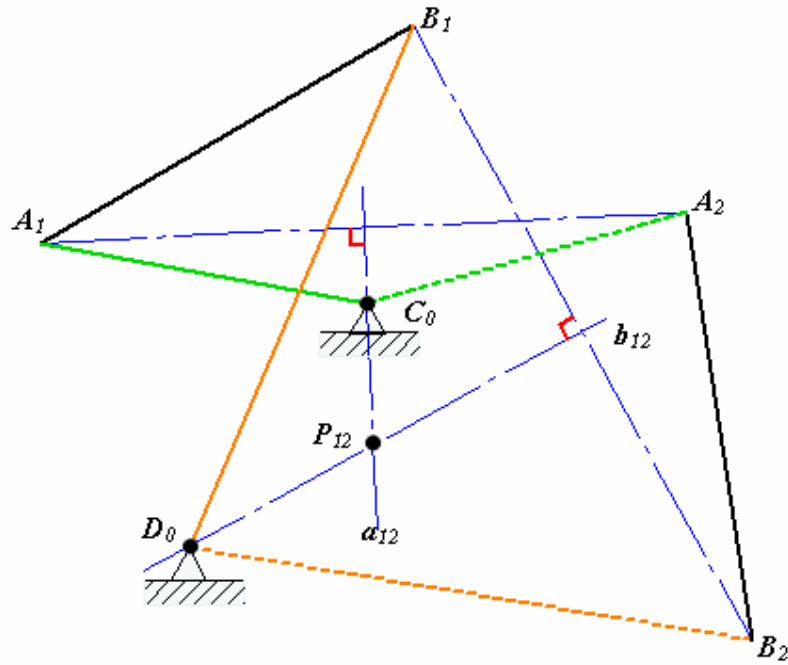
$$C_1 \hat{P}_{12} C_2 = A_1 \hat{P}_{12} A_2 = B_1 \hat{P}_{12} B_2 = \phi_{12} \quad (3.4)$$

eşitliği yazılabilir. Burada ϕ_{12} hareketli cismin veya düzlemin dönme açısıdır. (3.4) numaralı eşitliğe göre, cisme ait tüm noktaların dönme açıları birbirine eşittir. P_{12} polü merkez olmak üzere A_1 ve A_2 homolog noktaları aynı çember üzerindedir. Diğer homolog noktalar içinde aynı durum söz konusudur.



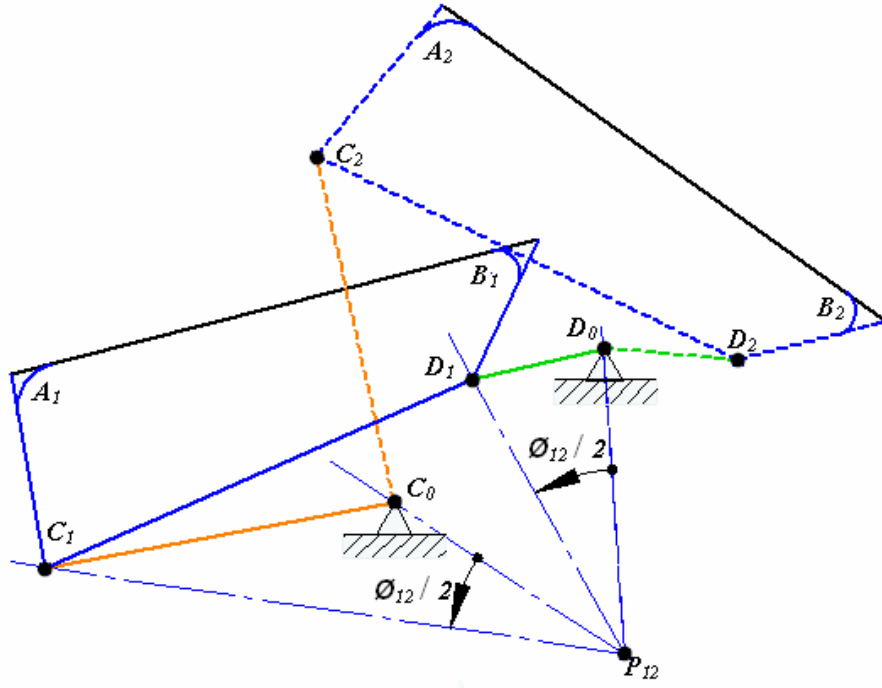
Şekil 3.2 İki konum sentezinde P_{12} polü ve dönme açısı

İki konumun dört çubuk mekanizması ile gerçekleştirilmesinde, A_1 ve A_2 homolog noktaları ve B_1 ve B_2 homolog noktaları hareketli mafsalları olarak kabul edilirse. a_{12} (A_1A_2 doğrusunun orta dikmesi) ve b_{12} (B_1B_2 doğrusunun orta dikmesi) orta dikmeleri üzerinde ve P_{12} polü dışında C_0 ve D_0 sabit mafsalları uygun şekilde seçilebilir. C_0 ile A_1 , D_0 ile B_1 noktaları birleştirilirse mekanizmanın birinci konumdaki durumu, C_0 ile A_2 , D_0 ile B_2 noktaları birleştirilirse, mekanizmanın ikinci konumdaki durumu Şekil 3.3'de görülebilir.



Şekil 3.3 İki konum sentezinde sabit mafsal noktalarının bulunması

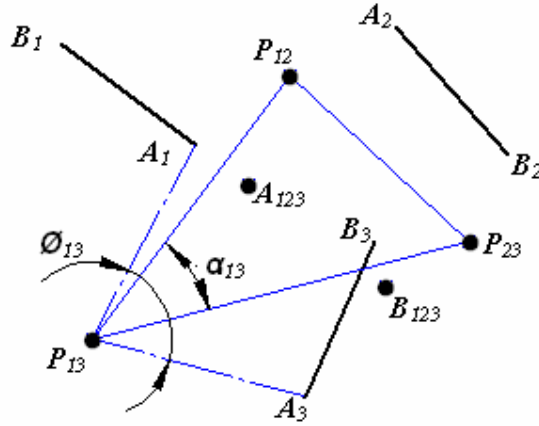
C_0 ve D_0 sabit mafsal noktaları önceden verilir ise; C_0 ve D_0 , P_{12} polü ile birleştirilir, c_{12} (C_1C_2 doğrusunun orta dikmesi) ve d_{12} (D_1D_2 doğrusunun orta dikmesi) orta dikmeleri bulunur. P_{12} den itibaren c_{12} ve d_{12} ile $\theta_{12}/2$ açısını yapan doğrular çizilir. Elde edilen dört doğrudan ikisi üzerinde ve uygun yerlerde C_1 ve D_1 mafsal noktaları seçilir. C_1 ve D_1 'in c_{12} ve d_{12} dikmelerine göre simetrikleri C_2 ve D_2 noktaları olur. Elde edilen bu noktalardan $A_1B_1C_1D_1$ düzlemi, $ABCD$ düzleminin ilk konumunu, $A_2B_2C_2D_2$ düzlemi ise ikinci konumunu belirtir. Bu düzlemlerin C_1 ve C_2 noktaları C_0 , D_1 ve D_2 noktaları D_0 ile birleştirilirse mekanizmanın iki konumdaki durumu elde edilmiş olur (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 İki konum sentezinde hareketli mafsallıkların bulunması

3.1.2. Üç konum sentezi

Bir dört çubuk mekanizmasının hareketli uzvuna ait bir AB doğrusunun üç konumu A_1B_1 , A_2B_2 ve A_3B_3 olarak verilsin. Bu durumda üç pol vardır. A_1 ve A_2 homolog noktaları ile B_1 ve B_2 homolog noktalarının oluşturdukları doğruların orta dikmelerinin kesim noktası P_{12} polü, A_1 ve A_3 homolog noktaları ve B_1 ve B_3 homolog noktalarının oluşturdukları doğruların orta dikmelerinin kesim noktası P_{13} polü, A_2 ve A_3 homolog noktaları ve B_2 ve B_3 homolog noktalarının oluşturdukları doğruların orta dikmelerinin kesim noktası P_{23} polü olarak isimlendirilir (Şekil 3.5). P_{12} , P_{13} ve P_{23} pollerinin oluşturduğu üçgene pol üçgeni adı verilir. Pol üçgeni AB doğrusunun üzerinde bulunduğu düzlemin üç konumunu belirler.



Şekil 3.5 Üç konum sentezinde pol üçgeni

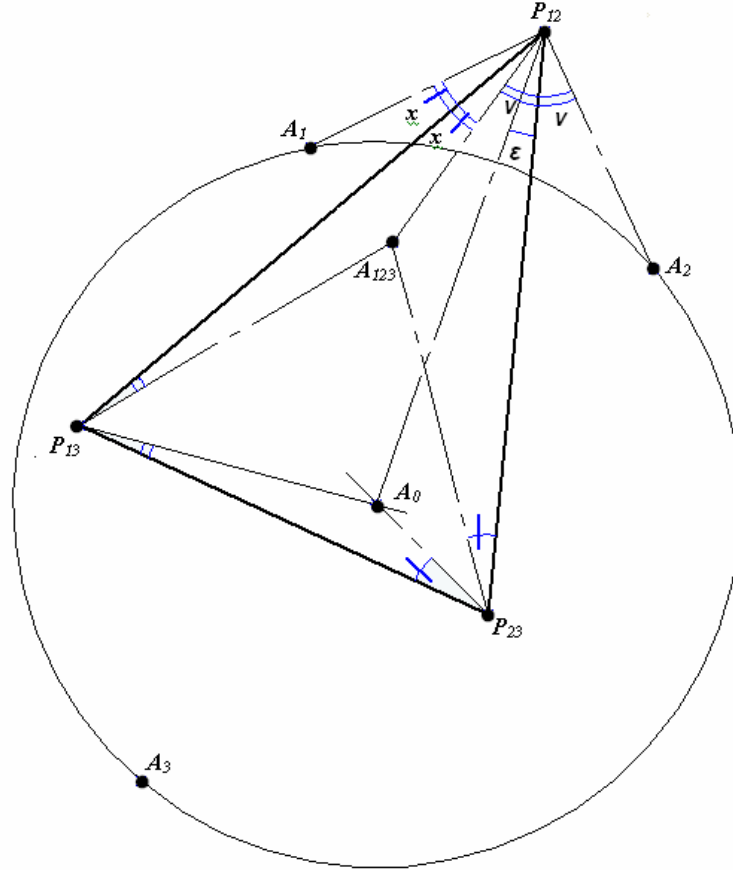
A_1 noktasının 1 indisini içeren P_{12} ve P_{13} pollerini birleştiren pol doğrusuna, A_2 noktasının 2 indisini içeren P_{12} ve P_{23} pollerini birleştiren pol doğrusuna ve A_3 noktasının 3 indisini içeren P_{13} ve P_{23} pollerini birleştiren pol doğrusuna göre ortak simetriği olan bir nokta mevcuttur. Bu noktaya A_{123} noktası denir. Aynı yöntemle B noktalarına ait olan B_{123} noktası bulunabilir. A_{123} ve B_{123} noktaları temel noktalar olarak isimlendirilir. Bu temel noktalar pol üçgeninin içinde ya da dışında olabilir. Eğer temel noktalar biliniyorsa pol üçgeninden yararlanarak A_1 , A_2 , A_3 ve B_1 , B_2 , B_3 homolog noktaları hemen bulunabilir.

A_1 , A_2 ve A_3 homolog noktalarından geçen dairenin merkezi, A_1A_2 ve A_1A_3 doğrularının orta dikmelerinin kesim noktası olarak bulunabilir. Bulunan bu noktaya A_0 merkez noktası adı verilir. Aynı metodu uygulayarak B_0 merkez noktası da bulunabilir.

Simetri gereği $P_{12}P_{13}$ pol doğrusu, $A_1P_{12}A_{123}$ açısını (χ açısı) iki eşit parçaya ayırır. Aynı şekilde $P_{12}P_{23}$ pol doğrusuda $A_2P_{12}A_{123}$ açısını (ν açısı) iki eşit parçaya ayırır (Şekil 3.6).

Şekil 3.6 dikkate alınacak olursa, A_0P_{12} doğrusu A_1A_2 doğrusunun orta dikmesidir. Bu yüzden;

$$\widehat{A_1P_{12}A_0} = \widehat{A_0P_{12}A_2} = \frac{\phi_{12}}{2} \quad (3.5)$$



Şekil 3.6 Pol üçgeni, temel noktalar ve homolog noktalar

ifadesi yazılabilir. (3.5) eşitliği geniş anlamda “ pol üçgenin her hangi bir açısı, kendi köşesine ait dönme açının yarısına eşittir.” şeklinde ifade edilebilir. Dolayısıyla (3.5) numaralı eşitlik göz önüne alınarak (3.6), (3.7) ve (3.8) numaralı eşitlikler yazılabilir.

$$\alpha_{12} = \widehat{P_{13}P_{12}P_{23}} = \frac{\widehat{A_1P_{12}A_2}}{2} = \frac{\phi_{12}}{2} \quad (3.6)$$

$$\alpha_{13} = P_{12} \hat{P}_{13} P_{23} = \frac{A_1 \hat{P}_{13} A_3}{2} = \frac{\phi_{13}}{2} \quad (3.7)$$

$$\alpha_{23} = P_{12} \hat{P}_{23} P_{13} = \frac{A_2 \hat{P}_{23} A_3}{2} = \frac{\phi_{23}}{2} \quad (3.8)$$

Ayrıca pol üçgeninden ve (3.5) numaralı eşitlikten faydalanılarak;

$$\varepsilon = A_0 \hat{P}_{12} A_2 - v \quad (3.9)$$

$$\varepsilon = \frac{\phi_{12}}{2} - v \quad (3.10)$$

(3.9) ve (3.10) numaralı eşitlikler yazılabilir. Pol üçgeni göz önüne alınırsa;

$$P_{13} \hat{P}_{12} P_{23} = \chi + v \quad (3.11)$$

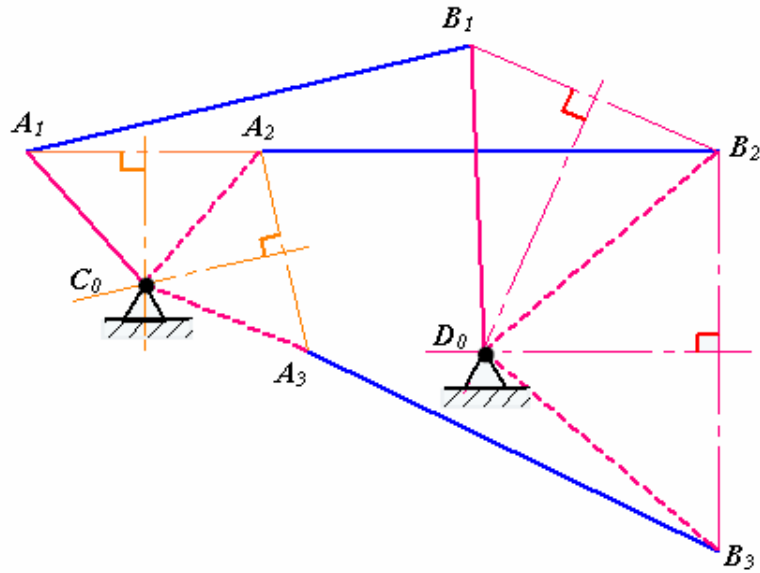
(3.11) numaralı eşitlik yazılabilir. Bu eşitlikte (3.6) ve (3.10) numaralı eşitliklerinden yararlanılarak;

$$\chi = \varepsilon \quad (3.12)$$

eşitliği bulunur.

(3.12) numaralı eşitlik; “bir temel nokta (A_{123}) ve ona ait merkez noktasını (A_0) pollerle birleştiren doğrular, pol doğruları ile ters yönde eşit açılar yapar” şeklinde ifade edilebilir. Bu özellik yardımıyla merkez noktası önceden verilen bir homolog noktaya ait temel noktası ve diğer konumlara ait homolog noktaları bulunabilir.

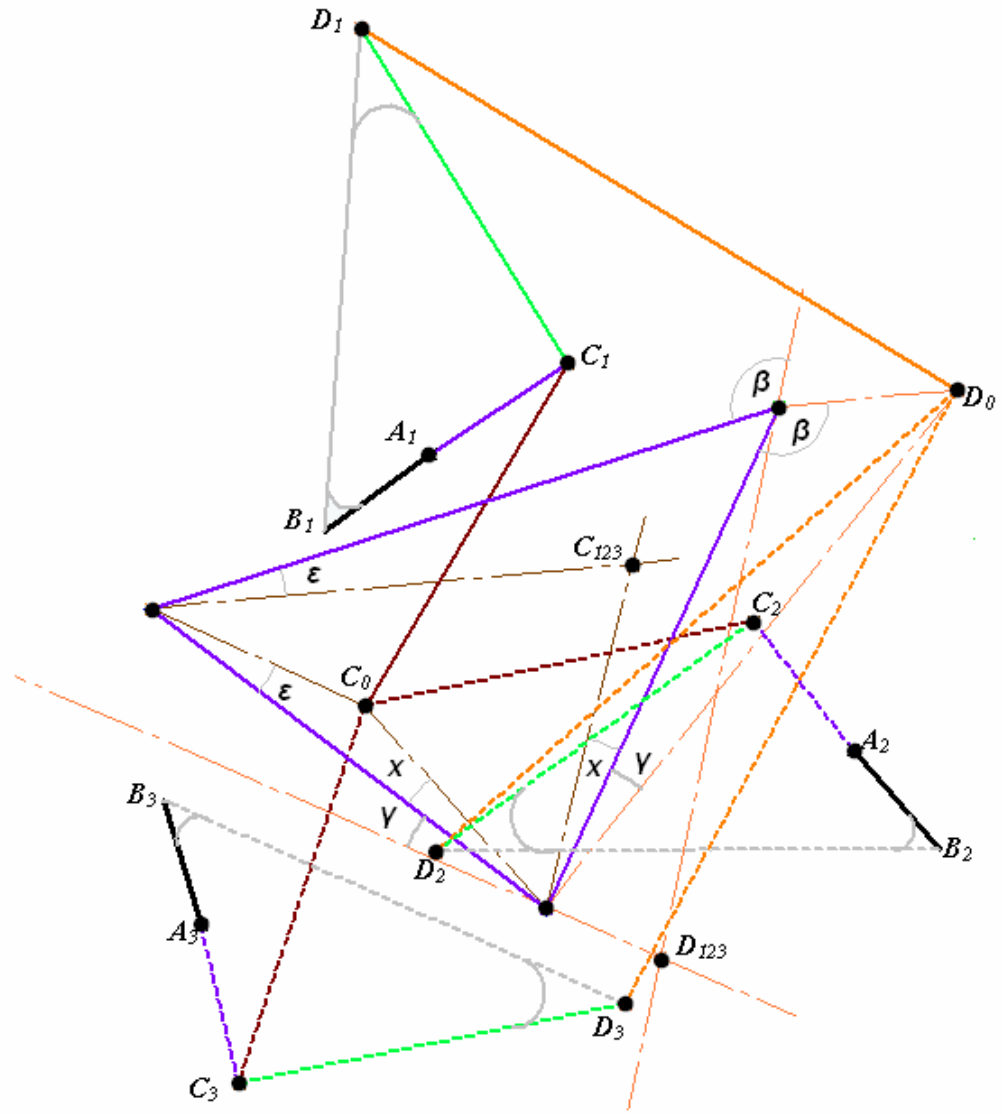
Üç konumun dört çubuk mekanizması ile gerçekleştirilmesinde homolog noktalar hareketli mafsal noktaları olarak alınırsa, tek çözüm mevcuttur. A_1 , A_2 , A_3 noktalarından geçen ve merkezi A_1A_2 ve A_2A_3 doğrularının orta dikmelerinin kesim noktası bulunan C_0 , sabit mafsal noktalarından biridir. B_1 , B_2 , B_3 noktalarından geçen ve merkezi B_1B_2 ve B_2B_3 doğrularının orta dikmelerinin kesim noktası olarak bulunan D_0 ise diğer sabit mafsal noktasıdır. Bulunan $C_0A_1B_1D_0$ dört çubuk mekanizması istenilen 3 konumu sağlar (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Homolog noktaların mafsal noktası olması halinde üç konum sentezi

C_0 ve D_0 sabit mafsal noktaları önceden belirlenirse, C_{123} temel noktasını bulmak için C_0 pollerden ikisi ile birleştirilir. Çizilen bu doğrularla pol doğrularının yaptığı açılar aynı polde ters yönde taşınarak kesiştirilerek C_{123} temel noktası bulunur. C_{123} temel noktasının pol doğrularına göre simetrikleri sırasıyla C_1 , C_2 ve C_3 homolog noktalarıdır. Yine benzer şekilde, D_{123} temel noktasını bulmak için D_0 pollerden ikisi ile birleştirilir. Çizilen bu doğrularla pol doğrularının yaptığı açılar aynı polde ters yönde taşınarak kesiştirilerek D_{123} temel noktası bulunur. D_{123} temel noktasının pol doğrularına göre simetrikleri sırasıyla D_1 , D_2 ve D_3 homolog noktaları bulunabilir.

Bulunan C_1, C_2, C_3 ve D_1, D_2, D_3 noktaları sırasıyla kendi indislerindeki A ve B noktaları ile birleştirilerek $C_1A_1B_1D_1, C_2A_2B_2D_2$ ve $C_3A_3B_3D_3$ düzlemleri elde edilir. Bu düzlemlerde C_0 ve D_0 ile birleştirilerek mekanizmanın üç konumundaki durumu görülebilir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Üç konumu ve sabit mafsalları verilen bir mekanizmanın sentezi

3.1.3. Dört konum sentezi

Dört çubuk mekanizmasındaki hareketli uzva ait bir AB doğrusunun verilen dört konumu sağlaması istenilsin. Dört rakamın ikişerli olarak altı (12, 13, 14, 23, 24, 34), üçerli olarak dört (123, 124, 134, 234) farklı kombinasyonu vardır. Bundan dolayı, dört konum sentezinde altı pol ve dört pol üçgeni meydana gelir. Bunlar P_{12} , P_{13} , P_{14} , P_{23} , P_{24} ve P_{34} polleri ile $P_{12}P_{13}P_{23}$, $P_{12}P_{14}P_{24}$, $P_{13}P_{14}P_{34}$ ve $P_{23}P_{24}P_{34}$ pol üçgenleridir. Bütün poller iki farklı pol üçgenlerine aittir. Dolayısıyla tüm pollerde iki pol üçgenine ait iki eşit pol açısı oluşur. Örneğin P_{13} polünde $P_{12}P_{13}P_{23}$ ve $P_{13}P_{14}P_{34}$ pol üçgenlerine ait iki eşit α_{13} açısı ortaya çıkar. İndislerinde ortak rakam bulunmayan iki pol karşı pol adını alır. Örneğin P_{12} ve P_{34} , P_{13} ve P_{24} gibi poller karşı pol adını alır.

A_1 , A_2 , A_3 ve A_4 homolog noktalarının hepsinin bir daire üzerinde olması nadiren görülür. Genelde böyle bir durum meydana gelmez. Fakat hareket düzleminde, üzerinde dört homolog nokta bulunan daireler vardır. Bu dairelerin geometrik yeri merkez noktalar eğrisi adını alır. Bu eğri üçüncü dereceden bir eğri olup tek veya iki parçalı olabilir. Bu eğriye ait noktalar, çeşitli yöntemlerle bulunup birleştirilerek çizilebilir.

$P_{12}P_{34}$ ve $P_{13}P_{24}$ gibi karşı pol çiftini ele alalım. Bu karşı pol çiftlerinde meydana getirilen dörtgenlerin ikişer kenarlarının kesim noktaları Q noktaları olarak isimlendirilir. Bu noktalar merkez noktalar eğrisine ait noktalardır. Altı polden altı adet Q noktası bulunur ve bunlarda aynen pollerde olduğu gibi, Q_{12} , Q_{14} vs. şeklinde isimlendirilir.

$P_{12}P_{34}$ ve $P_{13}P_{24}$ gibi karşı pol çiftleri göz önüne alındığında. $P_{12}P_{13}$ pol doğrusu ile $P_{34}P_{24}$ pol doğrusunun kesişme noktası Q_{23} noktasını verir. Burada müşterek indisler atılarak Q noktasının indisi bulunur. Bu şekilde karşı pol çiftleri ele alınarak tüm Q noktaları bulunur (Tablo3.1).

Tablo 3.1 Q noktalarının bulunması

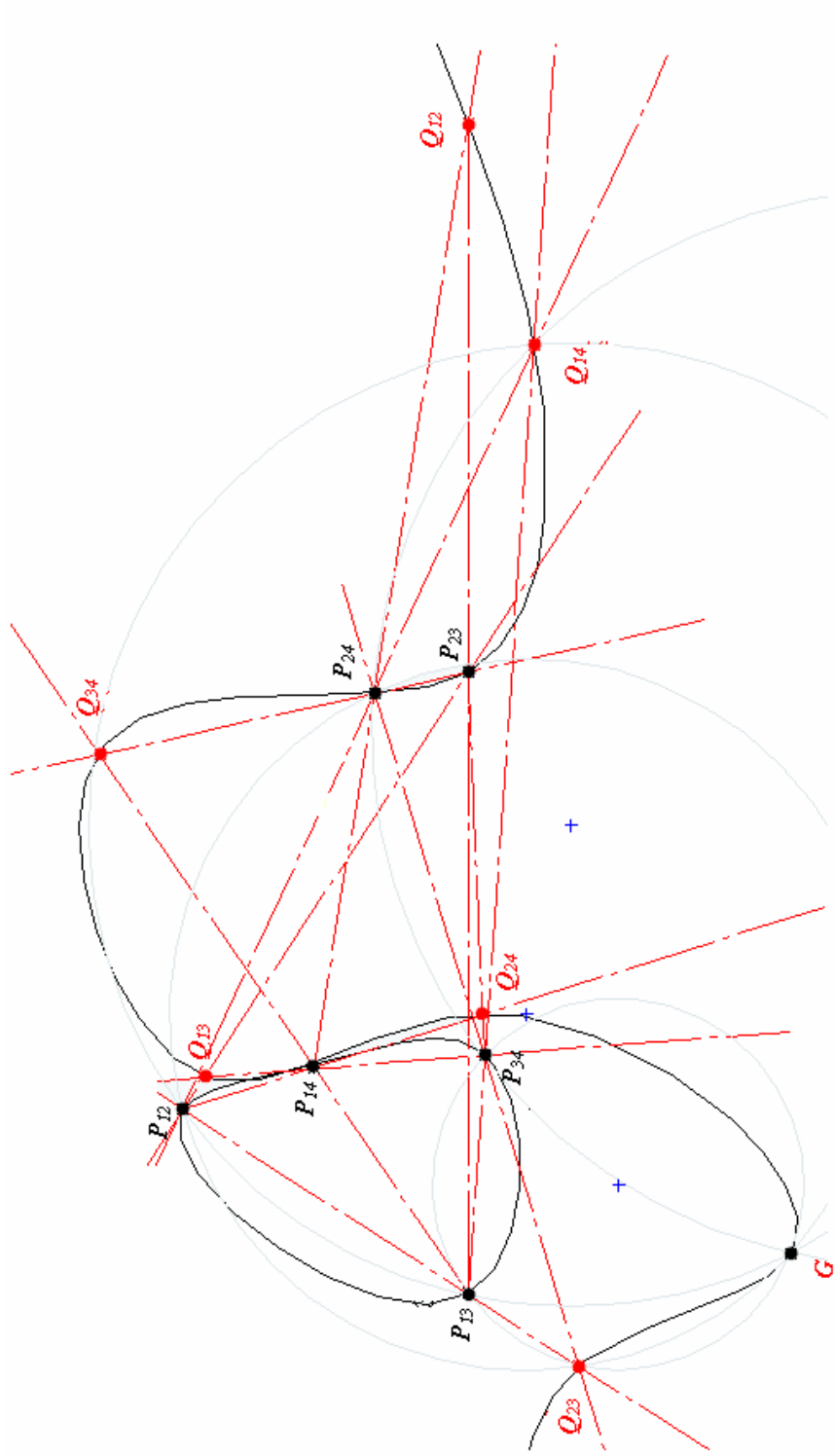
$P_{12}P_{34}$	$P_{12}P_{24} \text{ ---- } P_{13}P_{34} \longrightarrow$	Q_{14}
$P_{13}P_{24}$	$P_{12}P_{13} \text{ ---- } P_{34}P_{24} \longrightarrow$	Q_{23}
$P_{12}P_{34}$	$P_{12}P_{14} \text{ ---- } P_{34}P_{23} \longrightarrow$	Q_{24}
$P_{23}P_{14}$	$P_{12}P_{23} \text{ ---- } P_{34}P_{14} \longrightarrow$	Q_{13}
$P_{13}P_{24}$	$P_{13}P_{14} \text{ ---- } P_{24}P_{23} \longrightarrow$	Q_{34}
$P_{23}P_{14}$	$P_{13}P_{23} \text{ ---- } P_{24}P_{14} \longrightarrow$	Q_{12}

İki çift karşı pol ve bunlardan elde edilen Q noktalarının oluşturduğu dört üçgenin çevrel çemberlerinin kesim noktaları da merkez noktalar eğrisine aittir. Örneğin $P_{12}P_{24}Q_{23}$, $P_{12}P_{13}Q_{14}$, $P_{34}P_{24}Q_{14}$ ve $P_{13}P_{34}Q_{23}$ üçgenlerinin çevrel çemberleri G, P_{12} , P_{24} , P_{13} ve P_{34} noktalarında kesişirler. Bu yüzden bu noktalarda merkez noktalar eğrisi üzerindedir. Bu sonuca göre tüm pollerin merkez noktalar eğrisi üzerinde olduğu söylenebilir. Merkez noktalar eğrisi tüm pollerden, göz önüne alınan çevrel çemberlerin kesim noktalarından geçer ve belirli bir şekli yoktur. Poller ve Q noktalarının yardımıyla çizilebilir (Şekil 3.9).

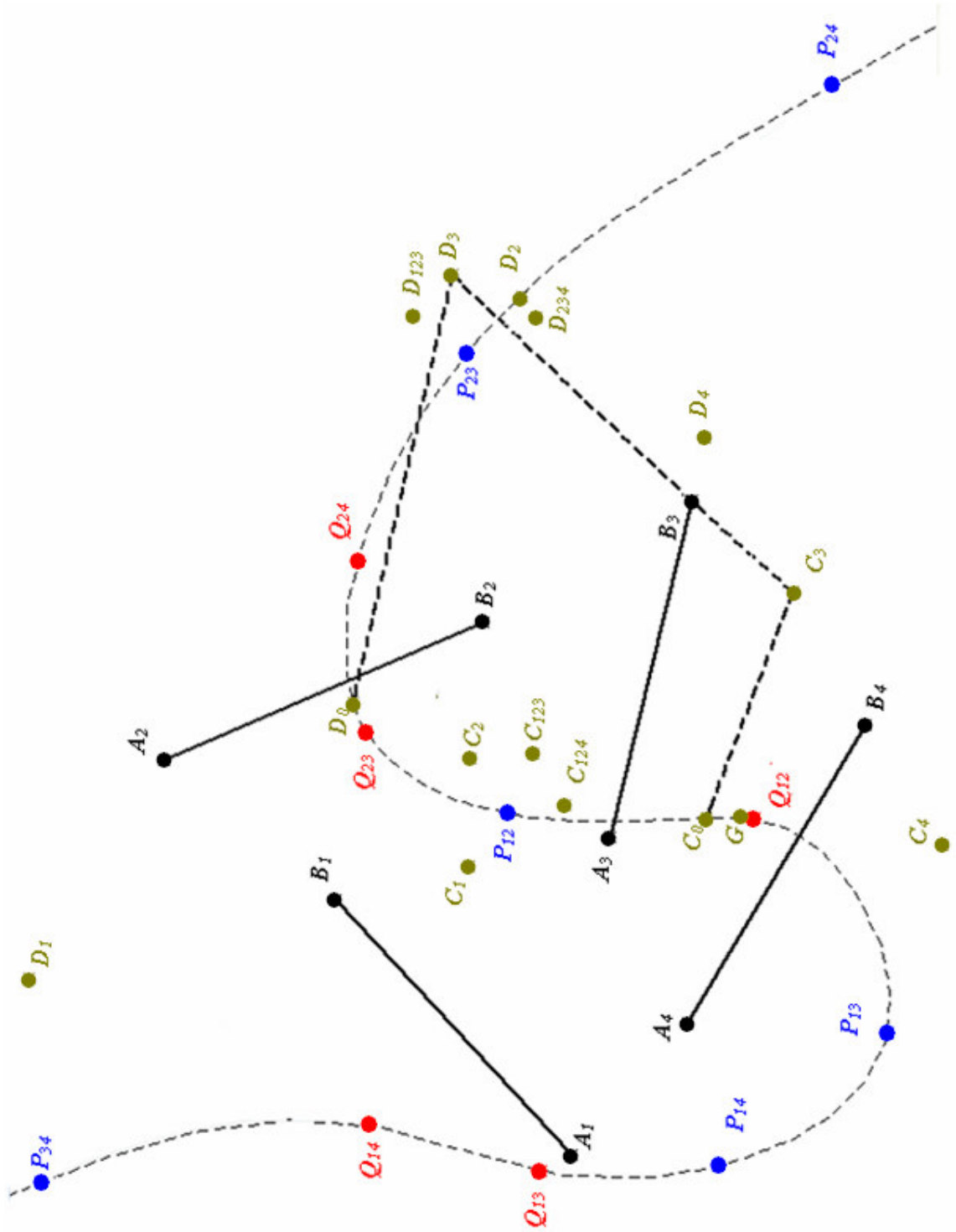
Dört konumun dört çubuk mekanizması ile gerçekleştirilmesinde, hareketli düzlemin dört konumu ile önce altı pol ve dört pol üçgeni bulunur. Karşı poller yardımıyla Q noktaları ve G noktası bulunarak merkez noktalar eğrisi çizilir. Sabit mafsalları C_0 ve D_0 bu eğri üzerinde olmak zorundadır. Çünkü bu eğri dört konumu bir daire üzerinde olan homolog noktalardan geçen çemberlerin merkezlerinin geometrik yeridir. C_0 eğri üzerinde uygun bir yerde seçilerek pol üçgenlerinden birinde, örneğin $P_{12}P_{13}P_{23}$ üçgeninde iki pol ile birleştirilir. Oluşan iki açı aynı polde ters yönde taşınarak C_{123} temel noktası bulunur. Bunun pol doğrularına göre simetrikleri C_1 , C_2 , C_3 homolog noktalarıdır. C_4 homolog noktasını bulmak için dört indisini içeren bir pol üçgeninde aynı işlem yapılır. $P_{12}P_{14}P_{24}$ pol üçgeninden yararlanılarak C_{124} temel noktası bulunur. Dört indisini içeren iki polü birleştiren $P_{14}P_{24}$ pol doğrusuna göre bu temel noktanın simetriği C_4 homolog noktasıdır. Bu şekilde dört pol üçgeninde dört temel nokta bulunabilir. C_{123} , C_{124} , C_{134} ve C_{234} temel noktalarından C_1 , C_2 , C_3 ve C_4 homolog noktalarını bulmak için bunlardan ikisini

bulmak yeterlidir. Herhangi bir temel noktadan yalnızca üç homolog nokta bulunabilir, dördüncüyü bulmak için diğer bir temel nokta kullanılır.

D_0 sabit mafsal noktasında merkez noktalar eğrisi üzerinde uygun bir yerde seçilerek, benzer şekilde önce D_{234} temel noktalarından D_2 , D_3 , D_4 homolog noktaları bulunur. D_1 noktası içinde D_{123} temel noktalarından aynı işlem yapılır. Bulunan $C_0D_0D_1C_1$ dört çubuk mekanizması AB doğrusunun öngörülen dört konumdan geçmesini sağlar (Şekil 3.10).



Şekil 3.9 Dört konum sentezinde merkez noktalar eğrisinin bulunması

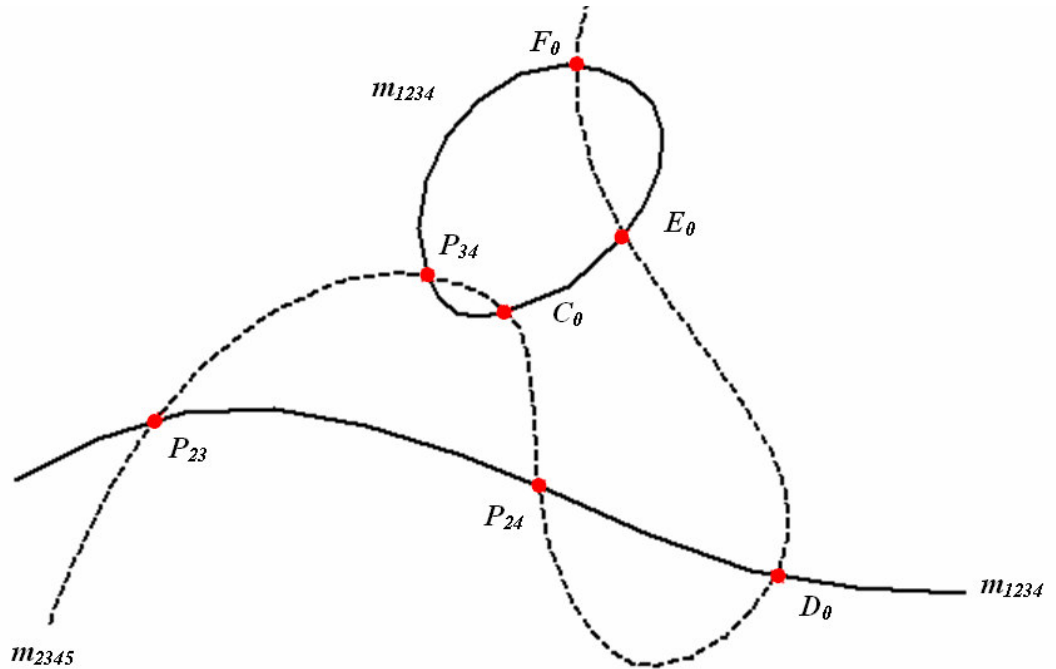


Şekil 3.10 Dört konum sentezinde merkez noktalar eğrisi yardımıyla mekanizmanın sentezi

3.1.4. Beş konum sentezi

Beş konum göz önüne alındığında 10 pol meydana gelir. Bunlar; P_{12} , P_{13} , P_{14} , P_{15} , P_{23} , P_{24} , P_{25} , P_{34} , P_{35} ve P_{45} dir.

Beş konum sentezinde iki adet dört konumun süper pozisyonu şeklinde düşünülebilir. Herhangi iki dört konum alınarak bunlara ait merkez noktalar eğrisi çizilir (m_{1234} ve m_{2345} gibi) her iki eğride üçüncü derecedendir ve dokuz kesim noktası mümkündür. Bunlardan üçü ortak pollerle üst üste düşer (Şekil 3.11'de P_{23} , P_{34} ve P_{24}), pollerden ikisi sanaldır. Geriye en az iki, en çok dört kesim noktası kalır. Bu dört kesim noktasına Burmester noktaları denir. Bunlardan herhangi ikisi sabit mafsalsal noktaları olarak alınarak homolog noktalar dört konum sentezinde olduğu gibi bulunabilir. Bu şekilde altı farklı dört çubuk mekanizması elde edilebilir. Kesim noktası iki adet ise tek çözüm vardır.

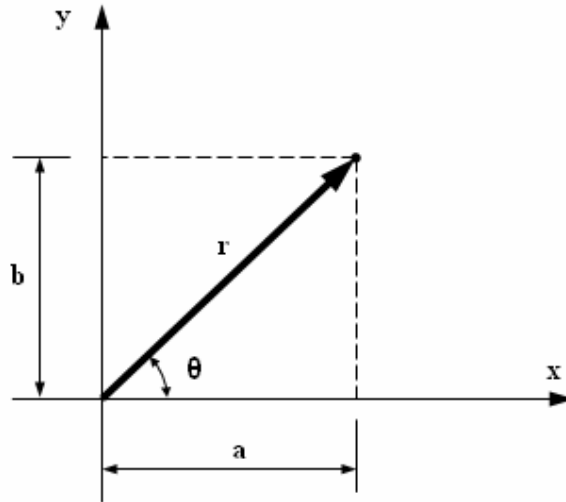


Şekil 3.11 Beş konum sentezinde merkez noktalar eğrisi

3.2. Konum Sentezinde Analitik Yöntemler

3.2.1. Konum sentezinde kompleks sayıların kullanılması

Bir noktanın veya uzvun konumunu belirlemek için kompleks sayılardan faydalanılabilir. Kompleks sayılar vektör olmamalarına rağmen her hangi bir noktanın konumunu veya mekanizma uzvunu belirlemek için kullanılabilirler. Koordinat ekseninde x-ekseni gerçel, y-ekseni ise sanal eksen olarak kabul edilir. Bu göz önüne alınarak düzlemsel mekanizmalardaki uzuvların kompleks sayılarla ifadesi yazılabilir.



Şekil 3.12 Düzlemde kompleks sayıların ifadesi

$$= a + bI \quad (3.13)$$

Eşitlik (3.13)'de a ve b , r vektörünün gerçel ve sanal eksenler üzerindeki izdüşümleridir. I ise reel sayıyı saat yönüne ters yönde 90^0 döndüren dönme operatörüdür ($I = \sqrt{-1}$).

Kutupsal gösterim kullanıldığında;

$$= r(\cos \theta + I \sin \theta) \quad (3.14)$$

eşitliği elde edilir. Dik koordinatlara göre yazılmış olan (3.14) eşitliği Euler denklemi kullanılarak üstel fonksiyon şeklinde yazılabilir.

$$= re^{I\theta} \quad (3.15)$$

(3.15) eşitliğinde r vektörün şiddetini, $e^{I\theta}$ ise \mathbf{r} vektörü yönündeki birim vektörü göstermektedir.

Örneğin bir dört çubuk mekanizmasında yukarıda anlatılanlar göz önüne alınırsa, uzuvların konumları vektörlerle ifade edilebilir. Verilen konumları j indisi ile gösterilip ($j=1, 2, 3$), sabit mafsala bağlı uzuv \mathbf{w} , hareketli mafsala bağlı uzuv \mathbf{z} vektörü şeklinde kabul edilsin. AB doğrusunun ilk konumundan ikinci, üçüncü ve diğer konumlara olan dönme miktarları α_1, α_2 ve α_3 belirlidir. İkinci, üçüncü ve diğer konumları sağlamak için w uzvunun dönmesi gereken açılar β_1, β_2 ve β_3 olsun. \mathbf{w} ve \mathbf{z} vektörlerinin başlangıçtaki konumlarını referans olarak alınırsa, α_j ve β_j kadar döndükten sonraki konumları sırasıyla $w e^{I\beta_j}$ ve $z e^{I\alpha_j}$ şeklinde ifade edilir.

Herhangi bir j konumunda vektör çokgeninden aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

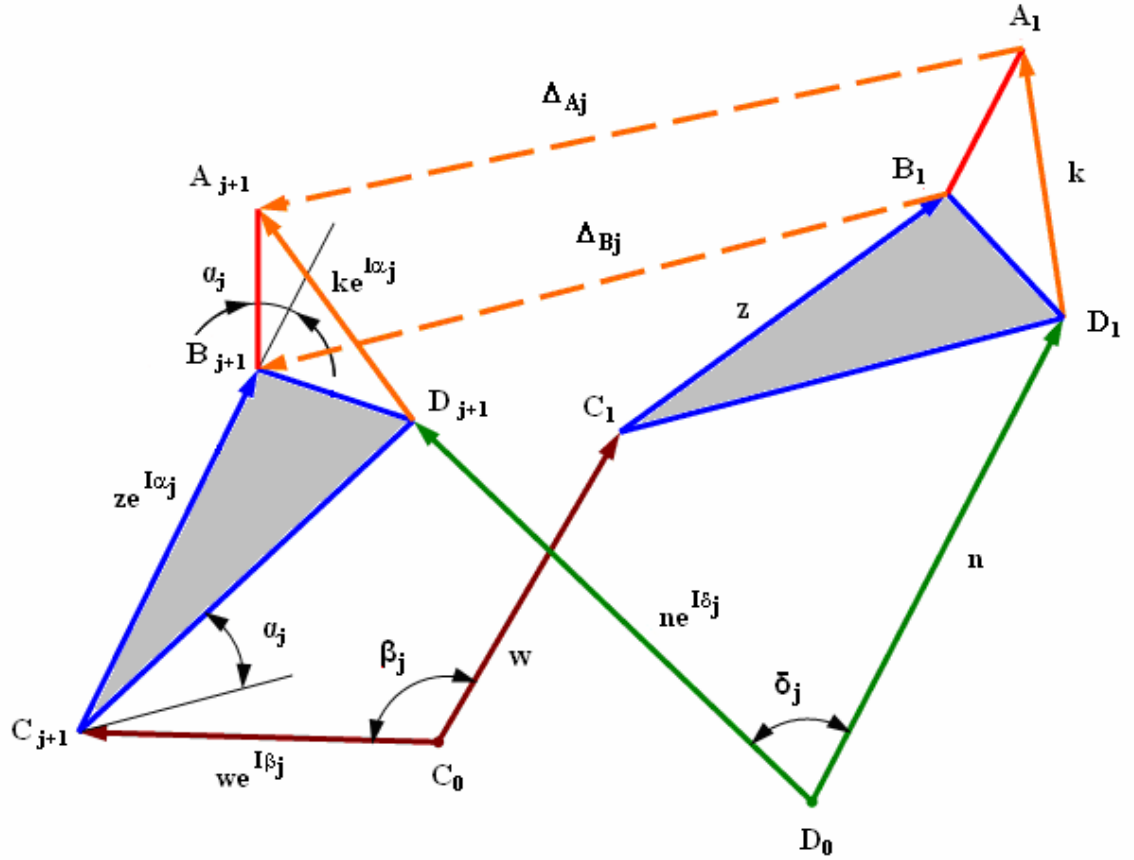
$$\mathbf{w} + \mathbf{z} + \Delta_{Bj} = \mathbf{w} e^{I\beta_j} + \mathbf{z} e^{I\alpha_j} \quad (3.16)$$

(3.16) eşitliğinde \mathbf{w} ve \mathbf{z} ifadeleri denklemin sağ tarafına alınarak (3.17) eşitliği elde edilir.

$$\Delta_{Bj} = \mathbf{w}(e^{I\beta_j} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_j} - 1) \quad (3.17)$$

Ayrıca mekanizmanın sağ tarafı içinde (3.17) eşitliği düzenlenebilir. Dikkat edilecek olursa, \mathbf{k} vektörü α açısı kadar döner. Çünkü \mathbf{z} ve \mathbf{k} vektörleri ABD düzleminde tanımlanmıştır. Buna bağlı olarak da \mathbf{n} vektörü δ açısı kadar döndüğü kabul edilirse (3.18) eşitliği elde edilir.

$$\Delta_{A_j} = n(e^{I\delta_j} - 1) + k(e^{I\alpha_j} - 1) \quad (3.18)$$



Şekil 3.13 Dört uzuvlu düzlemsel bir mekanizmanın kompleks sayılarla ifadesi

3.2.2. İki konum sentezi

Dört uzuvlu mekanizmalarda iki konum sentezi göz önüne alınarak mekanizmanın boyutlandırılması istenirse bu durumda, hareketli düzlemin iki konumu için α_1 açısı ve Δ_{B_j} vektörü verilen konumlardan dolayı bilinmektedir. (3.17) denkleminde $j=1$ için yazılırsa bir vektörel denklem elde edilir. Elde edilen bu denklemden sanal kısım kendi arasında ve gerçel kısım kendi arasında eşitlenerek iki skaler nonlineer denklem elde edilmiş olur.

$$\Delta_{B1} = \mathbf{w}(e^{I\beta_1} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_1} - 1) \quad (3.19)$$

Burada bilinmeyenler β_1 açısı ile \mathbf{w} ve \mathbf{z} vektörlerinin 2 şer bileşeni olmak üzere 5 tanedir. Bu bilinmeyenlerden 3 tanesi keyfi olarak seçilirse diğer 2 bilinmeyen (3.19) numaralı denklemden elde edilmiş olan iki skaler nonlineer denklem sayesinde kolaylıkla bulunabilir.

Mekanizmanın diğer kısmı içinde durum aynıdır. (3.18) denkleminde $j=1$ yazılarak elde edilen denklemden bilinmeyenler δ_1 açısı ile \mathbf{n} ve \mathbf{k} vektörlerinin 2 şer bileşeni olmak üzere 5 tanedir. Bu bilinmeyenlerden 3 tanesi keyfi olarak seçilirse diğer 2 bilinmeyen bulunabilir.

$$\Delta_{A1} = \mathbf{n}(e^{I\delta_1} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\alpha_1} - 1) \quad (3.20)$$

Bulunan bu değerlerden faydalanarak önceden verilen iki konumdan geçen mekanizma boyutlandırılmış olur.

B_1 noktası referans olmak üzere $-\mathbf{z}$ vektörü C_1 noktasını belirtir. C_1 noktası referans olmak üzere $-\mathbf{w}$ vektörü ise C_0 noktasının yerini belirtir. A_1 noktası referans olmak üzere $-\mathbf{k}$ vektörü D_1 noktasını meydana getirir. D_1 noktası referans olmak üzere $-\mathbf{n}$ vektörü ise D_0 noktasının yerini belirtir.

B_1 noktası ile C_1 noktası, C_1 noktası ile D_1 noktası ve D_1 noktası ile B_1 noktası birleştirilerek $B_1C_1D_1$ düzlemi belirlenir. Bu düzlemin C_1 noktası C_0 noktası ile ve D_1 noktası D_0 noktası ile birleştirilirse mekanizmanın birinci konumdaki durumu çizilebilir.

İkinci konumunun çizilebilmesi için ise \mathbf{w} vektörü $e^{I\beta_1}$ ve \mathbf{z} vektörü ise $e^{I\alpha_1}$ ile çarpılarak, \mathbf{n} vektörü $e^{I\delta_1}$ ve \mathbf{k} vektörü ise $e^{I\alpha_1}$ ile çarpılarak, C_2 ve D_2 noktalarının koordinatları yukarıda anlatılan yöntemle bulunur. Bu yöntemle mekanizmanın birinci ve ikinci konumlardaki durumu çizilebilir.

3.2.3. Üç konum sentezi

Dört uzuvlu mekanizmalarda düzlem yüzeyi üzerindeki bir AB doğru parçasının üç konumu verilerek mekanizmanın boyutlandırılması istenirse bu durumda, hareketli düzlemin üç konumu için α_1 ile α_2 açıları, Δ_{B1} ve Δ_{B2} vektörleri verilen konumlardan dolayı bilinmektedir. (3.17) denkleminde $j=1$ ve $j=2$ yazılırsa, (3.21) ve (3.22)'de belirtilen iki vektörel denklem elde edilir. Elde edilen bu denklemden sanal kısım kendi arasında ve gerçel kısım kendi arasında eşitlenerek dört skaler nonlinear denklem elde edilir.

$$\Delta_{B1} = \mathbf{w}(e^{I\beta_1} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_1} - 1) \quad (3.21)$$

$$\Delta_{B2} = \mathbf{w}(e^{I\beta_2} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_2} - 1) \quad (3.22)$$

Burada bilinmeyenler β_1 ve β_2 açıları ile \mathbf{w} ve \mathbf{z} vektörlerinin 2 şer bileşeni olmak üzere 6 tanedir. Bu bilinmeyenlerden 2 tanesi keyfi olarak seçilirse diğer 4 bilinmeyen (3.21) ve (3.22) numaralı denklemlerden elde edilmiş olan dört skaler nonlinear denklem sayesinde kolaylıkla bulunabilir.

Mekanizmanın diğer kısmı için (3.18) denklemini $j=1$ ve $j=2$ yazılarak düzenlenirse, (3.23) ve (3.24)'de belirtilen iki vektörel denklem elde edilir. Bu denklemlerde α_1 ile α_2 açıları, Δ_{A1} ve Δ_{A2} vektörleri verilen konumlardan dolayı bilinmektedir. Dolayısıyla bilinmeyenler ve δ_1 ve δ_2 açıları ile \mathbf{n} ve \mathbf{k} vektörlerinin 2 şer bileşeni olmak üzere mekanizmanın diğer kısmında olduğu gibi 6 tanedir. Bilinmeyenlerden ikisi keyfi olarak seçilirse, (3.23) ve (3.24) numaralı denklemlerden elde edilen skaler nonlinear denklemler sayesinde diğer 4 bilinmeyen bulunabilir.

$$\Delta_{A1} = \mathbf{n}(e^{I\delta_1} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\alpha_1} - 1) \quad (3.23)$$

$$\Delta_{A2} = \mathbf{n}(e^{I\delta_2} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\alpha_2} - 1) \quad (3.24)$$

3.2.4. Dört konum sentezi

Dört uzuvlu mekanizmalarda düzlem yüzeyi üzerindeki bir AB doğru parçasının dört konumu verilerek mekanizmanın boyutlandırılması istenirse bu durumda, hareketli düzlemin dört konumu için α_1 , α_2 ve α_3 açıları ile , Δ_{B1} , Δ_{B2} ve , Δ_{B3} vektörleri verilen konumlardan dolayı bilinmektedir. (3.17) denkleminde $j=1$, $j=2$ ve $j=3$ yazılırsa, (3.25), (3.26) ve (3.27)'de belirtilen üç vektörel denklem elde edilir. Elde edilen bu denklemden sanal kısım kendi arasında ve gerçel kısım kendi arasında eşitlenerek altı skaler nonlinear denklem elde edilir.

$$\Delta_{B1} = \mathbf{w}(e^{I\beta_1} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_1} - 1) \quad (3.25)$$

$$\Delta_{B2} = \mathbf{w}(e^{I\beta_2} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_2} - 1) \quad (3.26)$$

$$\Delta_{B3} = \mathbf{w}(e^{I\beta_3} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_3} - 1) \quad (3.27)$$

Burada bilinmeyenler β_1 , β_2 ve β_3 açısı ile \mathbf{w} ve \mathbf{z} vektörlerinin 2 şer bileşeni olmak üzere 7 tanedir. Bu bilinmeyenlerden 1 tanesi keyfi olarak seçilirse diğer 6 bilinmeyen (3.25), (3.26) ve (3.27) numaralı denklemlerden elde edilmiş olan altı skaler nonlinear denklem sayesinde kolaylıkla bulunabilir.

Mekanizmanın diğer kısmı için (3.18) denklemini $j=1$, $j=2$ ve $j=3$ yazılarak düzenlenirse, (3.28), (3.29) ve (3.30)'da belirtilen üç vektörel denklem elde edilir. Bu denklemlerde α_1 , α_2 ve α_3 açıları ile Δ_{A1} , Δ_{A2} ve Δ_{A3} vektörleri verilen konumlardan dolayı bilinmektedir. Dolayısıyla bilinmeyenler δ_1 , δ_2 ve δ_3 açıları ile \mathbf{n} ve \mathbf{k} vektörlerinin 2 şer bileşeni olmak üzere mekanizmanın diğer kısmında olduğu gibi 7 tanedir. Bilinmeyenlerden biri keyfi olarak seçilirse, (3.28), (3.29) ve (3.30) numaralı denklemlerden elde edilen skaler nonlinear denklemler sayesinde diğer 6 bilinmeyen bulunabilir.

$$\Delta_{A1} = \mathbf{n}(e^{I\delta_1} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\alpha_1} - 1) \quad (3.28)$$

$$\Delta_{A2} = \mathbf{n}(e^{I\delta_2} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\alpha_2} - 1) \quad (3.29)$$

$$\Delta_{A3} = \mathbf{n}(e^{I\delta_3} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\alpha_3} - 1) \quad (3.30)$$

3.2.5. Beş konum sentezi

Dört uzuvlu mekanizmalarda düzlem yüzeyi üzerindeki bir AB doğru parçasının beş konumu verilirse hareketli düzlemin beş konumu için $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ve α_4 açıları ile $\Delta_{B1}, \Delta_{B2}, \Delta_{B3}$ ve Δ_{B4} vektörleri verilen konumlardan dolayı bilinmektedir. (3.17) denkleminde $j=1, j=2, j=3$ ve $j=4$ yazılırsa, (3.31), (3.32), (3.33) ve (3.34)'de belirtilen dört vektörel denklem elde edilir. Elde edilen bu denklemden sanal kısım kendi arasında ve gerçel kısım kendi arasında eşitlenerek sekiz skaler nonlinear denklem elde edilir.

$$\Delta_{B1} = \mathbf{w}(e^{I\beta_1} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_1} - 1) \quad (3.31)$$

$$\Delta_{B2} = \mathbf{w}(e^{I\beta_2} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_2} - 1) \quad (3.32)$$

$$\Delta_{B3} = \mathbf{w}(e^{I\beta_3} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_3} - 1) \quad (3.33)$$

$$\Delta_{B4} = \mathbf{w}(e^{I\beta_4} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_4} - 1) \quad (3.34)$$

Burada bilinmeyenler $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ve β_4 açıları ile \mathbf{w} ve \mathbf{z} vektörlerinin 2 şer bileşeni olmak üzere 8 tanedir. Bu bilinmeyenler (3.31), (3.32), (3.33) ve (3.34) numaralı denklemlerden elde edilmiş olan sekiz skaler nonlinear denklem sayesinde bulunabilir.

Mekanizmanın diğer kısmı için (3.18) denklemini $j=1, j=2, j=3$ ve $j=4$ yazılarak düzenlenirse, (3.35), (3.36), (3.37) ve (3.38)'de belirtilen dört vektörel denklem elde edilir. Bu denklemlerde $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ve α_4 açıları ile $\Delta_{A1}, \Delta_{A2}, \Delta_{A3}$ ve Δ_{A4} vektörleri verilen konumlardan dolayı bilinmektedir. Dolayısıyla bilinmeyenler $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ ve δ_4 açıları ile \mathbf{n} ve \mathbf{k} vektörlerinin 2 şer bileşeni olmak üzere mekanizmanın diğer kısmında olduğu gibi sekiz tanedir. Bilinmeyenler (3.35), (3.36), (3.37) ve (3.38) numaralı denklemlerden elde edilmiş olan sekiz skaler nonlinear denklem sayesinde bulunabilir.

$$\Delta_{A1} = \mathbf{n}(e^{I\delta_1} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\alpha_1} - 1) \quad (3.35)$$

$$\Delta_{A2} = \mathbf{n}(e^{I\delta_2} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\alpha_2} - 1) \quad (3.36)$$

$$\Delta_{A3} = \mathbf{n}(e^{I\delta_3} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\alpha_3} - 1) \quad (3.37)$$

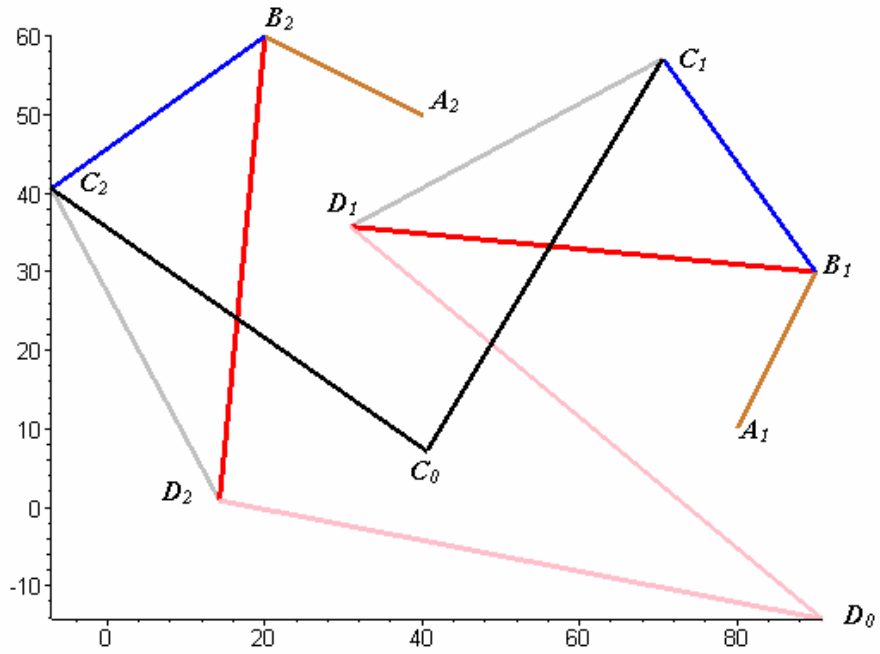
$$\Delta_{A4} = \mathbf{n}(e^{I\delta_4} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\alpha_4} - 1) \quad (3.38)$$

3.3. Sayısal Örnekler

3.3.1. İki konum sentezi

Tablo 3.2 İki konum sentezi verileri ve çözümü

Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	80	10	90	30
2	40	50	20	60
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	α_j (radyan)	
1	-70+30 I	-40+40 I	1.570796327	
Kabul edilen değerler				
$\beta_1=1.5$ rad	$w=30+50 I$	$\delta_1=0.5$ rad	$n=-60+50I$	
Çözümler				
$z=19.39282852 - 27.14546180 I$				
$k=49.13008679 - 25.75631743 I$				



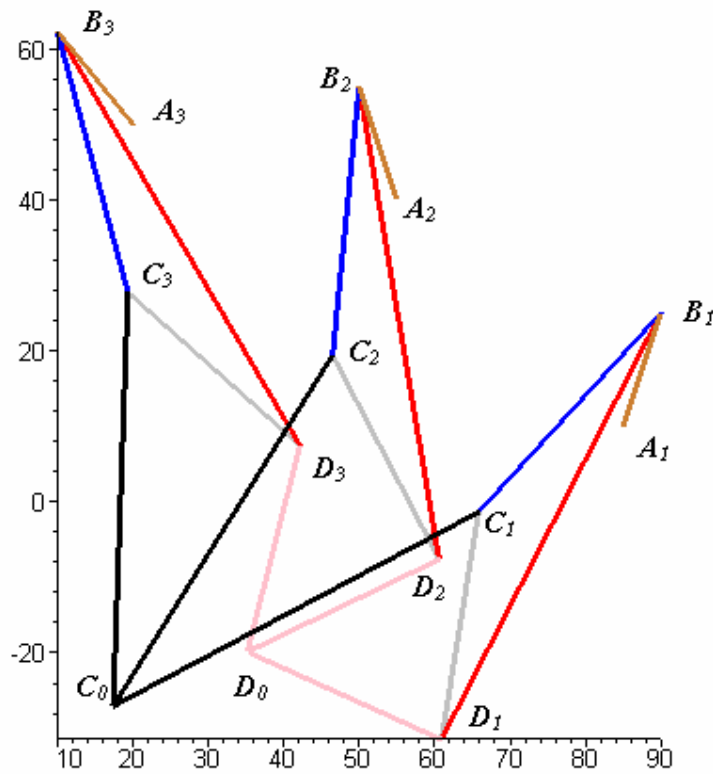
Şekil 3.14 Tablo 3.2’de sentezi yapılan dört uzuvlu mekanizmanın iki konumu

3.3.2. Üç konum sentezi

Tablo 3.3 Üç konum sentezi verileri ve çözümü

Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	85	10	90	25
2	55	40	50	55
3	20	50	10	62.24744871
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	α_j (radyan)	
1	$-40 + 30.00000000 I$	$-30 + 30 I$	0.643501109	
2	$-80 + 37.24744871 I$	$-65 + 40 I$	1.006469758	

Kabul edilen değerler			
$\beta_1= 30^0$	$\beta_2= 60^0$	$\delta_1= 50^0$	$\delta_2= 100^0$
özmler			
$w= 48.41832644 + 25.68378771 I$			
$z= 24.18335798 + 26.39101466 I$			
$n=25.71015213 - 11.59991127 I$			
$k=24.09290453 + 41.47246959 I$			

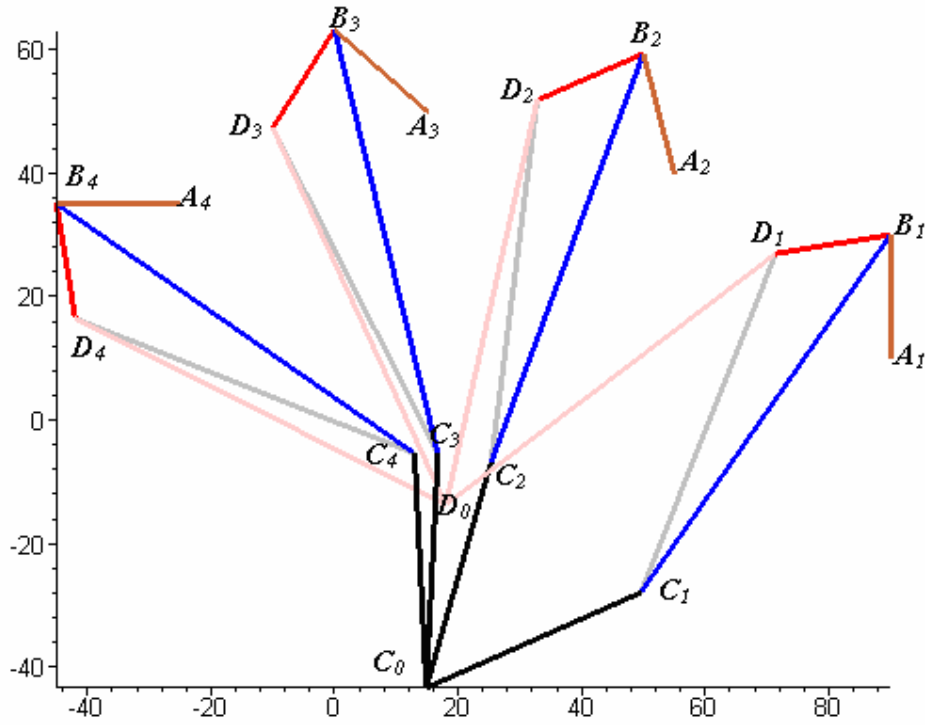


Şekil 3.15 Tablo 3.3’de sentezi yapılan dört uzuvlu mekanizmanın üç konumu

3.3.3. Dört konum sentezi

Tablo 3.4 Dört konum sentezi verileri ve çözümleri

Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	90	10	90	30
2	55	40	50	59.36491673
3	15	50	0	63.22875656
4	-25	35	-45	35
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler:				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	α_j (radyan)	
1	-40. + 29.36491673 I	-35 + 30 I	0.252680255	
2	-90. + 33.22875656 I	-75 + 40 I	0.848062079	
3	-135. + 5 I	-115 + 25 I	1.570796327	
Kabul edilen değerler				
$\beta_1 = 50^\circ$		$\delta_1 = 40^\circ$		
Çözümler				
w= 34.73877164 + 15.42805206 I		$\beta_2 = -11.46326150$ rad		
z= 40.41954513 + 57.95527183 I		$\beta_3 = 1.202495046$ rad		
n=53.43076586 + 40.69068380 I		$\delta_2 = -11.21597773$ rad		
k=18.54409646 - 16.97897692 I		$\delta_3 = -4.258303005$ rad		



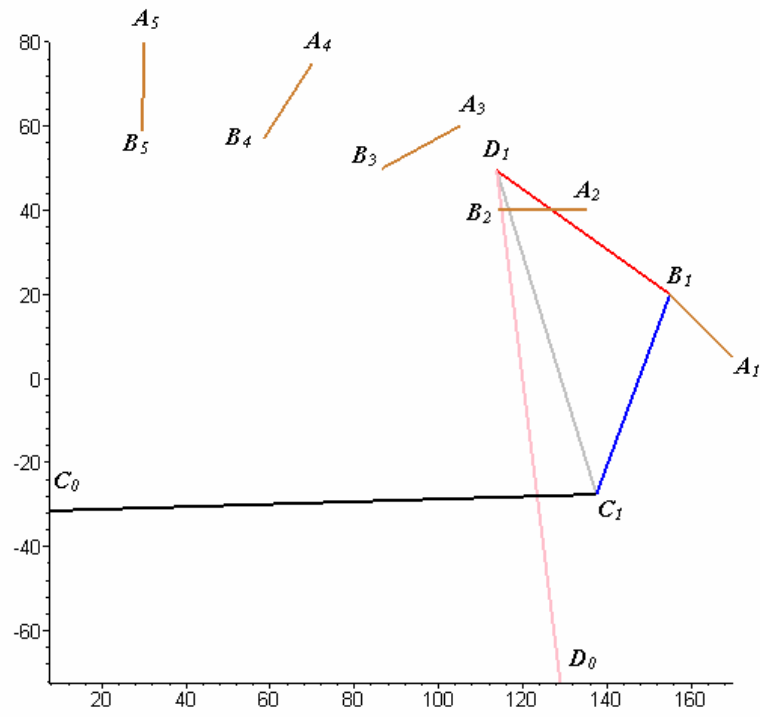
Şekil 3.16 Tablo 3.4’de sentezi yapılan dört uzuvlu mekanizmanın dört konumu

3.3.4. Beş konum sentezi

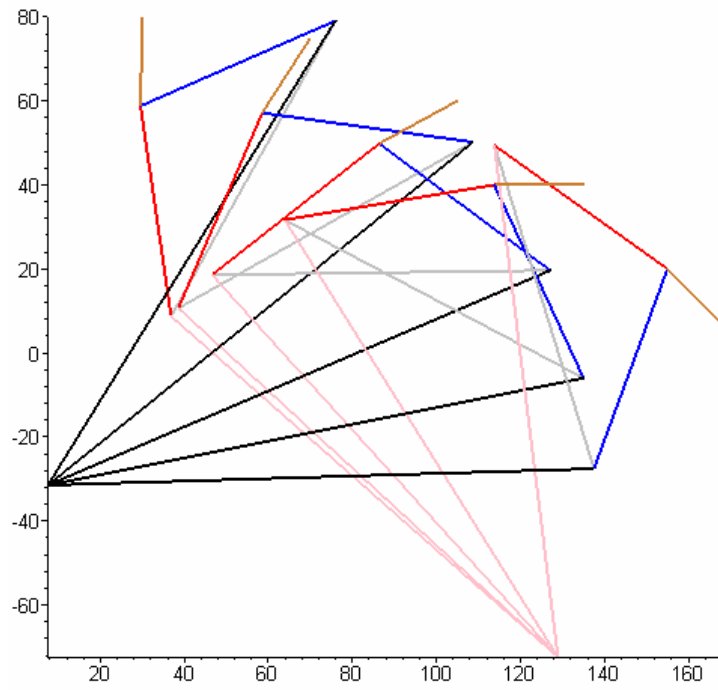
Tablo 3.5 Beş konum sentezi verileri ve çözümleri

Konumlar	A_x	A_y	Yatayla yapılan açı (radyan)	B_x	B_y
1	170	5	-	155	20
2	135	40	0	113.7867966	40
3	105	60	0.50	86.38366258	49.82984852
4	70	75	1.00	58.53845727	57.14970481
5	30	80	1.55	29.55887509	58.79138361

Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler			
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	α_j (radyan)
1	-41.2132034 + 20 I	-35 + 35 I	0.7853981635
2	-68.61633742 + 29.82984852 I	-65 + 55 I	1.285398164
3	-96.46154273 + 37.14970481 I	-100 + 70 I	1.785398164
4	-125.4411249 + 38.79138361 I	-140 + 75 I	2.335398164
Çözümler			
Vektörler			
w= 129.9937465 + 3.918812892 I		n=-15.11780914 + 121.7783251 I	
z= 17.49390501 + 47.55766586 I		k=56.18003020 - 44.39288035 I	
Vektörlerin dönme açıları (radyan)			
$\beta_1 = 6.450229127$		$\delta_1 = 13.00161110$	
$\beta_2 = 19.22347749$		$\delta_2 = 6.895356579$	
$\beta_3 = 13.21509766,$		$\delta_3 = 44.68630866$	
$\beta_4 = 7.269327670$		$\delta_4 = -11.84121710$	



Şekil 3.17 Tablo 3.5’de sentezi yapılan dört uzuvlu mekanizmanın birinci konumu



Şekil 3.18 Tablo 3.5’de sentezi yapılan dört uzuvlu mekanizmanın beş konumu

4. ALTI UZUVLU DÜZLEMSEL MEKANİZMALAR

4.1. Altı Uzuvlu Mekanizmaların Kinematik Zincirleri

Düzlemsel bir mekanizmada bütün çiftler bir serbestlik derecesine sahip, e_1 tek serbestlik derecesine sahip çift sayısı, n uzuv sayısı olmak üzere Grübler kriteri aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$2e_1 - 3n + 4 = 0 \quad (4.1)$$

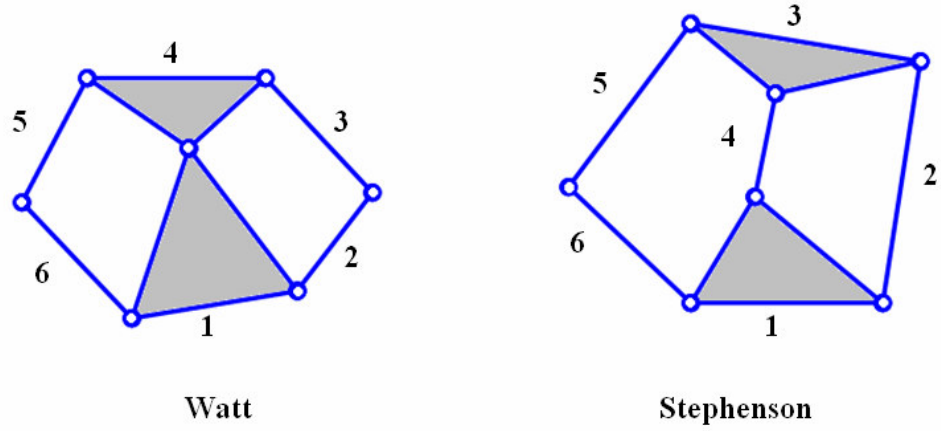
Denklem (4.1)'den şu sonuçlar bulunur;

- Adi çiftlerden meydana gelen düzlemsel bir mekanizmada uzuv sayısı çift olmak zorundadır.
- Bir mekanizmada ikili uzuvların sayısı en az 4 olmak zorundadır.
- Bir mekanizmada en fazla çifte sahip uzvun çift sayısı en çok, uzuv sayısının yarısı kadar olabilir.

Grübler Kriterine göre altı uzuvlu düzlemsel bir mekanizmada bir uzuv en fazla 3 çifte sahip olabilir. Yine aynı kritere göre çift sayısı da 7 olarak bulunur.

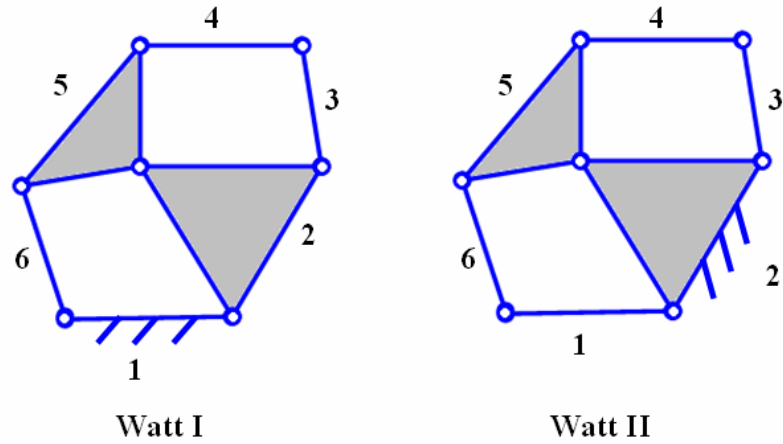
Düzlemsel bir mekanizmada ikili uzuvların sayısı en az 4 olmak zorunda olduğu dikkate alınır ve uzuv sayısından bu değer çıkartılırsa üçlü uzuvların sayısı 2 olarak bulunur. Bunlar kendi aralarında, Şekil 4.1'de görüldüğü gibi iki şekilde bağlanarak iki kinematik zincir elde edilir. Kinematik zinciri bu tipe uymayan 6 uzuvlu mekanizmalar mecburi hareketli değildir.

Altı uzuvlu bir mekanizmada 2 li uzuvlardan 4 adet, üçlü uzuvlardan da 2 adet olacağı yukarıda belirtilmişti. Bu ikili uzuvlardan birinin sabit tutulması halinde Şekil 4.2'de belirtilen Watt I zinciri elde edilir. Burada 1 numaralı uzuv sabit uzuv olarak kabul edilirse, 2 ve 6 numaralı uzuvlar dönme hareketi yapar diğer uzuvlar ise genel düzlemsel hareket yaparlar.



Şekil 4.1 Altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalara ait Watt ve Stephenson zincirleri

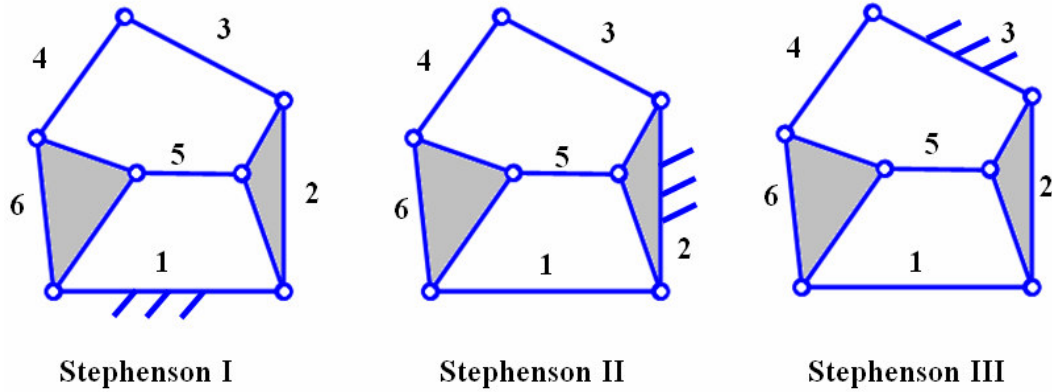
Üçlü uzuvlardan birinin sabit tutulması halinde Şekil 4.2’de belirtilen Watt II zinciri elde edilir. Burada 2 numaralı uzuv sabit uzuv olarak kabul edilirse, 1 ve 3 numaralı uzuvlar dönme hareketi, diğer uzuvlar ise genel düzlemsel hareket yaparlar. Üçlü uzuvlardan 2 numaralı uzvun sabit tutulması ile 5 numaralı uzvun sabit tutulması arasında bir fark yoktur.



Şekil 4.2 Altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalara ait Watt zincirleri

Stephenson zincirinde ise 3 farklı durum söz konusudur. Şekil 4.3'de Stephenson I zincirinde 1 numaralı uzuv sabit uzuv olarak kabul edilirse; 6 ve 2 numaralı uzuvlar dönme hareketi, diğer uzuvlar ise genel düzlemsel hareket yaparlar. 1 numaralı uzuv ile 5 numaralı uzvun sabit tutulması arasında hiçbir fark yoktur. Ancak 3 numaralı uzuv sabit tutulursa, Şekil 4.3'de Stephenson III zinciri elde edilir. Bu durumda, 2 ve 4 numaralı uzuvlar dönme hareketi, diğer uzuvlar ise genel düzlemsel hareket yapar.

Üçlü uzuvlardan 2 numaralı uzvun sabit tutulması halinde Şekil 4.3'de Stephenson II zinciri elde edilir. Bu durumda 1 ve 3 numaralı uzuvlar dönme hareketi, diğer uzuvlar ise genel düzlemsel hareket yaparlar. Üçlü uzuvlardan 2 numaralı uzvun sabit tutulması ile 6 numaralı uzvun sabit tutulması arasında bir fark yoktur.



Şekil 4.3 Altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalara ait Stephenson zincirleri

4.2. Altı Uzuvlu Düzlemsel Mekanizmalarda Konum Sentezi

Watt I ve Watt II mekanizmalarında iki kapalı çevrim söz konusudur. Watt I mekanizmasında sabit uzuv ikili, Watt II mekanizmasında sabit uzuv ise üçlü bir uzuvdur. Bu yüzden Watt II mekanizması iki farklı dört çubuk mekanizmasının birleşimi gibi düşünülebilir. Stephenson mekanizmalarında da iki kapalı çevrim söz konusudur. Bu kinematik zincirlerden Stephenson I ve Stephenson III'de sabit uzuv ikili bir uzuv, Stephenson II'de ise üçlü bir uzuvdur. Stephenson II kinematik zincire

sahip mekanizmalar da iki farklı dört çubuk mekanizmasının birleşimi gibi düşünülebilir. Bu yüzden Watt II ve Stephenson II zincirlerine sahip altı uzuvlu mekanizmalarla konum sentezi yapılması düşünülürse her iki kapalı bölgede yazılacak analitik denklemler dört çubuk mekanizmasındakinin aynısı olacaktır. Bu yüzden altı ve yedi konum sentezi için Watt I, Stephenson I ve Stephenson III kinematik zincirine sahip altı uzuvlu mekanizmalar dikkate alınacaktır.

4.2.1. Watt-I kinematik zincirine uyan altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalar

Altı uzuvlu düzlemsel bir mekanizmada dört çubuk mekanizmalarında olduğu gibi uzuvların konumları vektörlerle ifade edilebilir. Verilen konumları j indisi ile gösterilebilir ($j=1, 2, 3, 4, 5, 6$). Mekanizma uzuvlarını vektörlerle ifadesi ve dönme açıları Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de olduğu gibi kabul edilsin.

Herhangi bir j konumunda vektör çokgeninden aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

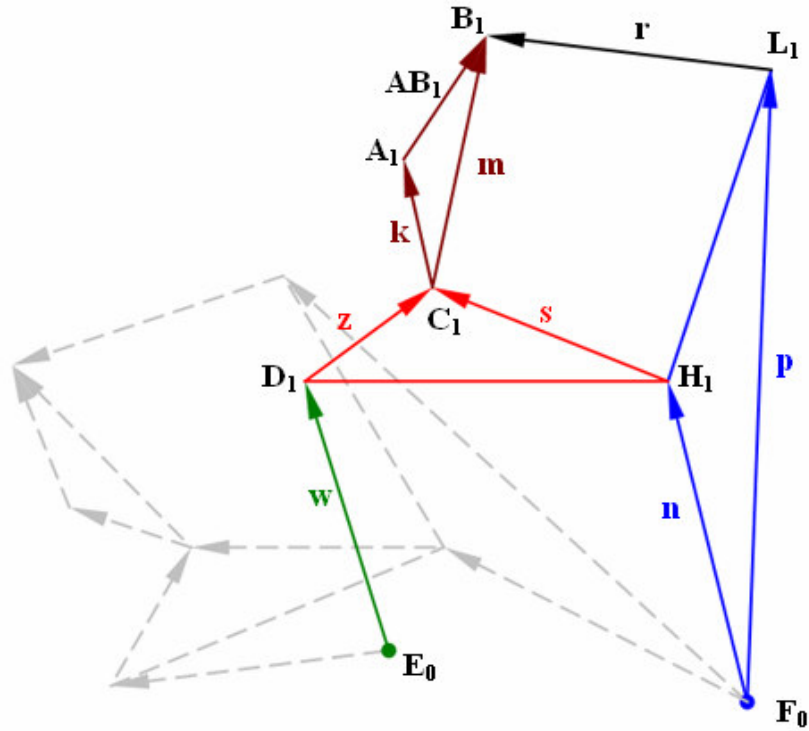
$$\Delta_{A_j} = \mathbf{w}(e^{I\eta_j} - 1) + \mathbf{z}(e^{I\alpha_j} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\theta_j} - 1) \quad (4.2)$$

$$\Delta_{B_j} = \mathbf{n}(e^{I\beta_j} - 1) + \mathbf{s}(e^{I\alpha_j} - 1) + \mathbf{m}(e^{I\theta_j} - 1) \quad (4.3)$$

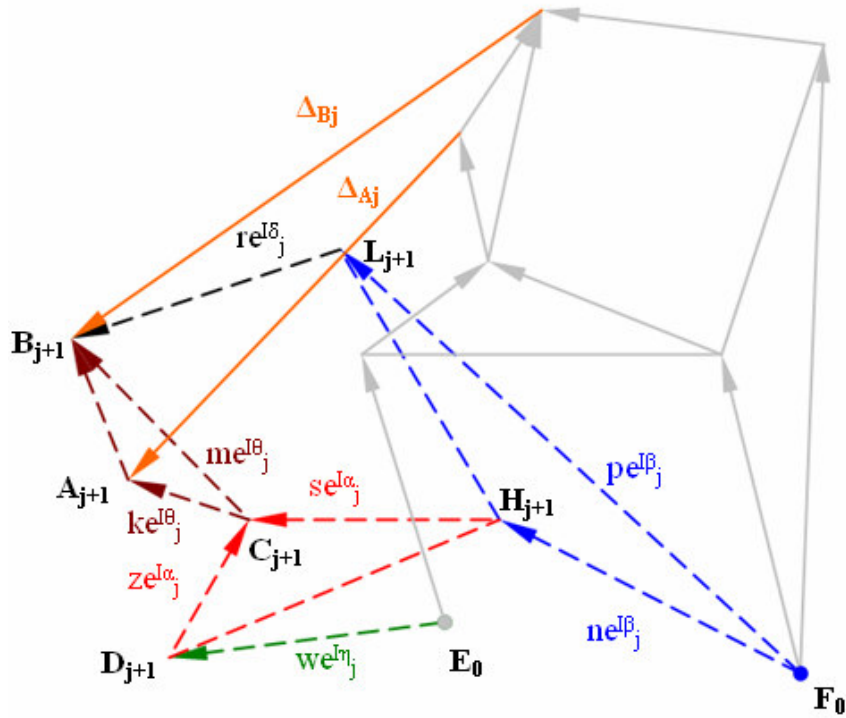
$$\Delta_{B_j} = \mathbf{p}(e^{I\beta_j} - 1) + \mathbf{r}(e^{I\delta_j} - 1) \quad (4.4)$$

$$\mathbf{m} = \mathbf{k} + \mathbf{AB}_1 \quad (4.5)$$

$$\mathbf{n} + \mathbf{s} + \mathbf{m} = \mathbf{p} + \mathbf{r} \quad (4.6)$$



Şekil 4.4 Watt-I kinematik zincirine uyan altı uzuvlu düzlemsel mekanizmanın 1. konumu



Şekil 4.5 Watt-I kinematik zincirine uyan altı uzuvlu düzlemsel mekanizmanın $(j+1)$. konumu

Burada AB doğrusunun ilk konumundan ikinci, üçüncü ve diğer konumlara olan dönme miktarları $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5$ ve θ_6 verilen konumlardan dolayı bilinmektedir. Aynı zamanda $\mathbf{AB}_1, \mathbf{AB}_2, \mathbf{AB}_3, \mathbf{AB}_4, \mathbf{AB}_5$ ve \mathbf{AB}_6 vektörleri de bilinmektedir.

2 konum sentezi göz önüne alındığında yukarıdaki denklemlerde $j=1$ yazılarak denklemler düzenlenirse, elde edilen 5 adet denklemde bilinmeyenler $\delta_1, \beta_1, \alpha_1$ ve η_1 açıları ile $\mathbf{w}, \mathbf{z}, \mathbf{k}, \mathbf{n}, \mathbf{s}, \mathbf{m}, \mathbf{p}$ ve \mathbf{r} vektörlerinin ikişer bileşeni olmak üzere 20 tanedir. Bilinmeyenlerden 10 tanesi keyfi olarak seçilirse, $j=1$ yazılarak elde edilen 5 denklemden sanal ve gerçel kısım kendi aralarında eşitlenerek elde edilen 10 skaler nonlineer denklem sayesinde diğer bilinmeyenler kolaylıkla bulunabilir.

3 konum sentezi için $j=1$ ve $j=2$ yazılarak denklemler düzenlenir. Elde edilen 8 denklemde bilinmeyenler $\delta_1, \delta_2, \beta_1, \beta_2, \alpha_1, \alpha_2, \eta_1$ ve η_2 açıları ile $\mathbf{w}, \mathbf{z}, \mathbf{k}, \mathbf{n}, \mathbf{s}, \mathbf{m}, \mathbf{p}$ ve \mathbf{r} vektörlerinin ikişer bileşeni olmak üzere 24 tanedir. Bilinmeyenlerden 8 tanesi keyfi olarak seçilirse, $j=1$ ve $j=2$ yazılarak elde edilen 8 denklemlerin sanal ve gerçel kısım kendi aralarında eşitlenerek elde edilen 16 skaler denklem sayesinde diğer bilinmeyenler kolaylıkla bulunabilir.

$j=1, 2, 3$ yazılarak 4 konum, $j=1, 2, 3, 4$ yazılarak 5 konum, $j=1, 2, 3, 4, 5$ yazılarak 6 konum, $j=1, 2, 3, 4, 5, 6$ yazılarak 7 konum sentezi yapılabilir.

Tablo 4.1 Watt-I mekanizmasına ait sentez değişkenleri

j	Denklem sayısı	Skaler denklem sayısı	Bilinmeyenler	Seçilen değerler
1	3+2=5	10	20	10
2	6+2=8	16	24	8
3	9+2=11	22	28	6
4	12+2=14	28	32	4
5	15+2=17	34	36	2
6	18+2=20	40	40	0

4.2.2. Stephenson-I kinematik zincirine uyan altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalar

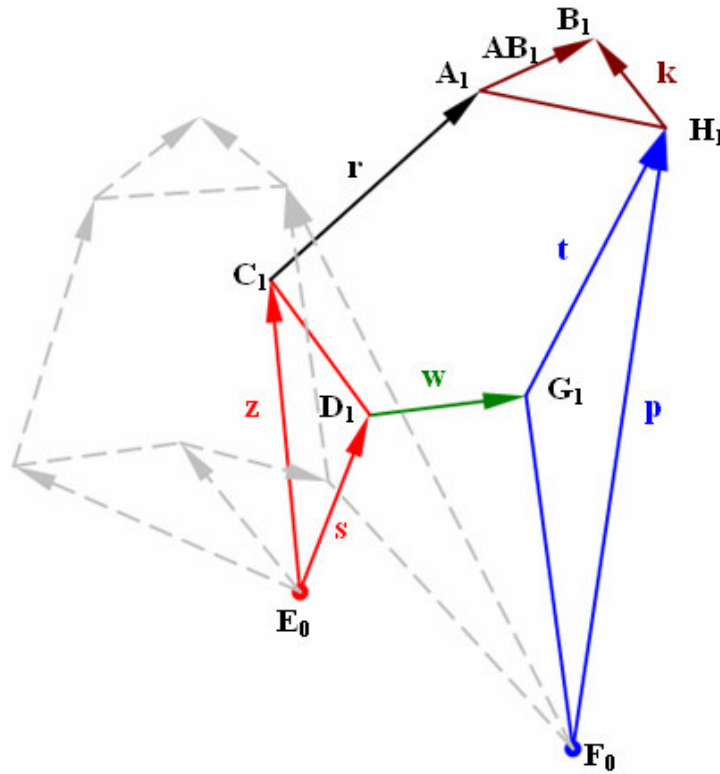
Mekanizma uzuvlarını vektörlerle ifadesi ve dönme açıları Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de olduğu gibi kabul edilen bir altı uzuvlu düzlemsel mekanizmanın herhangi bir j konumunda vektör çokgeninden aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

$$\Delta_{A_j} = \mathbf{z}(e^{i\alpha_j} - 1) + \mathbf{r}(e^{i\delta_j} - 1) \quad (4.7)$$

$$\Delta_{B_j} = \mathbf{p}(e^{i\beta_j} - 1) + \mathbf{k}(e^{i\theta_j} - 1) \quad (4.8)$$

$$\Delta_{B_j} = \mathbf{s}(e^{i\alpha_j} - 1) + \mathbf{w}(e^{i\eta_j} - 1) + \mathbf{t}(e^{i\beta_j} - 1) + \mathbf{k}(e^{i\theta_j} - 1) \quad (4.9)$$

$$\mathbf{s} + \mathbf{w} + \mathbf{t} + \mathbf{k} = \mathbf{z} + \mathbf{r} + \mathbf{AB}_1 \quad (4.10)$$



Şekil 4.6 Stephenson-I kinematik zincirine uyan altı uzuvlu düzlemsel mekanizmanın 1. konumu

olarak seçilirse, $j=1$ ve $j=2$ yazılarak elde edilen 7 denklemin sanal ve gerçel kısım kendi aralarında eşitlenerek elde edilen 14 skaler nonlinear denklem sayesinde diğer bilinmeyenler kolaylıkla bulunabilir.

$j=1, 2, 3$ yazılarak 4 konum, $j=1, 2, 3, 4$ yazılarak 5 konum, $j=1, 2, 3, 4, 5$ yazılarak 6 konum, $j=1, 2, 3, 4, 5, 6$ yazılarak 7 konum sentezi yapılabilir.

Tablo 4.2 Stephenson-I mekanizmasına ait sentez değişkenleri

j	Denklemler sayısı	Skaler denklemler sayısı	Bilinmeyenler	Seçilen değerler
1	3+1=4	8	18	10
2	6+1=7	14	22	8
3	9+1=10	20	26	6
4	12+1=13	26	30	4
5	15+1=16	32	34	2
6	18+1=19	38	38	0

4.2.3. Stephenson-III kinematik zincirine uyan altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalar

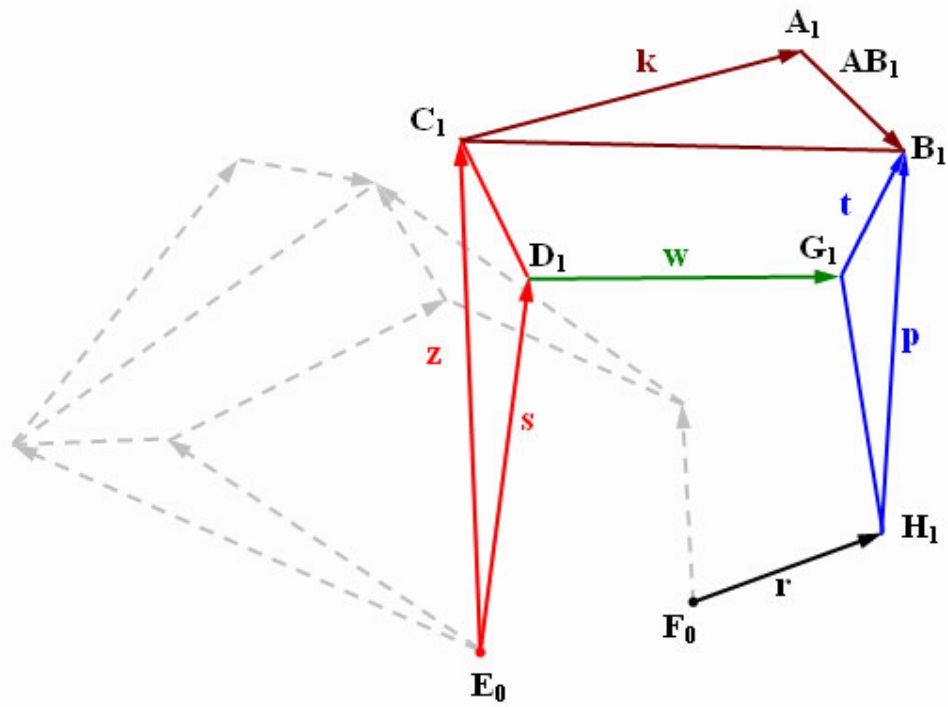
Mekanizma uzuvlarını vektörlerle ifadesi ve dönme açıları Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da olduğu gibi kabul edilen bir altı uzuvlu düzlemsel mekanizmanın herhangi bir j konumunda vektör çokgeninden aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

$$\Delta_{A_j} = \mathbf{z}(e^{I\alpha_j} - 1) + \mathbf{k}(e^{I\theta_j} - 1) \quad (4.11)$$

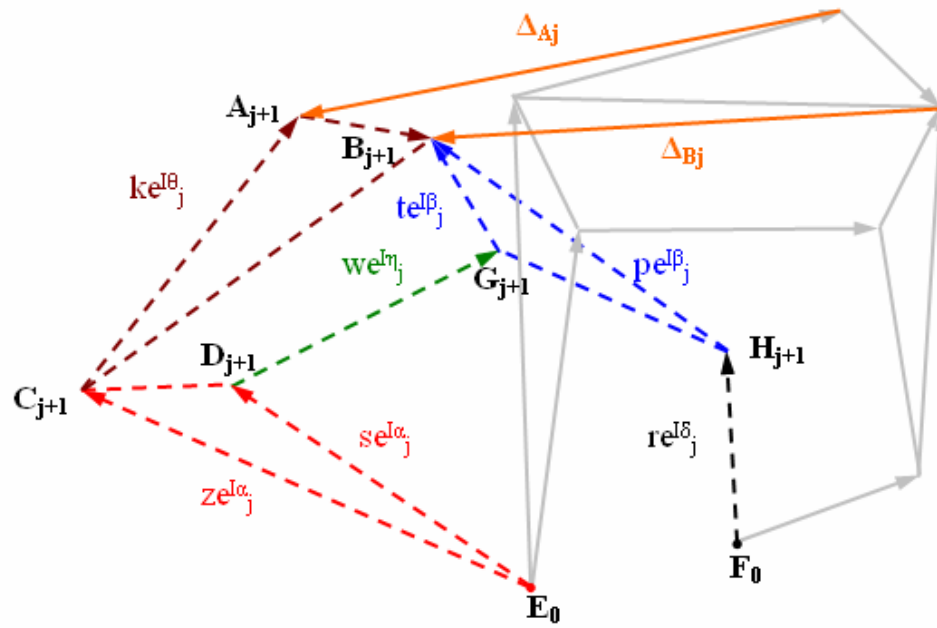
$$\Delta_{B_j} = \mathbf{p}(e^{I\beta_j} - 1) + \mathbf{r}(e^{I\delta_j} - 1) \quad (4.12)$$

$$\Delta_{B_j} = \mathbf{s}(e^{I\alpha_j} - 1) + \mathbf{w}(e^{I\eta_j} - 1) + \mathbf{t}(e^{I\beta_j} - 1) \quad (4.13)$$

$$\mathbf{s} + \mathbf{w} + \mathbf{t} = \mathbf{z} + \mathbf{k} + \mathbf{AB}_1 \quad (4.14)$$



Şekil 4.8 Stephenson-III kinematik zincirine uyan altı uzuvlu düzlemsel mekanizmanın 1. konumu



Şekil 4.9 Stephenson-III kinematik zincirine uyan altı uzuvlu düzlemsel mekanizmanın (j+1). konumu

Burada AB doğrusunun ilk konumundan ikinci, üçüncü ve diğer konumlara olan dönme miktarları $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5$ ve θ_6 verilen konumlardan dolayı bilinmektedir. Aynı zamanda $\mathbf{AB}_1, \mathbf{AB}_2, \mathbf{AB}_3, \mathbf{AB}_4, \mathbf{AB}_5$ ve \mathbf{AB}_6 vektörleri de bilinmektedir.

2 konum sentezi göz önüne alındığında yukarıdaki denklemlerde $j=1$ yazılarak denklemler düzenlenirse. Elde edilen 5 adet denklemde bilinmeyenler $\delta_1, \beta_1, \alpha_1$ ve η_1 açıları ile $\mathbf{w}, \mathbf{z}, \mathbf{k}, \mathbf{t}, \mathbf{s}, \mathbf{p}$ ve \mathbf{r} vektörlerinin ikişer bileşeni olmak üzere 18 tanedir. Bilinmeyenlerden 10 tanesi keyfi olarak seçilirse, $j=1$ yazılarak elde edilen 4 denklemden sanal ve gerçel kısım kendi aralarında eşitlenerek elde edilen 8 skaler nonlineer denklem sayesinde diğer bilinmeyenler kolaylıkla bulunabilir.

3 konum sentezi için $j=1$ ve $j=2$ yazılarak denklemler düzenlenir. Elde edilen 8 denklemde bilinmeyenler $\delta_1, \delta_2, \beta_1, \beta_2, \alpha_1, \alpha_2, \eta_1$ ve η_2 açıları ile $\mathbf{w}, \mathbf{z}, \mathbf{k}, \mathbf{t}, \mathbf{s}, \mathbf{p}$ ve \mathbf{r} vektörlerinin ikişer bileşeni olmak üzere 24 tanedir. Bilinmeyenlerden 8 tanesi keyfi olarak seçilirse, $j=1$ ve $j=2$ yazılarak elde edilen 7 denklemin sanal ve gerçel kısım kendi aralarında eşitlenerek elde edilen 14 skaler denklem sayesinde diğer bilinmeyenler kolaylıkla bulunabilir.

$j=1, 2, 3$ yazılarak 4 konum, $j=1, 2, 3, 4$ yazılarak 5 konum, $j=1, 2, 3, 4, 5$ yazılarak 6 konum, $j=1, 2, 3, 4, 5, 6$ yazılarak 7 konum sentezi yapılabilir.

Tablo 4.3 Stephenson-III mekanizmasına ait sentez değişkenleri

Konumlar	Denklem sayısı	Skaler denklem	Bilinmeyenler	Seçilen değerler
1	3+1=4	8	18	10
2	6+1=7	14	22	8
3	9+1=10	20	26	6
4	12+1=13	26	30	4
5	15+1=16	32	34	2
6	18+1=19	38	38	0

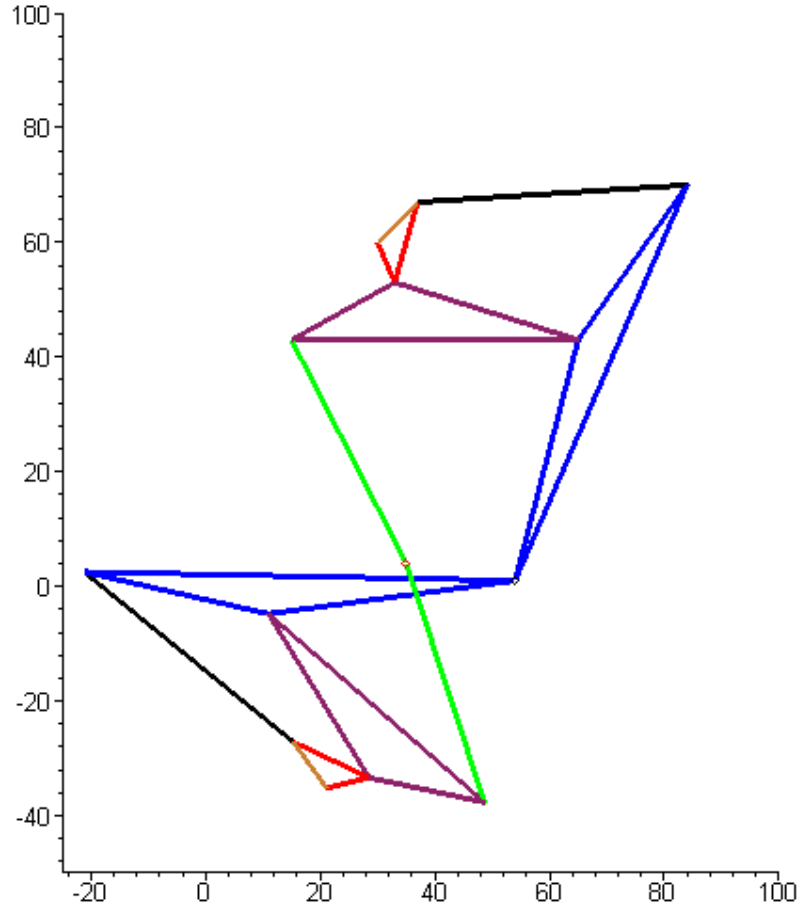
4.3. Sayısal Örnekler

4.3.1. Watt-I kinematik zincirine uyan altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalar

4.3.1.1. İki konum sentezi

Tablo 4.4 Watt-I mekanizmasına ait iki konum sentezi verileri ve çözümü

Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	30	60	37	67
2	21.122	-35.186	15.342	-27.14911005
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}		Δ_{Aj}	θ_j (radyan)
1	-21.658 - 94.14911005 I		-8.878 - 95.186 I	1.408883382
Kabul edilen değerler				
$w = -20 + 39 I$				
$z = 18 + 10 I$				
$r = -47 - 3 I$				
$k = -3 + 7 I$				
$p = 30 + 69 I$				
Çözümler				
Vektörler				
$s = -32.00093279 + 9.999898653 I$				
$m = 4.000000000 + 14.000000000 I$				
$n = 11.00093279 + 42.00010135 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	27.55710955	21.83405911	-23.17217093	-3.887166078

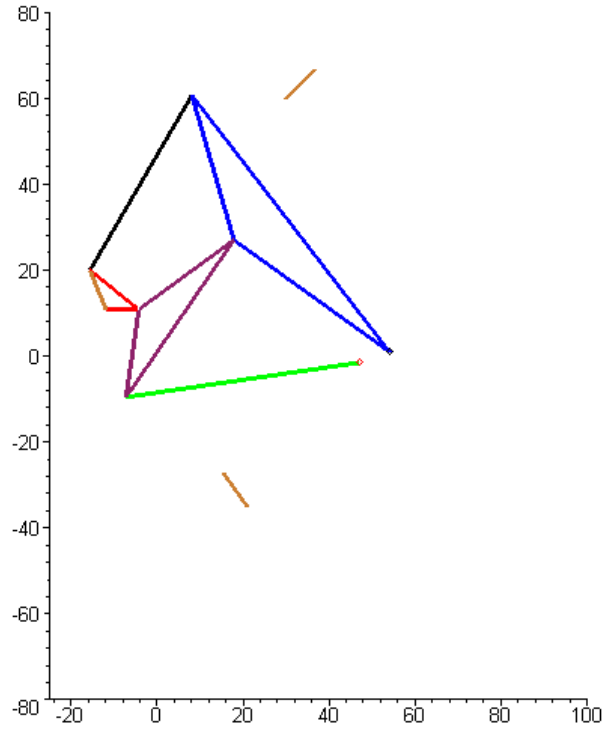


Şekil 4.10 Tablo 4.4'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 2. konumu

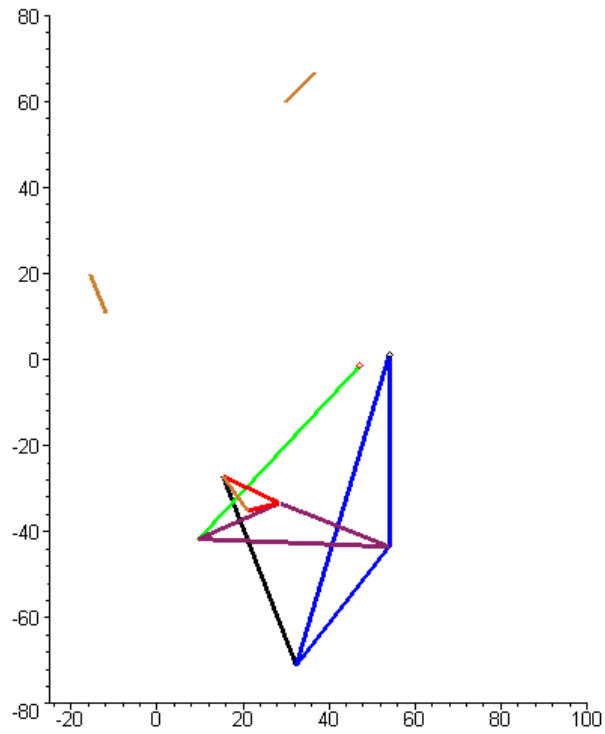
4.3.1.2. Üç konum sentezi

Tablo 4.5 Watt-I mekanizmasına ait üç konum sentezi verileri ve çözümü

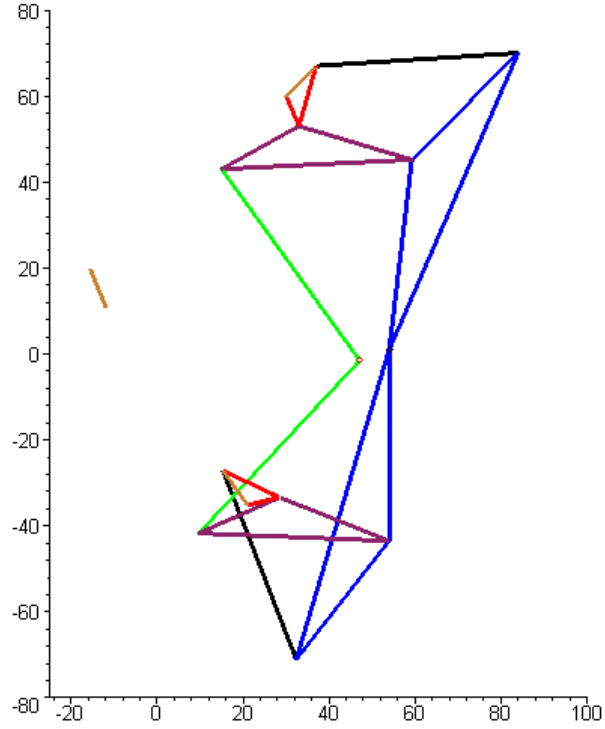
Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	30	60	37	67
2	-11.869	10.753	-15.599	19.92290185
3	21.122	-35.186	15.342	-27.14911005
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)	
1	-52.599 - 47.07709815 I	-41.869 - 49.247 I	1.171723254	



Şekil 4.12 Tablo 4.5'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



Şekil 4.13 Tablo 4.5'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



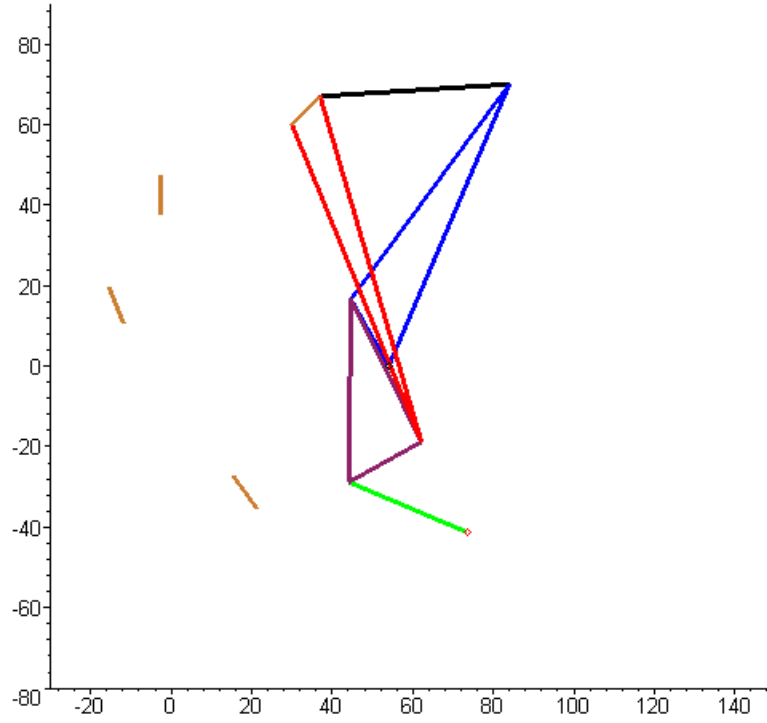
Şekil 4.14 Tablo 4.5'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 3. konumu

4.3.1.3. Dört konum sentezi

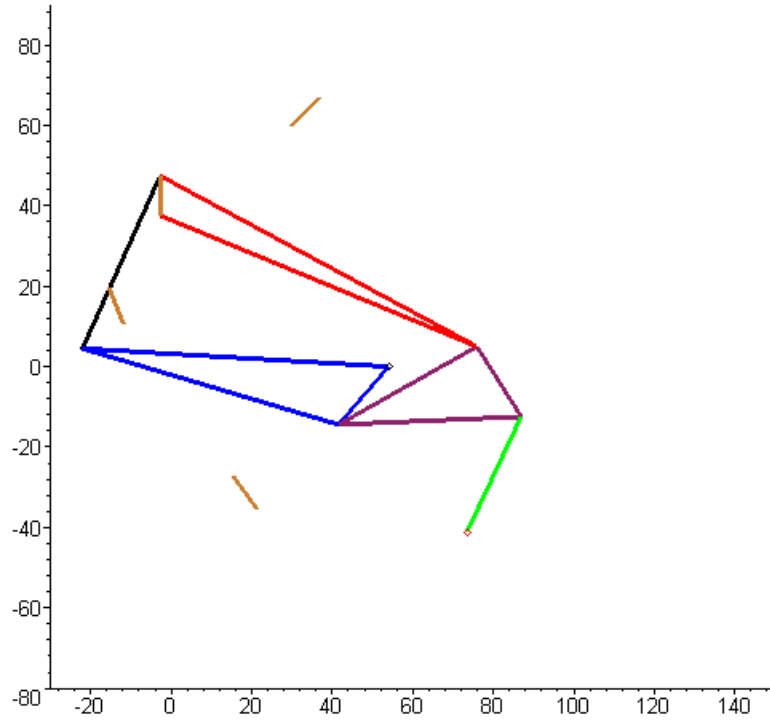
Tablo 4.6 Watt-I mekanizmasına ait dört konum sentezi verileri ve çözümü

Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	30	60	37	67
2	-2.678	37.551	-2.732	47.450
3	-11.869	10.753	-15.599	19.923
4	21.122	-35.186	15.342	-27.149
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)	
1	-39.732 - 19.550 I	-32.678 - 22.449 I	0.79090	
2	-52.599 - 47.077 I	-41.869 - 49.247 I	1.1717	
3	-21.658 - 94.149 I	-8.878 - 95.186 I	1.4089	

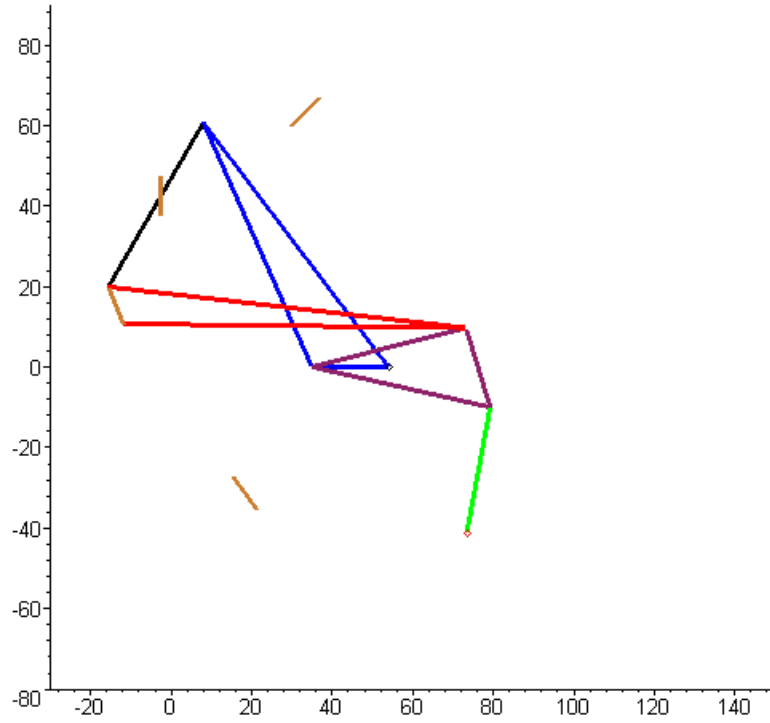
Kabul edilen değerler				
$z = 18 + 10 I$				
$r = -47 - 3 I$				
$p = 30 + 70 I$				
Çözümle				
Vektörle				
$w = -29.267 + 12.412 I$				
$s = 17.492 - 35.384 I$				
$k = -32.129 + 78.801 I$				
$m = -25.129 + 85.801 I$				
$n = -9.3627 + 16.583 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	-4.6574	17.241	1.9167	-2.0566
2	1.3593	-20.204	1.0536	0.98250
3	7.3858	-2.5998	3.2180	-1.3307



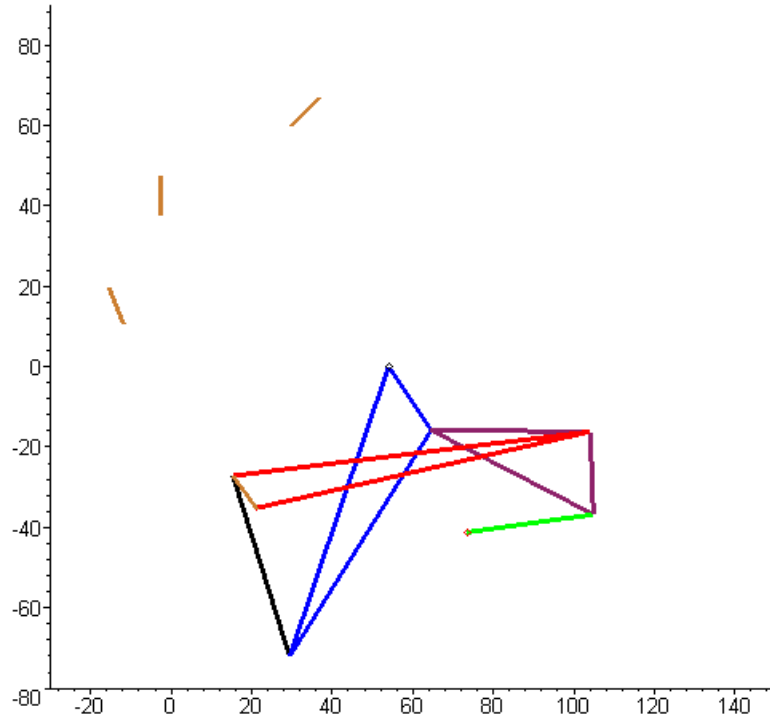
Şekil 4.15 Tablo 4.6'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



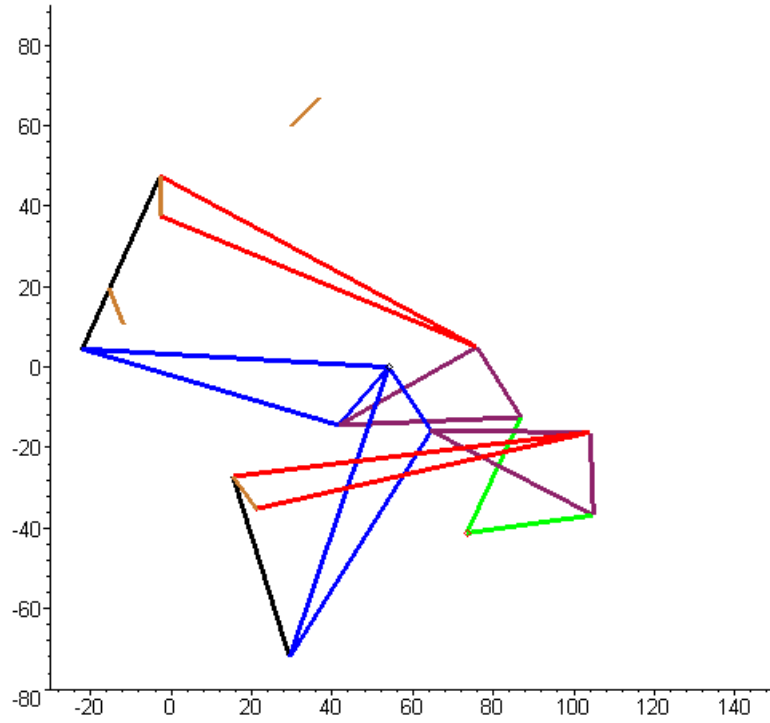
Şekil 4.16 Tablo 4.6'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



Şekil 4.17 Tablo 4.6'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



Şekil 4.18 Tablo 4.6'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu

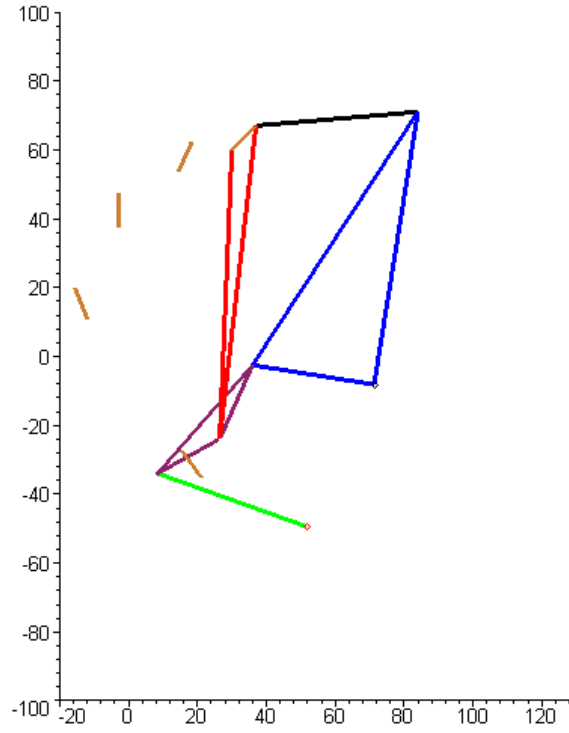


Şekil 4.19 Tablo 4.6'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. ve 4. konumu

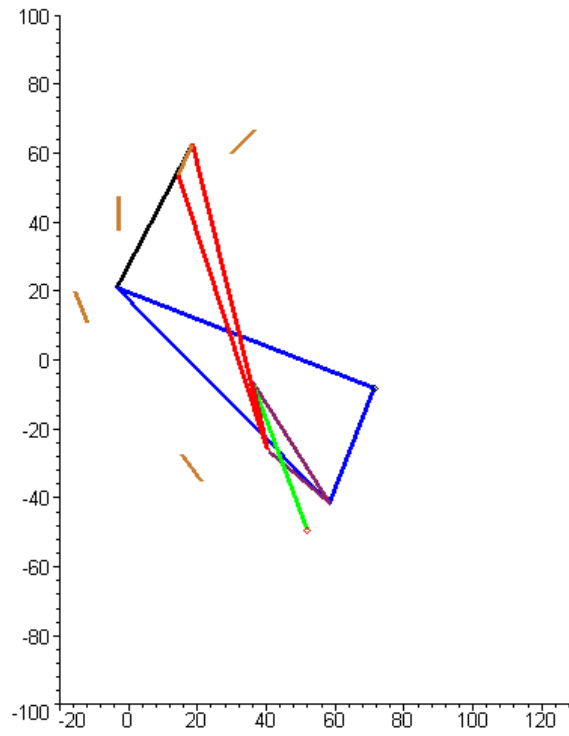
4.3.1.4. Beş konum sentezi

Tablo 4.7 Watt-I mekanizmasına ait beş konum sentezi verileri ve çözümü

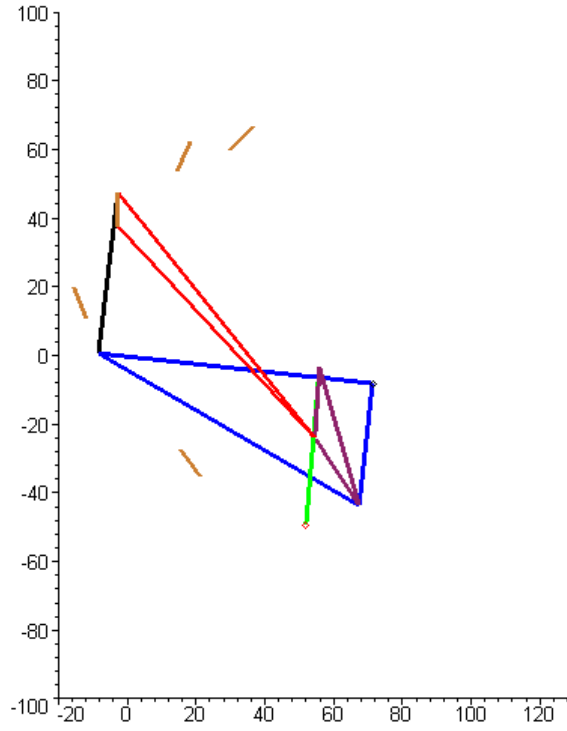
Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	30	60	37	67
2	14.448	53.661	18.567	62.663
3	-2.678	37.551	-2.732	47.450
4	-11.869	10.753	-15.599	19.923
5	21.122	-35.186	15.342	-27.149
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)	
1	-18.433 - 4.337 I	-15.552 - 6.339 I	0.35630	
2	-39.732 - 19.550 I	-32.678 - 22.449 I	0.79090	
3	-52.599 - 47.077 I	-41.869 - 49.247 I	1.1717	
4	-21.658 - 94.149 I	-8.878 - 95.186 I	1.4089	
Kabul edilen değerler				
$z = 18 + 10 I$				
$r = -47 - 4 I$				
Çözümler				
Vektörler				
$w = -43.499 + 15.499 I$				
$s = -9.5451 - 21.470 I$				
$k = 3.5302 + 83.977 I$				
$p = 12.697 + 79.149 I$				
$m = 10.530 + 90.977 I$				
$n = -35.289 + 5.6430 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	-8.1385	11.694	-4.9244	4.1430
2	4.1393	11.253	-10.946	4.5075
3	4.2705	-1.4652	-4.3235	11.099
4	0.54796	3.0204	2.6804	4.8274



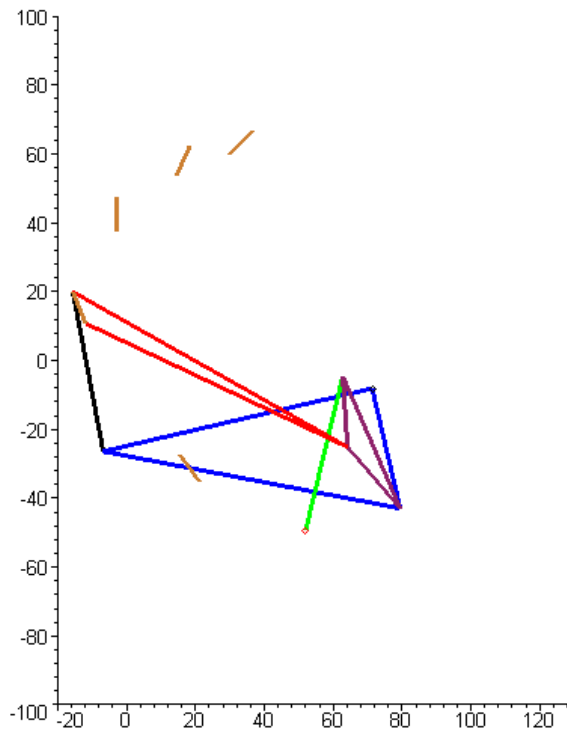
Şekil 4.20 Tablo 4.7'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



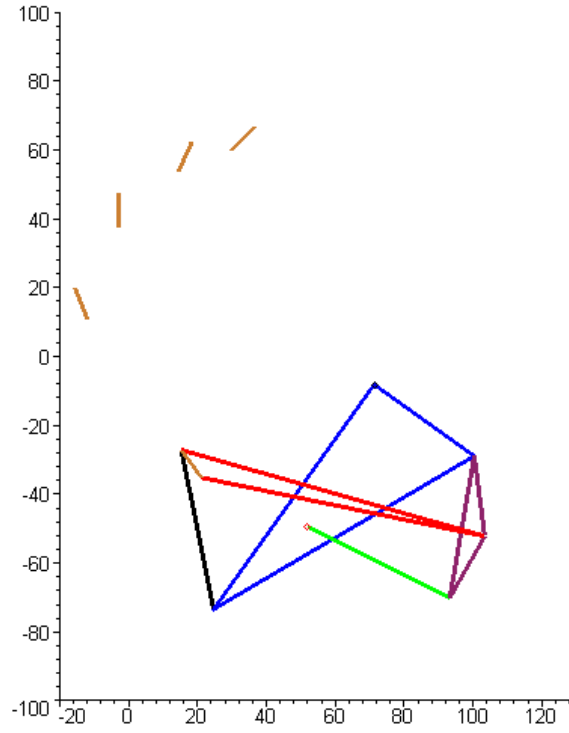
Şekil 4.21 Tablo 4.7'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



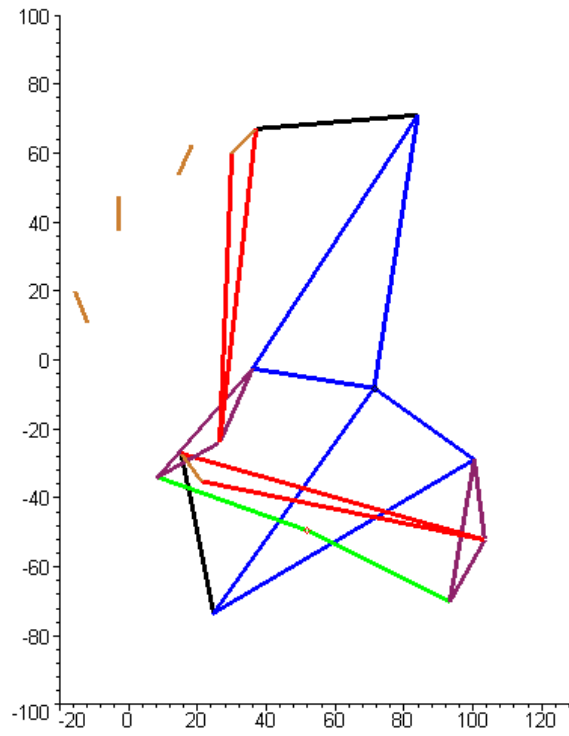
Şekil 4.22 Tablo 4.7'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



Şekil 4.23 Tablo 4.7'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu



Şekil 4.24 Tablo 4.7’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 5. konumu

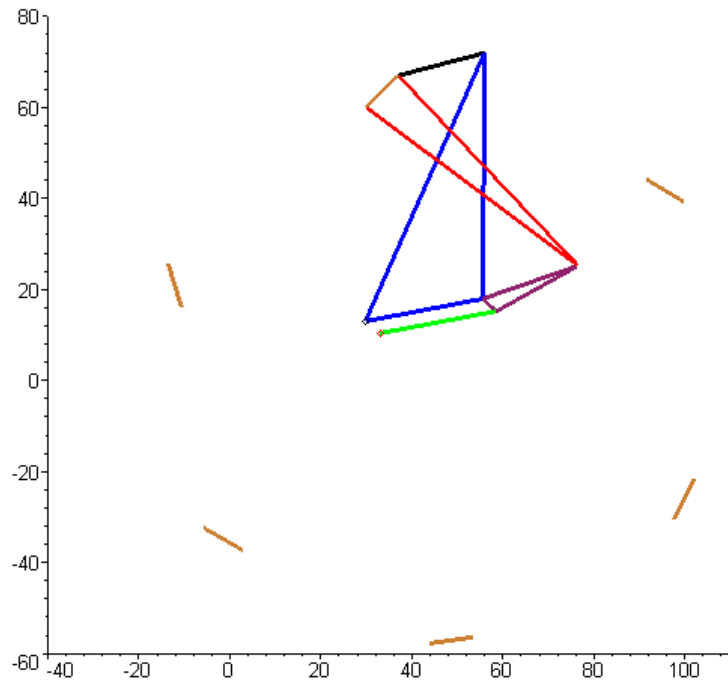


Şekil 4.25 Tablo 4.7’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 5. konumu

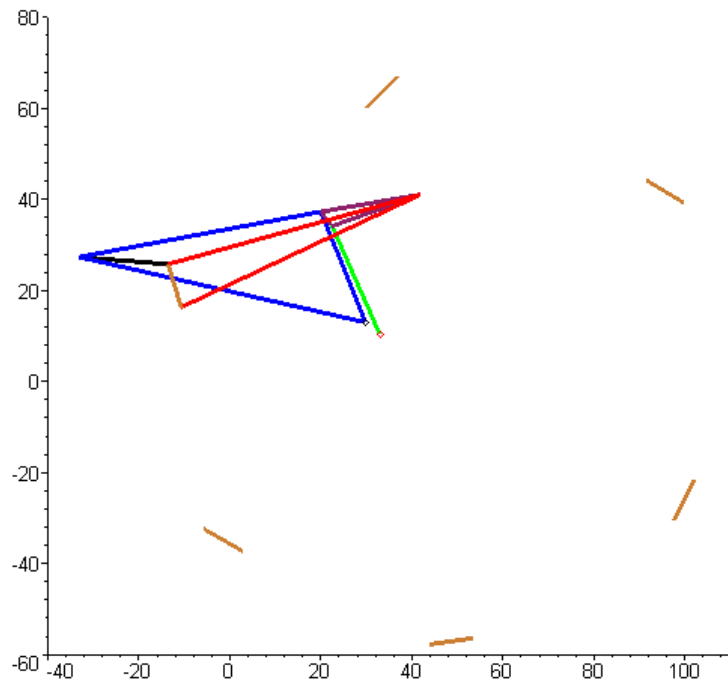
4.3.1.5. Altı konum sentezi

Tablo 4.8 Watt-I mekanizmasına ait altı konum sentezi verileri ve çözümü

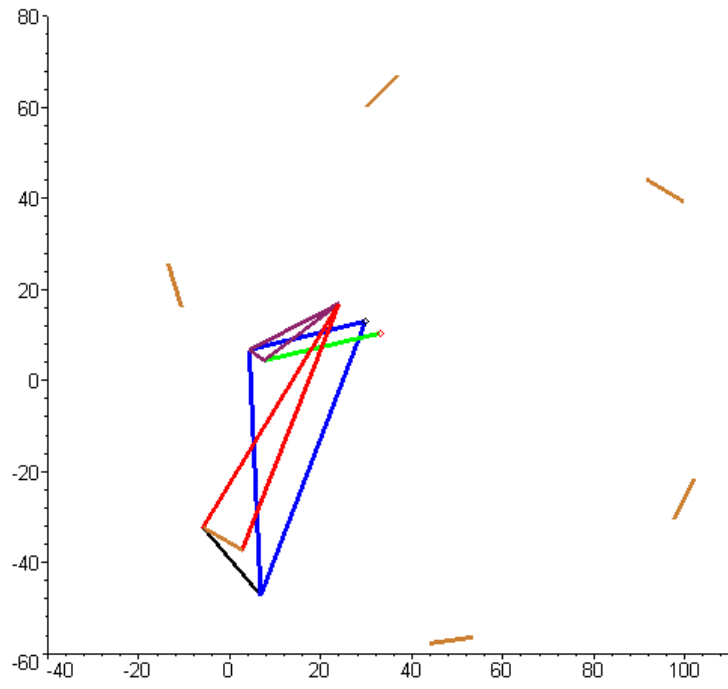
Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	30	60	37	67
2	-10.7	16.3	-13.6	25.76
3	2.7	-37.2	-5.9	-32.30
4	53.5	-56.4	43.7	-57.80
5	102	-21.8	97.6	-30.67
6	91.5	44.2	100	39.13
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)	
1	-50.6 - 41.24 I	-40.7 - 43.7 I	1.082	
2	-42.9 - 99.30 I	-27.3 - 97.2 I	1.838	
3	6.7 - 124.8 I	23.5 - 116.4 I	-3.786	
4	60.6 - 97.67 I	72- 81.8 I	-2.816	
5	63 - 27.87 I	61.5 - 15.8 I	-1.323	
Kabul edilen değerler				
$z = 18 + 10 I$				
Çözümler				
Vektörler				
$w = 25.60 + 4.862 I$				
$s = 20.95 + 7.268 I$				
$r = -18.95 - 4.972 I$				
$k = -46.54 + 34.78 I$				
$p = 26.18 + 58.97 I$				
$m = -39.54 + 41.78 I$				
$n = 25.81 + 4.955 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	-12.73	8.081	-4.520	15.37
2	0.1426	-3.099	-9.372	-13.69
3	-6.180	10.30	-2.264	6.750
4	-12.46	29.54	-8.162	9.125
5	-0.4587	11.45	-13.60	-2.147



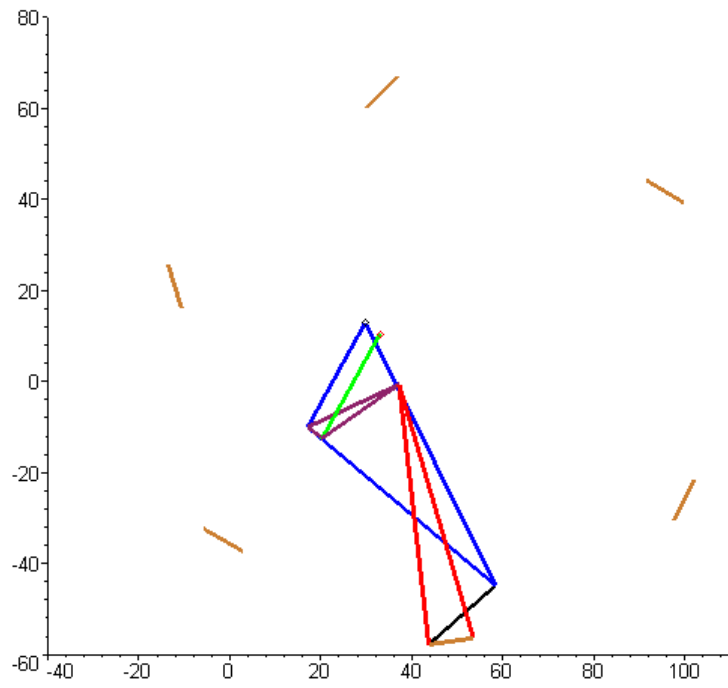
Şekil 4.26 Tablo 4.8'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



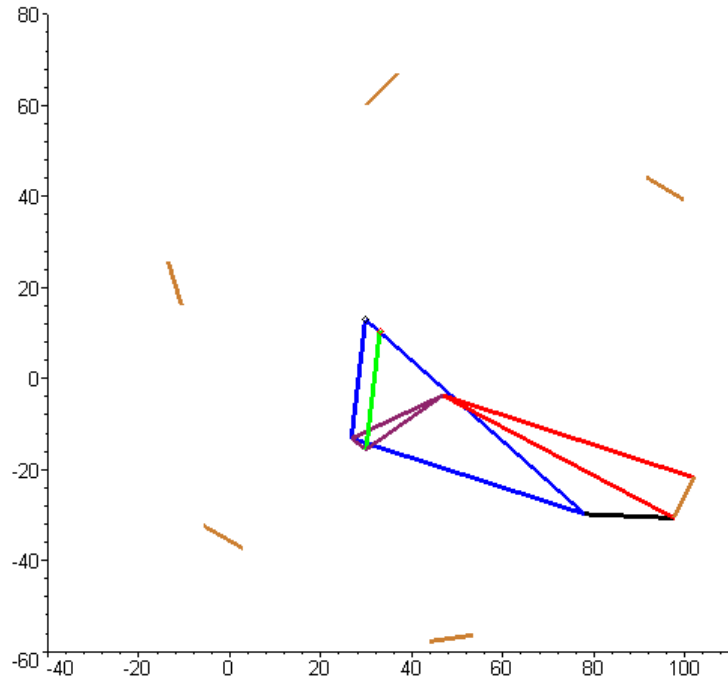
Şekil 4.27 Tablo 4.8'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



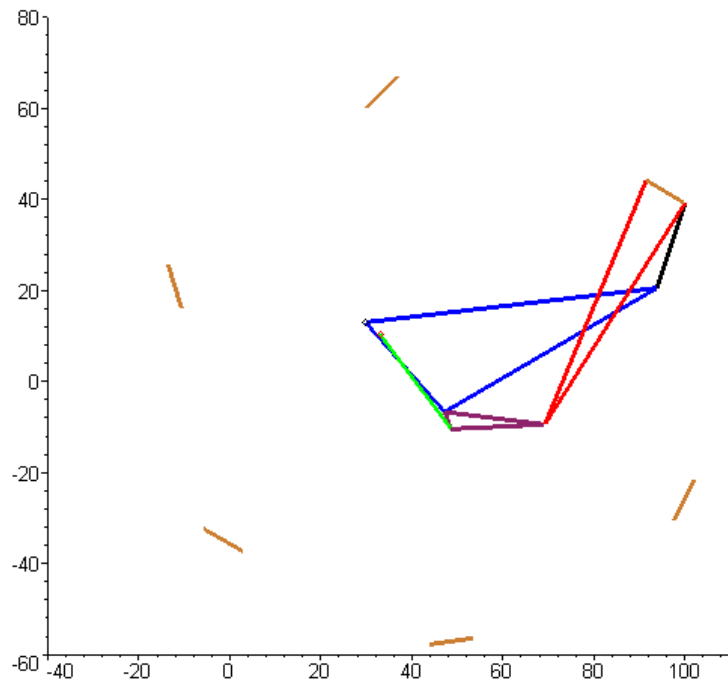
Şekil 4.28 Tablo 4.8'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



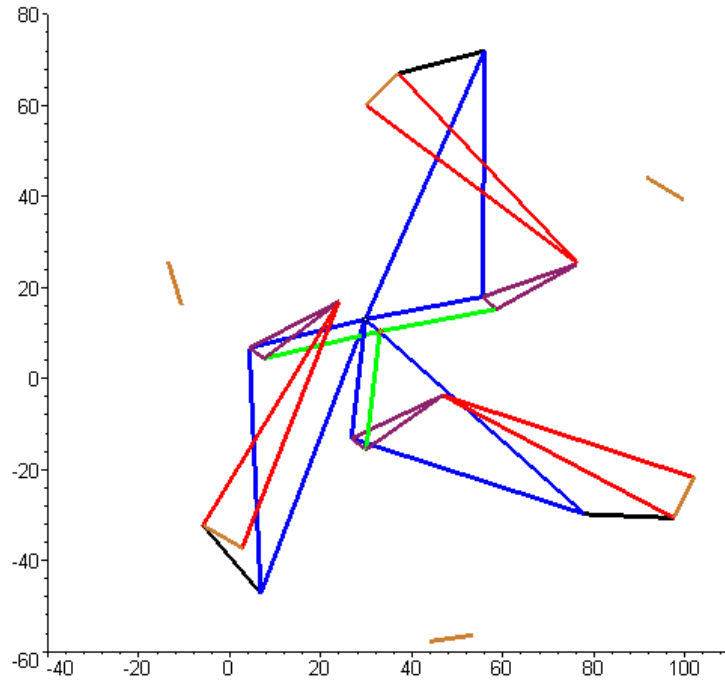
Şekil 4.29 Tablo 4.8'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu



Şekil 4.30 Tablo 4.8'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 5. konumu



Şekil 4.31 Tablo 4.8'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 6. konumu



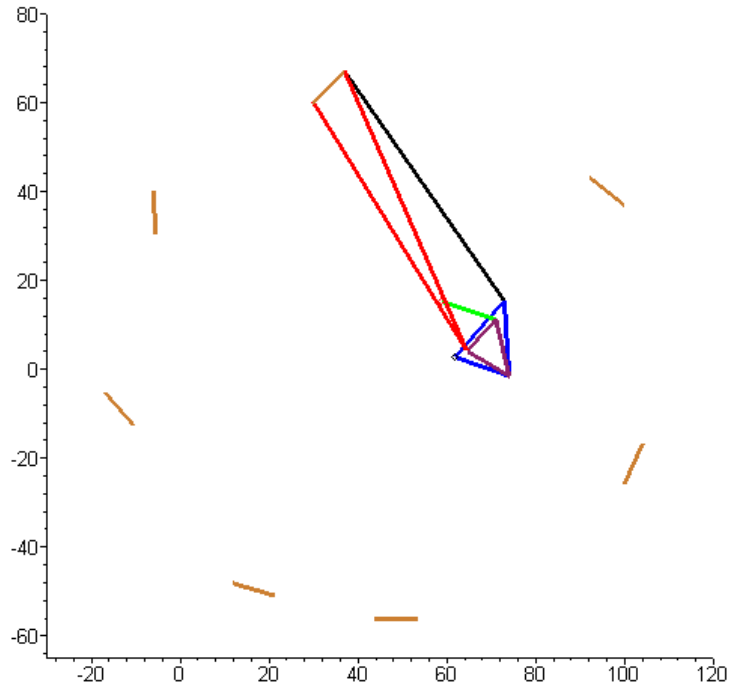
Şekil 4.32 Tablo 4.8’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1., 2. ve 5. konumları

4.3.1.6. Yedi konum sentezi

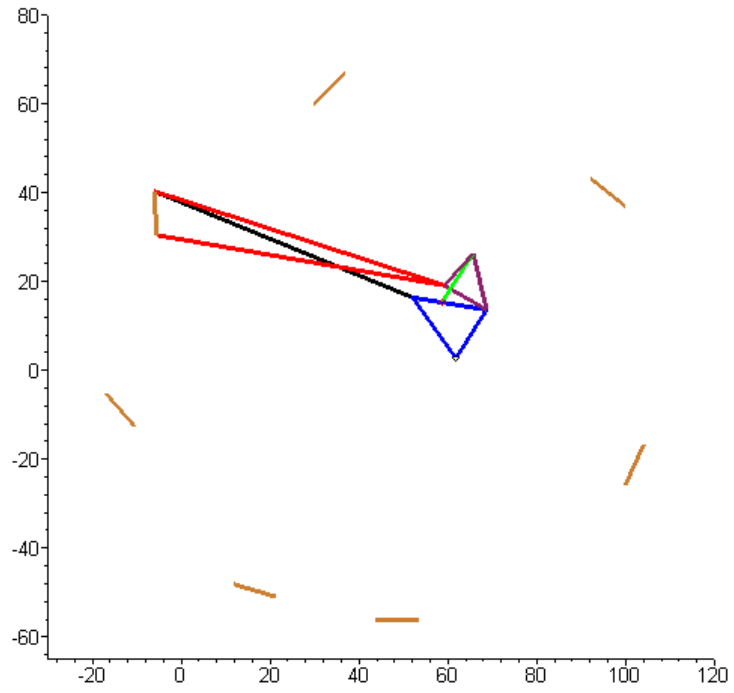
Tablo 4.9 Watt-I mekanizmasına ait yedi konum sentezi verileri ve çözümü

Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y	
1	30	60	37	67	
2	-5.5	30.4	-6.1	40.3	
3	-10.5	-12.6	-17	-5.13	
4	21.2	-50.9	11.7	-48.1	
5	53.4	-56.2	43.5	-56.2	
6	104	-16.8	99.9	-25.8	
7	92.3	43	100	36.8	
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler					
j	Δ_{Bj}		Δ_{Aj}		θ_j (radyan)
1	-43.1 - 26.7 I		-35.5 - 29.6 I		0.845
2	-54. - 72.1 I		-40.5 - 72.6 I		1.50
3	-25.3 - 115 I		-8.8 - 111 I		2.08
4	6.5 - 123 I		23.4 - 116 I		2.36

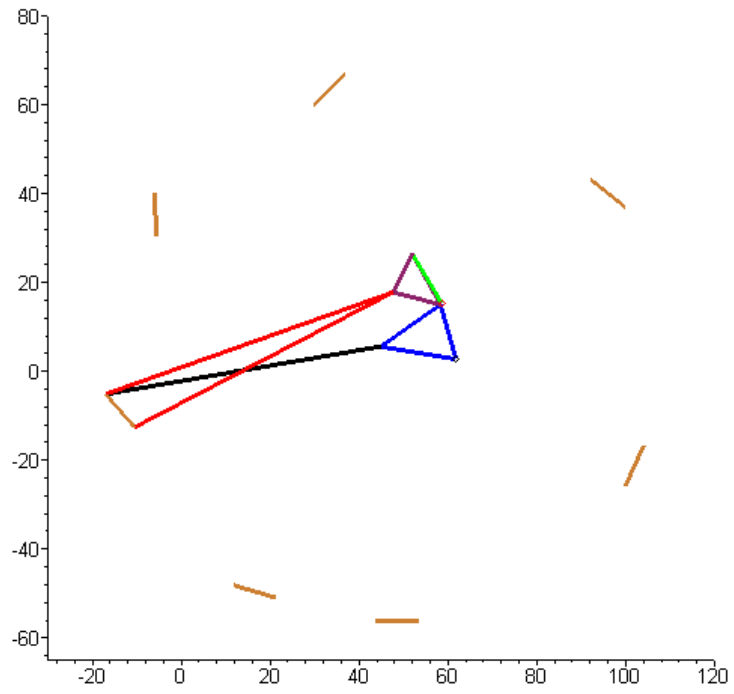
5	62.9 - 92.8 I	74 - 76.8 I	-2.78	
6	63 - 30.2 I	62.3 - 17 I	-1.46	
Çözümler				
Vektörler				
$w = 12.4 - 4.08 I$				
$z = -6.51 - 7.13 I$				
$s = -9.47 + 5.61 I$				
$r = -35.9 + 51.6 I$				
$k = -34.5 + 55.9 I$				
$p = 11.1 + 12.6 I$				
$m = -27.5 + 62.9 I$				
$n = 12.2 - 4.25 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	6.29	-11.2	7.63	0.573
2	0.280	8.71	-4.10	13.7
3	5.04	5.28	-8.54	1.54
4	2.93	11.4	-10.5	8.78
5	-6.59	8.06	2.13	-2.70
6	6.32	10.2	10.2	-1.24



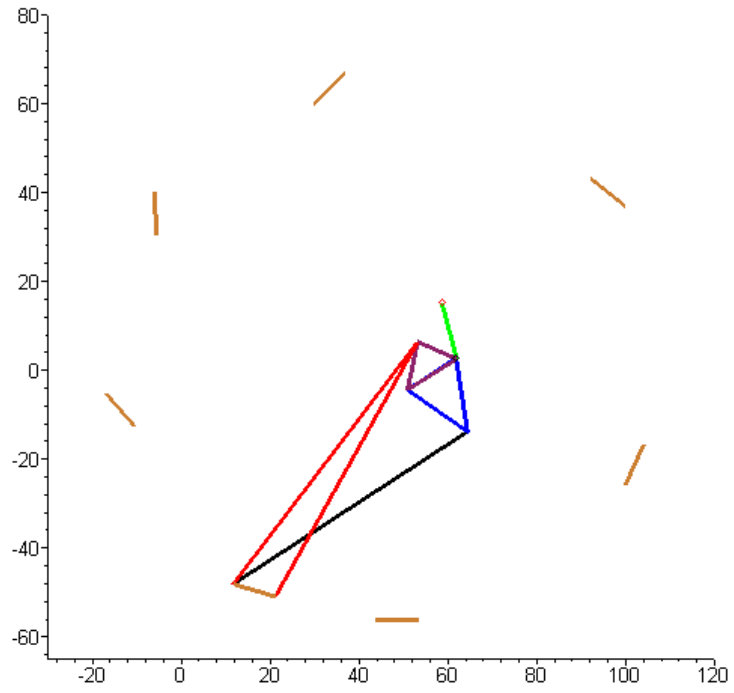
Şekil 4.33 Tablo 4.9'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



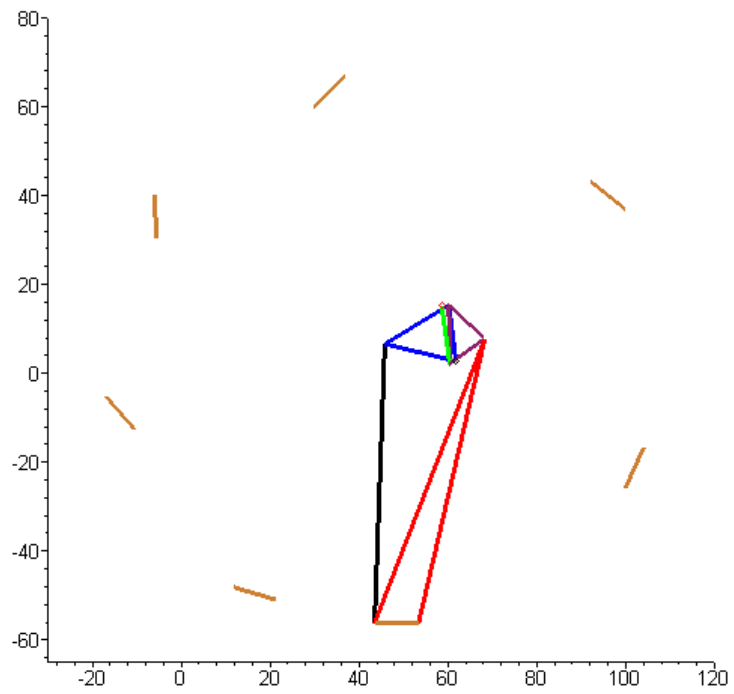
Şekil 4.34 Tablo 4.9'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



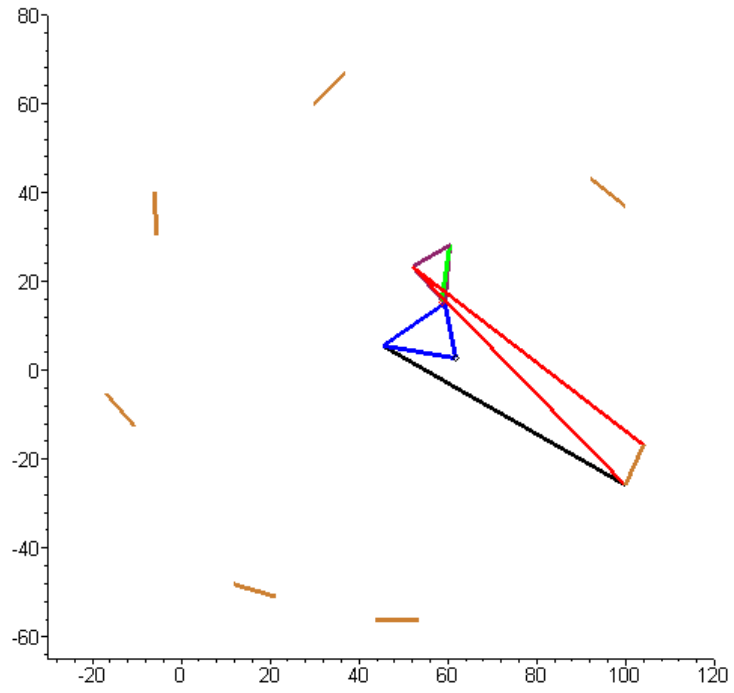
Şekil 4.35 Tablo 4.9'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



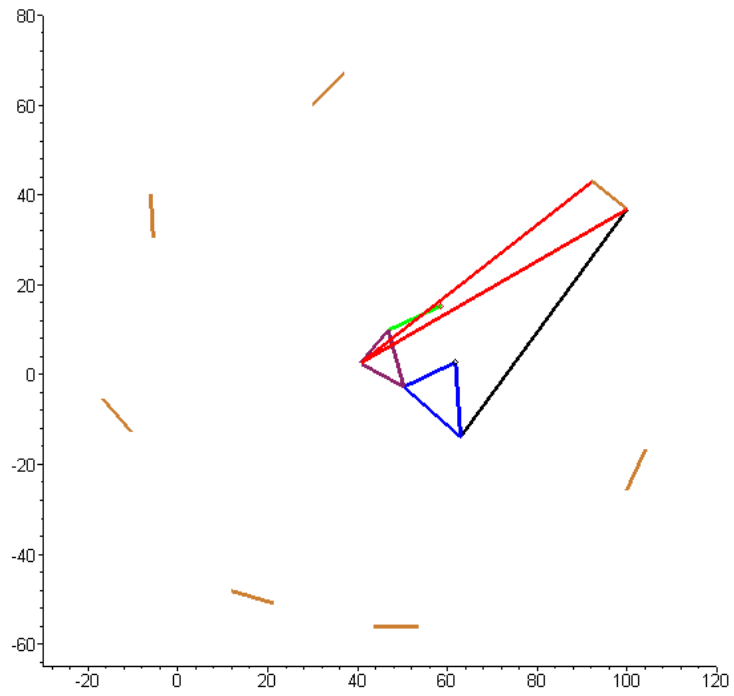
Şekil 4.36 Tablo 4.9'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu



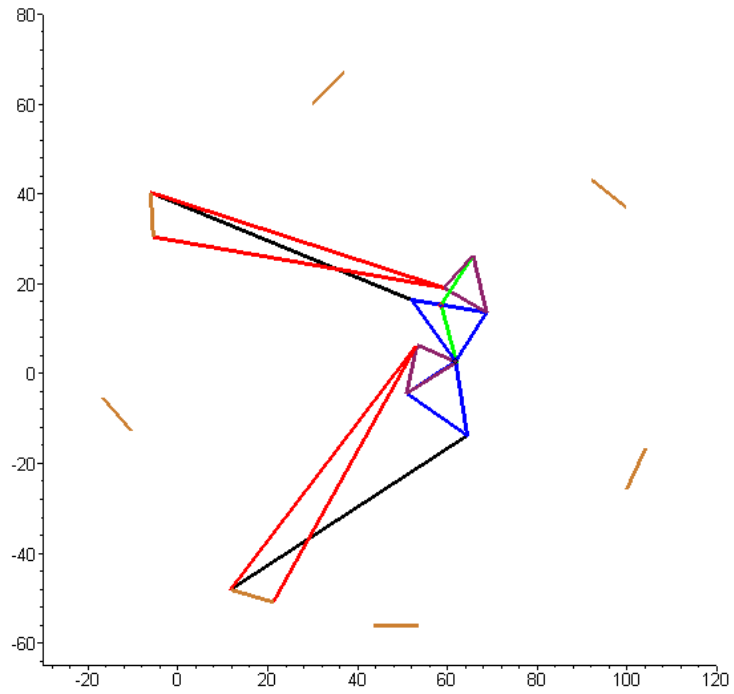
Şekil 4.37 Tablo 4.9'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 5. konumu



Şekil 4.38 Tablo 4.9'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 6. konumu



Şekil 4.39 Tablo 4.9'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 7. konumu



Şekil 4.40 Tablo 4.9'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. ve 4. konumları

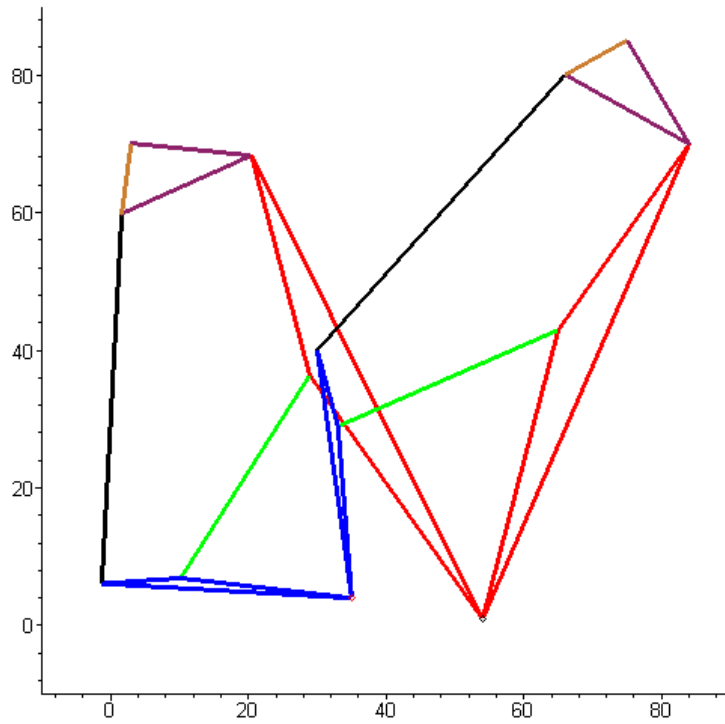
4.3.2. Stephenson-I kinematik zincirine uyan altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalar

4.3.2.1. İki konum sentezi

Tablo 4.10 Stephenson-I mekanizmasına ait iki konum sentezi verileri ve çözümü

Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	66	80	75	85
2	1.610	59.836	2.973	70.04101009
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}		Δ_{Aj}	
1	-72.027 - 14.95898991 I		-64.390 - 20.164 I	
Kabul edilen değerler				
$w = 32 + 14 I$				
$z = -5 + 36 I$				

$t = 19 + 27 I$				
$r = 36 + 40 I$				
$p = 30 + 69 I$				
Çözümler				
Vektörler				
$s = -1.994147605 + 24.94020103 I$				
$k = -9.005852395 + 15.05979897 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	-11.19137533	0.5916159728	-5.410497850	6.962180771

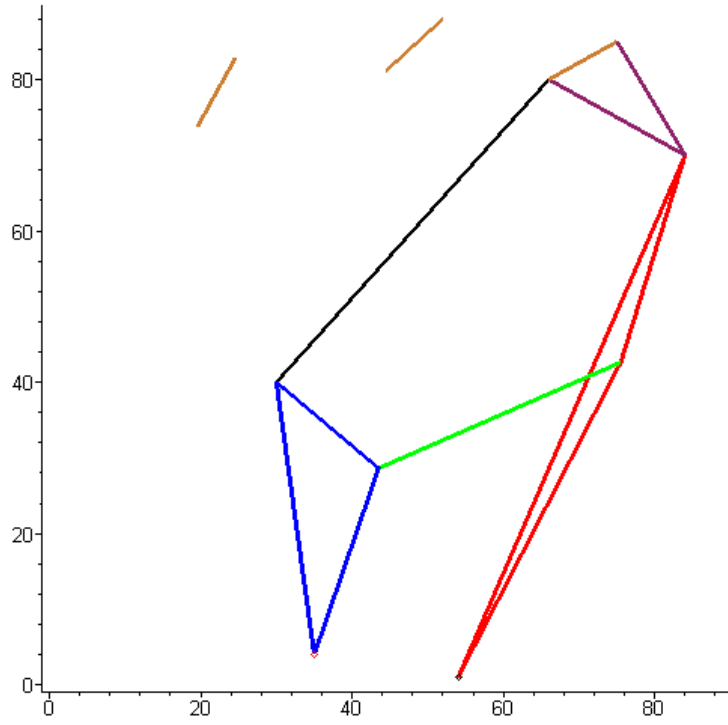


Şekil 4.41 Tablo 4.10'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 2. konumları

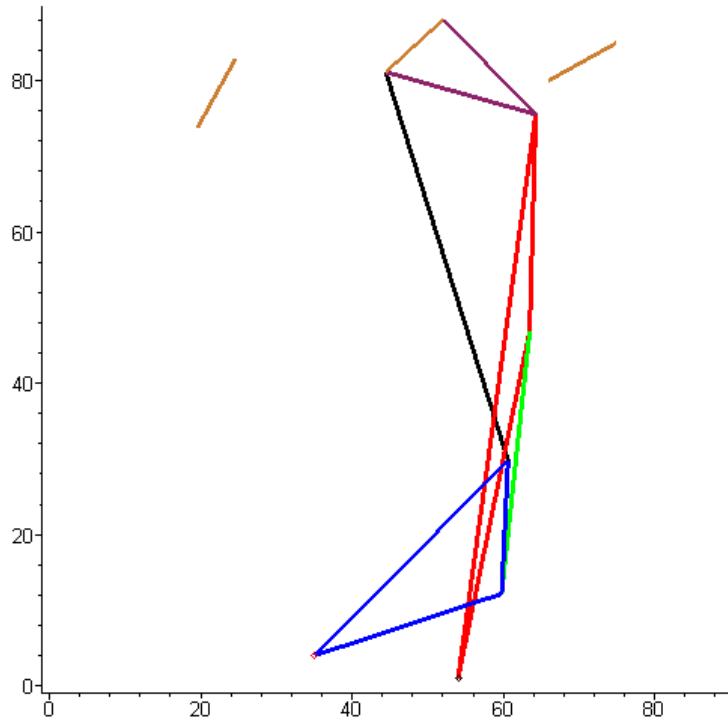
4.3.2.2. Üç konum sentezi

Tablo 4.11 Stephenson-I mekanizmasına ait üç konum sentezi verileri ve çözümü

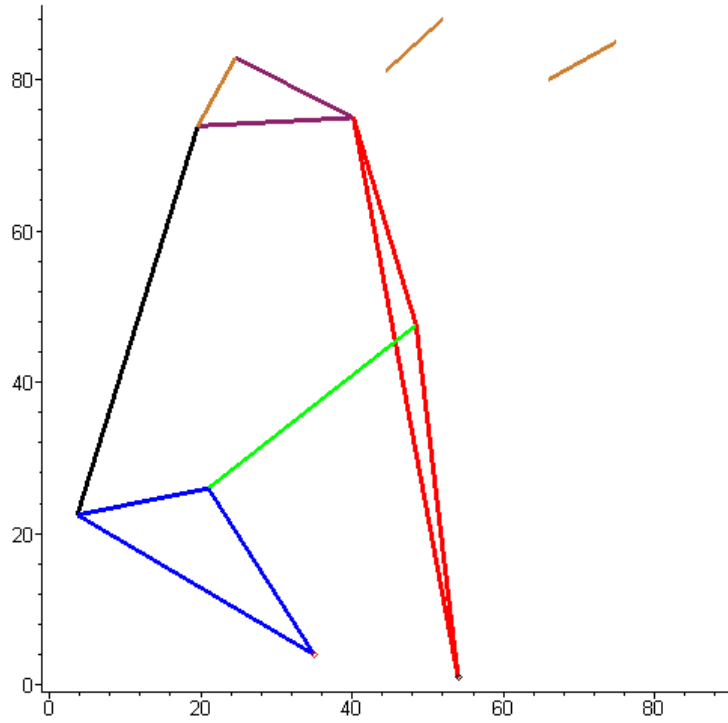
Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	66	80	75	85
2	44.447	81.124	52.055	88.06073814
3	19.616	73.866	24.584	82.88370348
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)	
1	-22.945 + 3.06073814 I	-21.553 + 1.124 I	0.2321808582	
2	-50.416 - 2.11629652 I	-46.384 - 6.134 I	0.5601513766	
Kabul edilen değerler				
$w = 32 + 14 I$				
$z = -5 + 36 I$				
$r = 36 + 40 I$				
$k = -9 + 15 I$				
Çözümler				
Vektörler				
$s = 8.505197315 + 24.63974821 I$				
$t = 8.494802685 + 27.36025179 I$				
$p = 30.00141620 + 69.03141557 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	-7.202966414	-5.231271878	0.2731552138	-5.245374369
2	0.8999977195	6.535902307	0.5946379072	0.4324162234



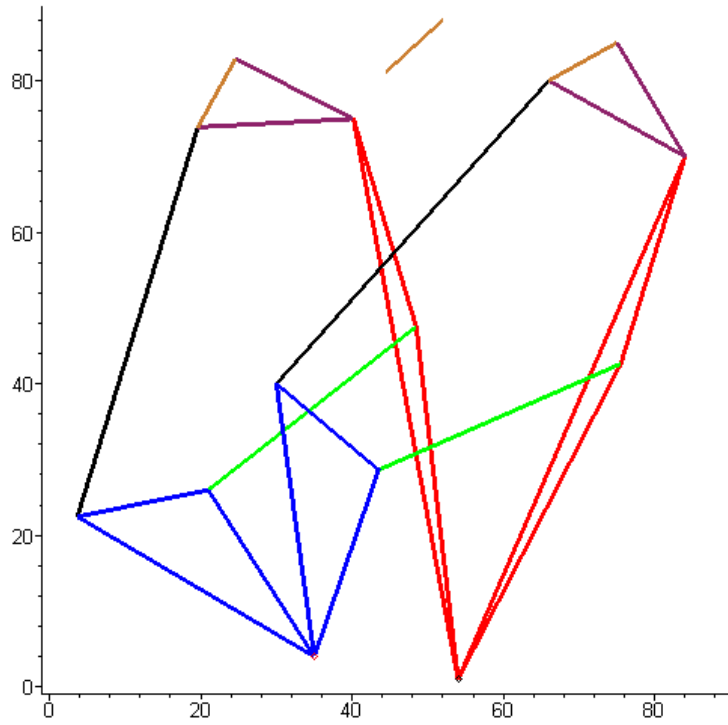
Şekil 4.42 Tablo 4.11'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



Şekil 4.43 Tablo 4.11'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



Şekil 4.44 Tablo 4.11’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu

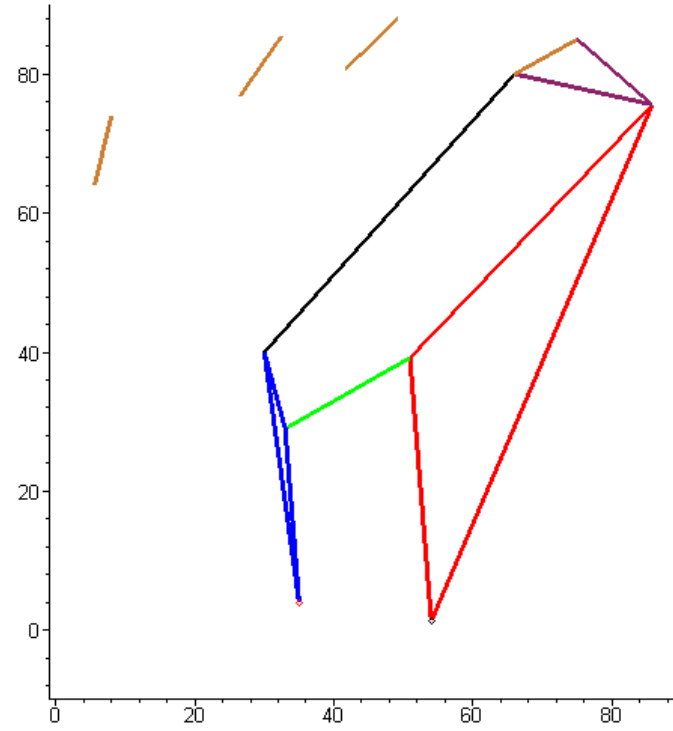


Şekil 4.45 Tablo 4.11’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 3. konumları

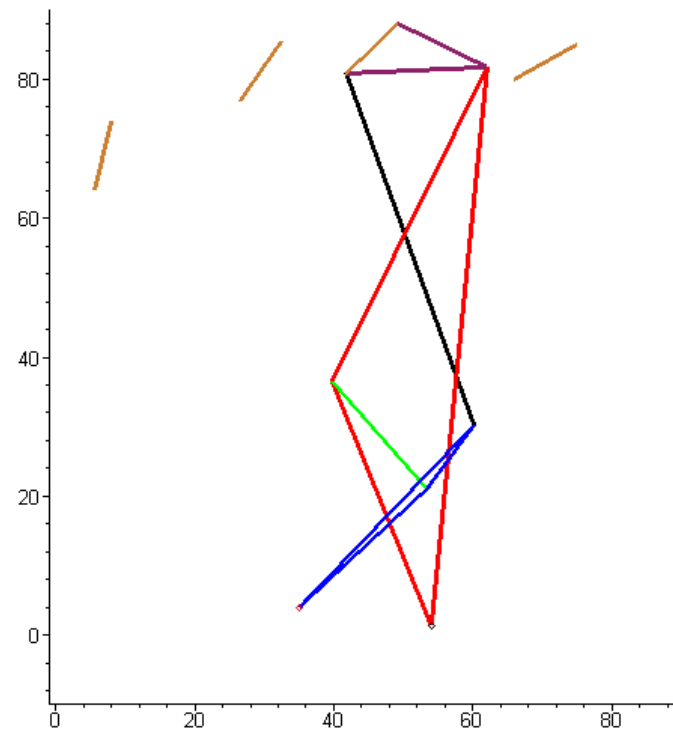
4.3.2.3. Dört konum sentezi

Tablo 4.12 Stephenson-I mekanizmasına ait dört konum sentezi verileri ve çözümü

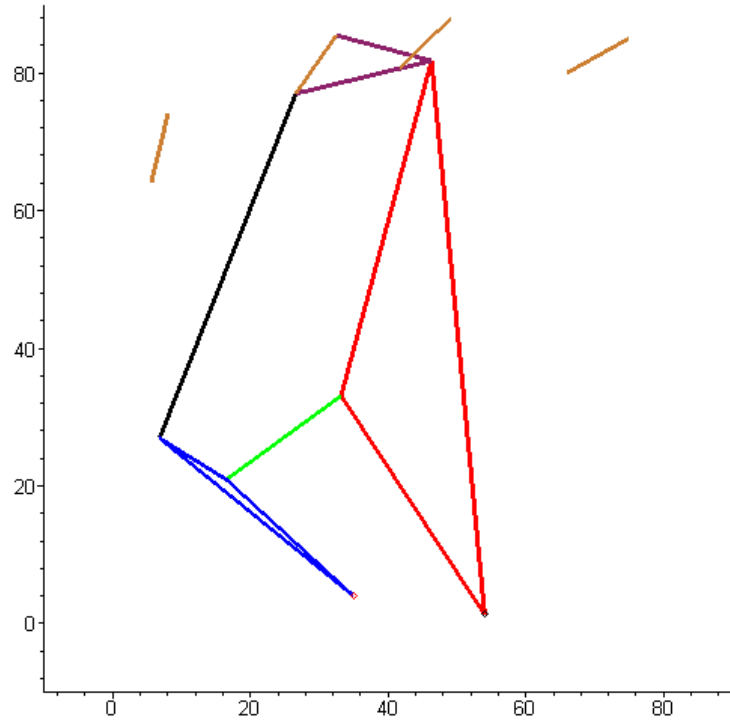
Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	66	80	75	85
2	41.800	80.814	49.191	87.982
3	26.596	76.975	32.473	85.428
4	5.606	64.040	8.030	74.046
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)	
1	$-25.809 + 2.982 I$	$-24.200 + 0.814 I$	0.26298	
2	$-42.527 + 0.428 I$	$-39.404 - 3.025 I$	0.45616	
3	$-66.970 - 10.954 I$	$-60.394 - 15.960 I$	0.82600	
Kabul edilen değerler				
$z = -5 + 36 I$				
$s = -2 + 25 I$				
$r = 36 + 40 I$				
Çözümler				
Vektörler				
$w = 17.941 + 10.185 I$				
$t = 34.842 + 36.412 I$				
$p = 31.769 + 74.277 I$				
$k = -10.783 + 9.4035 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	-0.90263	-17.072	0.30455	7.3642
2	0.74999	0.11345	13.066	0.35617
3	1.2502	12.884	0.80823	-5.6686



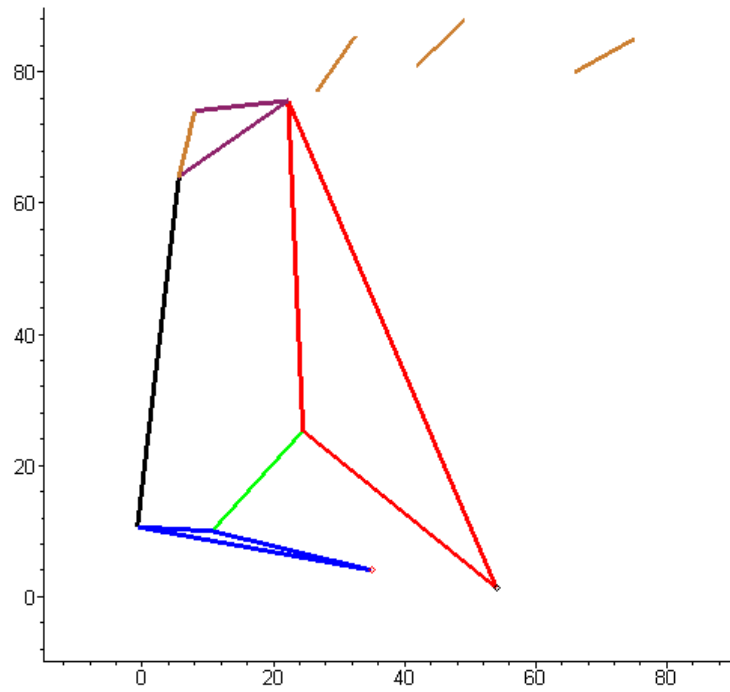
Şekil 4.46 Tablo 4.12’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



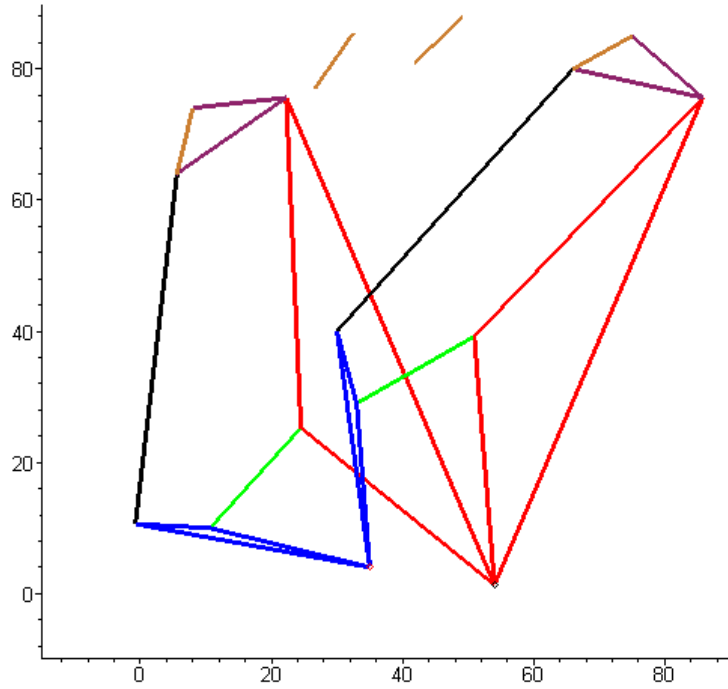
Şekil 4.47 Tablo 4.12’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



Şekil 4.48 Tablo 4.12’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



Şekil 4.49 Tablo 4.12’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu



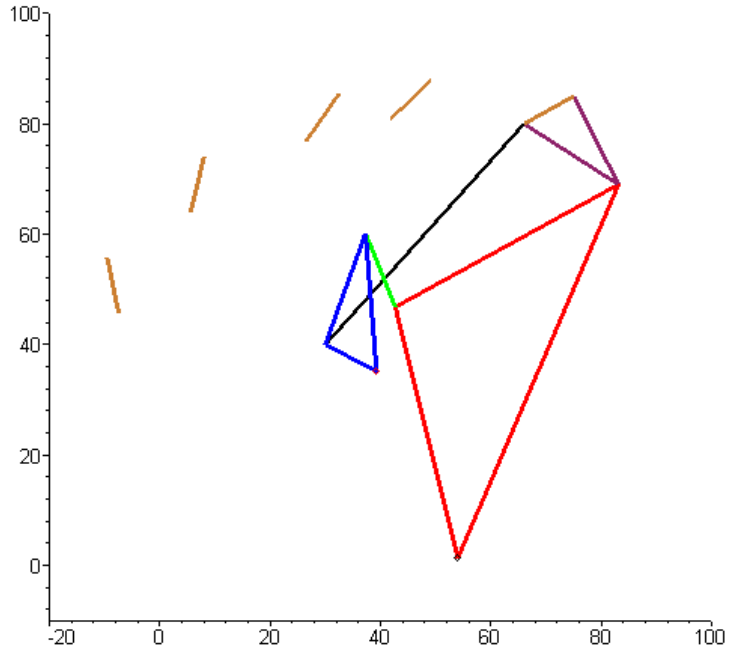
Şekil 4.50 Tablo 4.12’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 4. konumları

4.3.2.4. Beş konum sentezi

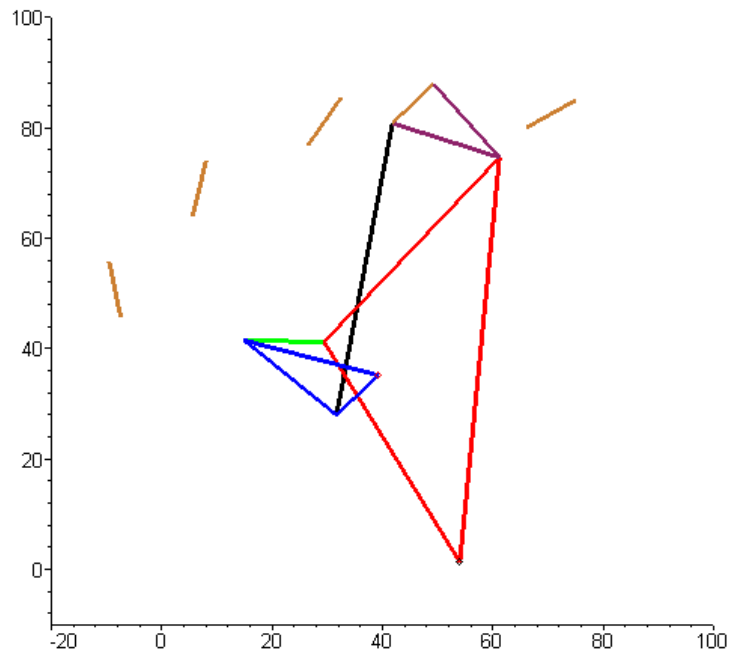
Tablo 4.13 Stephenson-I mekanizmasına ait beş konum sentezi verileri ve çözümü

Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	66	80	75	85
2	41.800	80.814	49.191	87.982
3	26.596	76.975	32.473	85.428
4	5.606	64.046	8.034	74.051
5	-7.484	45.887	-9.576	55.968
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)	
1	$-25.809 + 2.982 I$	$-24.200 + 0.814 I$	0.26298	
2	$-42.527 + 0.428 I$	$-39.404 - 3.025 I$	0.45616	
3	$-66.966 - 10.949 I$	$-60.394 - 15.954 I$	0.82560	
4	$-84.576 - 29.032 I$	$-73.484 - 34.113 I$	1.2683	

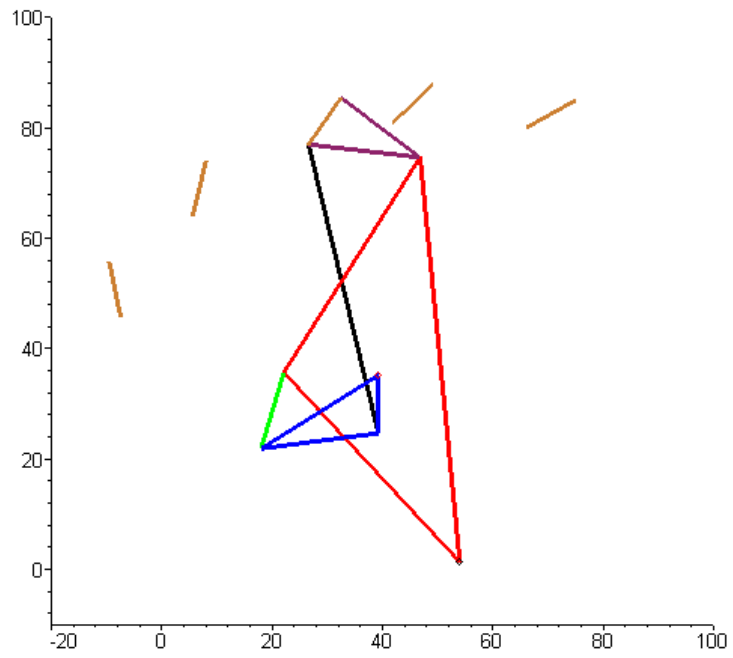
Kabul edilen değerler				
$s = -2 + 25 I$				
$r = 36 + 40 I$				
Çözümle				
Vektörlle				
$w = 5.4014 - 13.348 I$				
$z = -9.2868 + 4.8531 I$				
$t = 40.435 + 22.197 I$				
$p = 29.112 + 67.685 I$				
$k = -8.1234 + 16.005 I$				
Vektörlle döne açları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	-5.0463	7.4528	-5.9747	-5.7400
2	8.3317	8.7499	6.7872	0.97011
3	14.981	-8.9578	-5.4768	7.7843
4	2.3280	-1.6961	1.0785	-4.3769



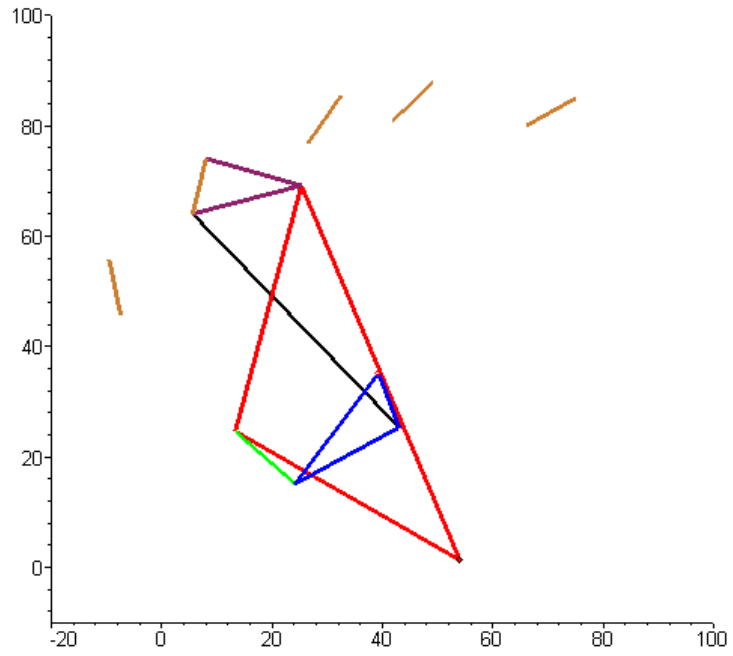
Şekil 4.51 Tablo 4.13’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



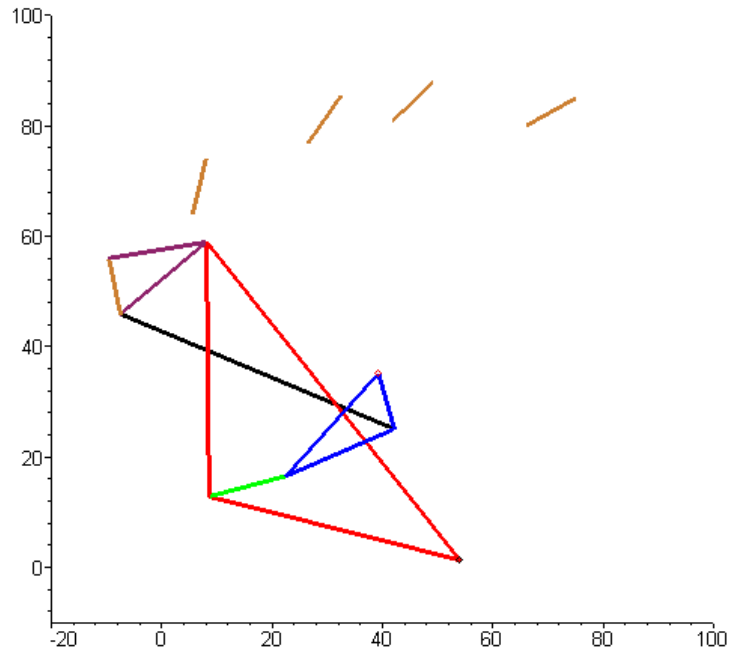
Şekil 4.52 Tablo 4.13'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



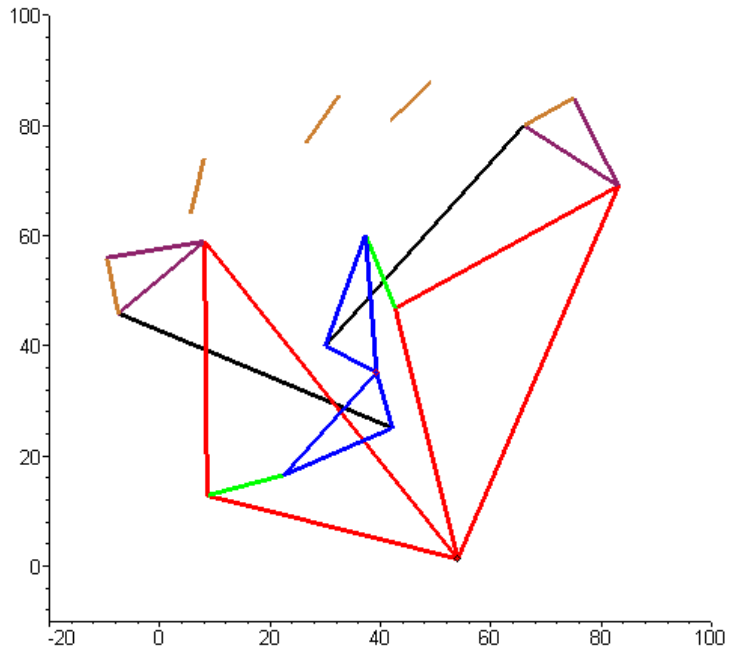
Şekil 4.53 Tablo 4.13'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



Şekil 4.54 Tablo 4.13’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu



Şekil 4.55 Tablo 4.13’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 5. konumu



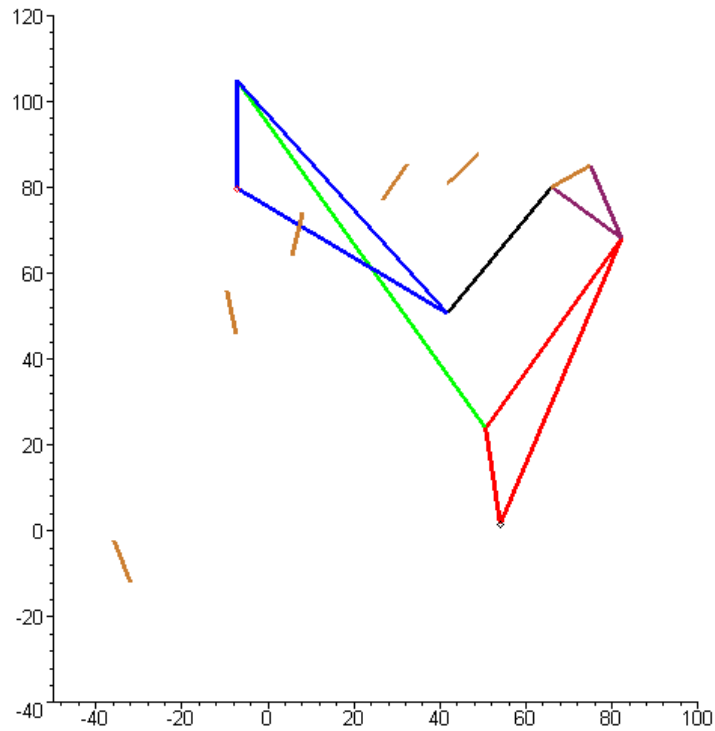
Şekil 4.56 Tablo 4.13'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 5. konumları

4.3.2.5. Altı konum sentezi

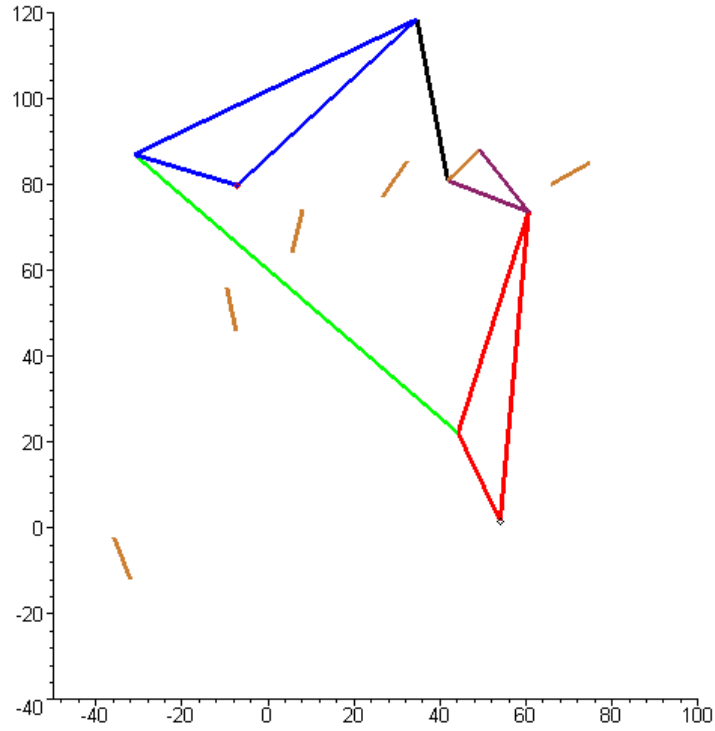
Tablo 4.14 Stephenson-I mekanizmasına ait altı konum sentezi verileri ve çözümü

Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	66	80	75	85
2	41.80	80.81	49.19	87.98
3	26.59	76.98	32.47	85.43
4	5.61	64.05	8.03	74.05
5	-7.48	45.89	-9.58	55.97
6	-32.09	-11.69	-35.90	-2.125
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)	
1	$-25.81 + 2.98 I$	$-24.20 + 0.81 I$	0.2632	
2	$-42.53 + 0.43 I$	$-39.41 - 3.02 I$	0.4558	
3	$-66.97 - 10.95 I$	$-60.39 - 15.95 I$	0.8259	
4	$-84.58 - 29.03 I$	$-73.48 - 34.11 I$	1.269	

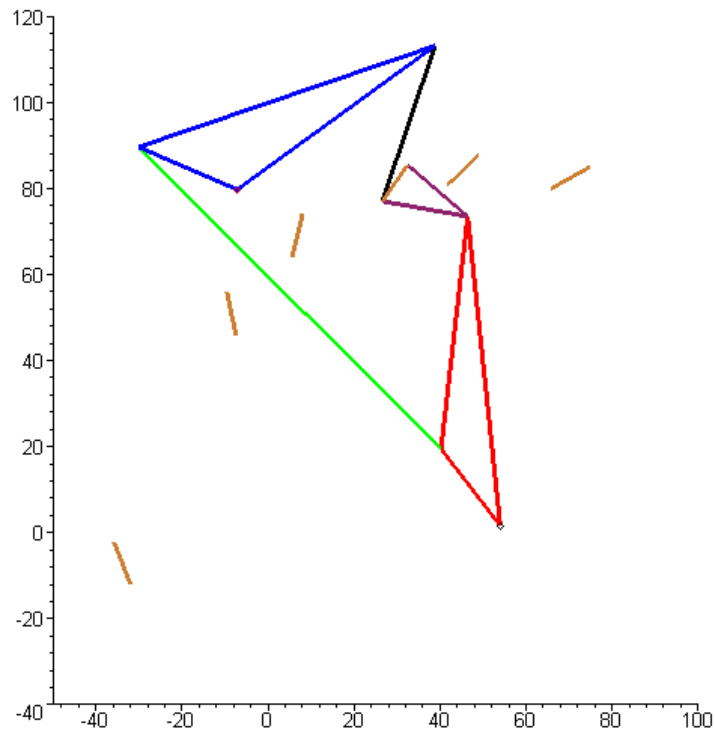
5	-110.9 - 87.12 I	-98.09 - 91.69 I	1.443	
Kabul edilen değerler				
$s = 25 I$				
Çözümle				
Vektörle				
$w = 57.80 - 80.82 I$				
$z = 48.86 - 29.08 I$				
$t = 31.62 + 44.21 I$				
$r = 24.31 + 29.38 I$				
$p = 28.25 + 66.48 I$				
$k = -7.262 + 16.91 I$				
Vektörle				
Vektörle				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	1.282	-18.61	0.3105	-8.544
2	1.165	0.1663	-5.776	-9.061
3	6.245	-12.75	0.8093	14.42
4	-0.3356	-6.579	-11.49	-10.56
5	-7.522	5.846	-4.329	-9.091



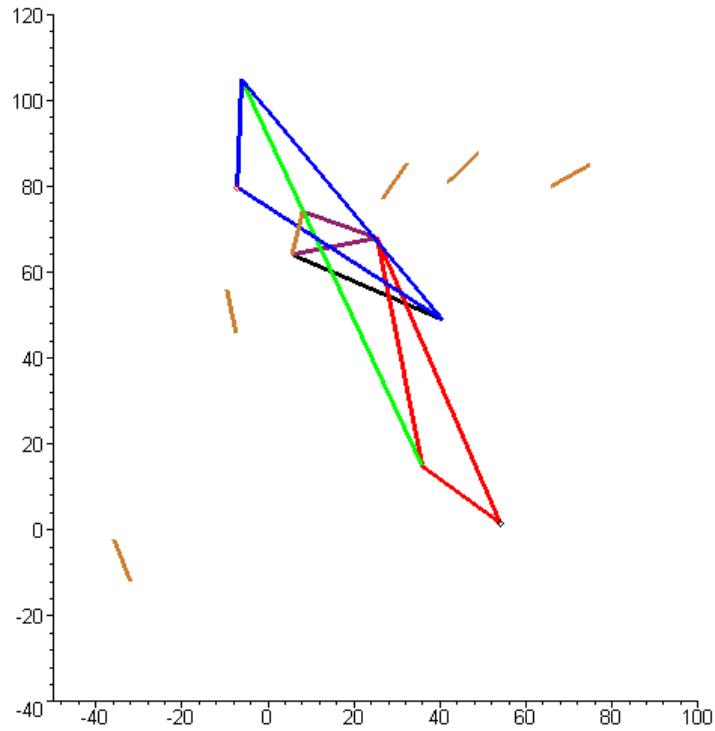
Şekil 4.57 Tablo 4.14'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



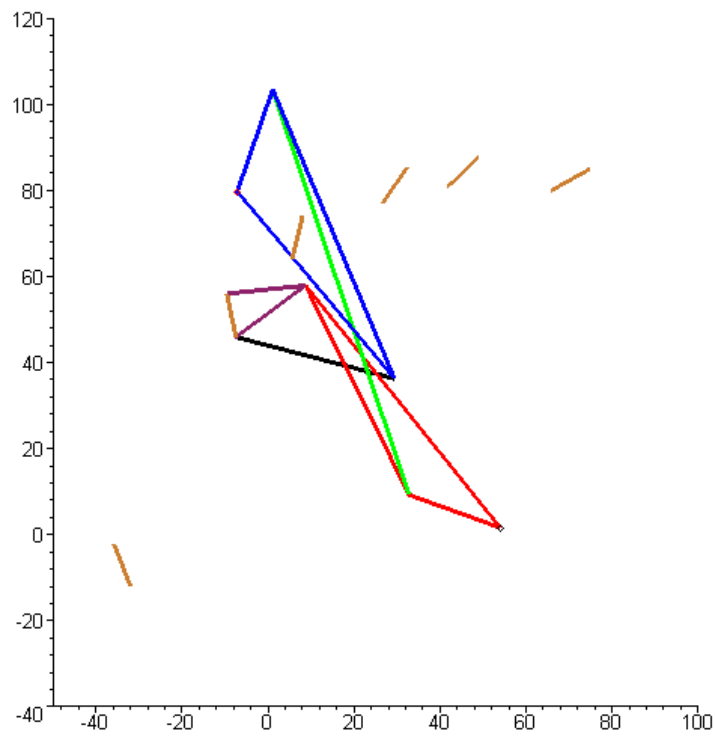
Şekil 4.58 Tablo 4.14'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



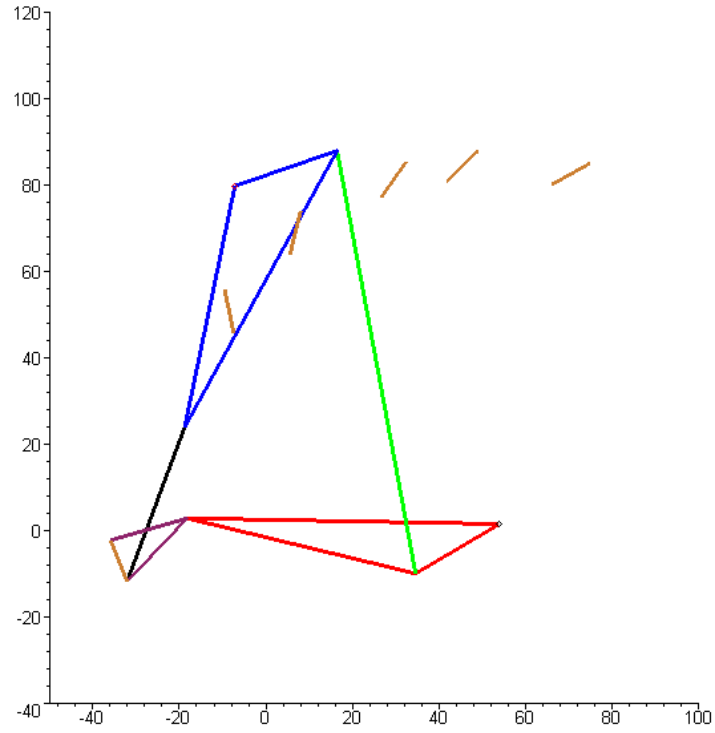
Şekil 4.59 Tablo 4.14'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



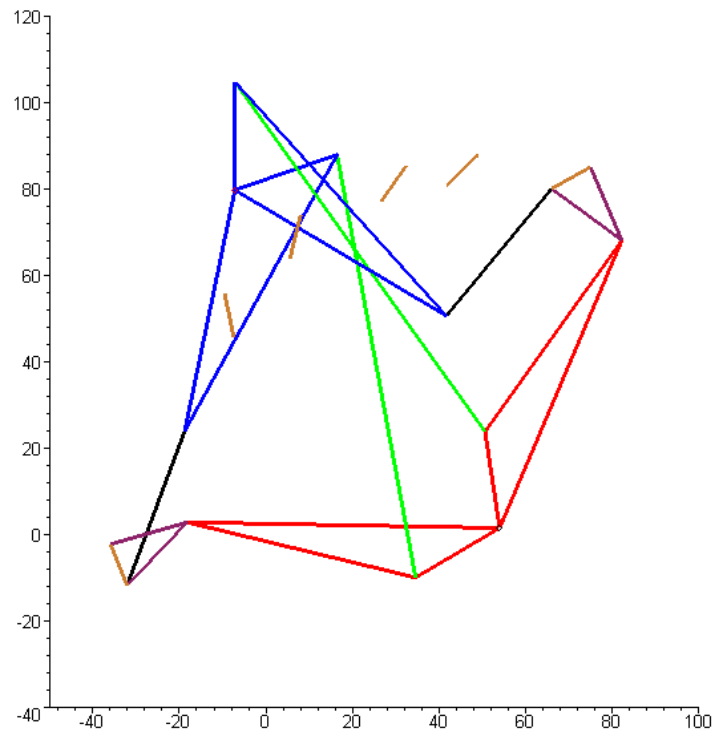
Şekil 4.60 Tablo 4.14'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu



Şekil 4.61 Tablo 4.14'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 5. konumu



Şekil 4.62 Tablo 4.14'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 6. konumu

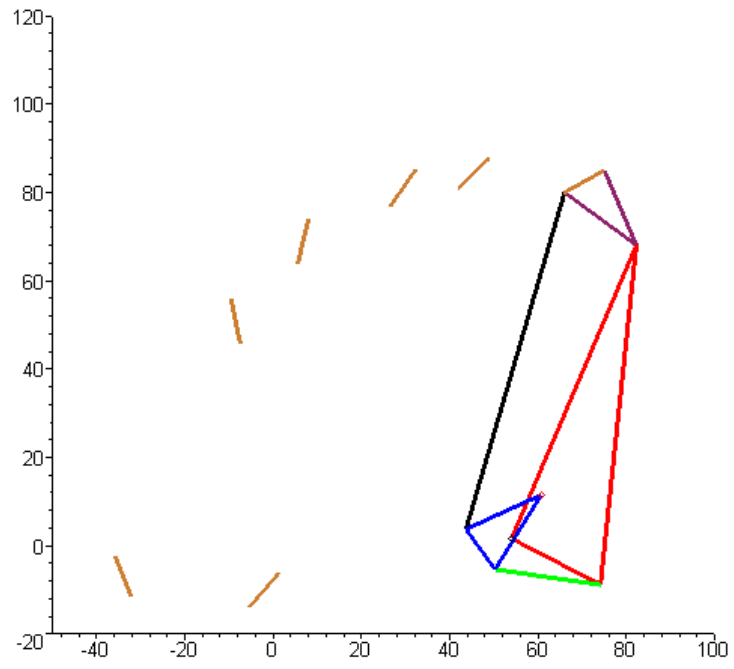


Şekil 4.63 Tablo 4.14'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 6. konumları

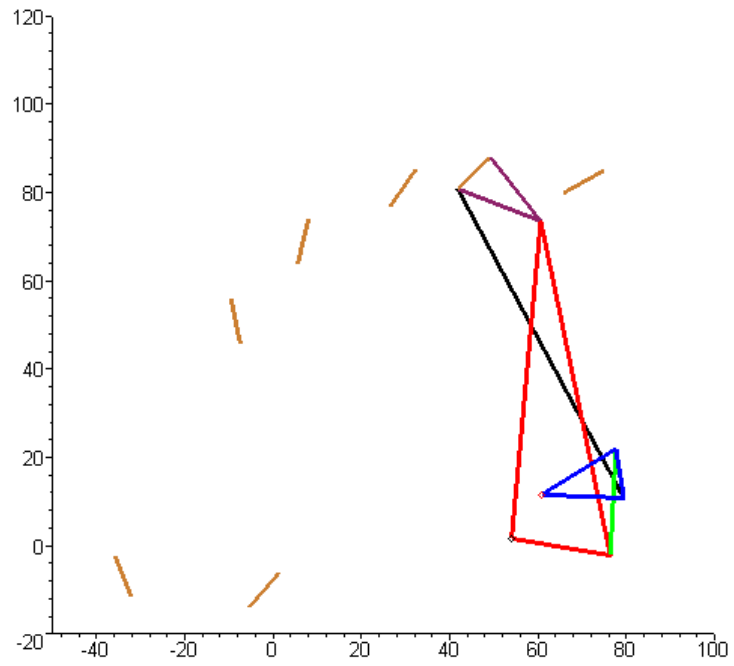
4.3.2.6. Yedi konum sentezi

Tablo 4.15 Stephenson-I mekanizmasına ait yedi konum sentezi verileri ve çözümü

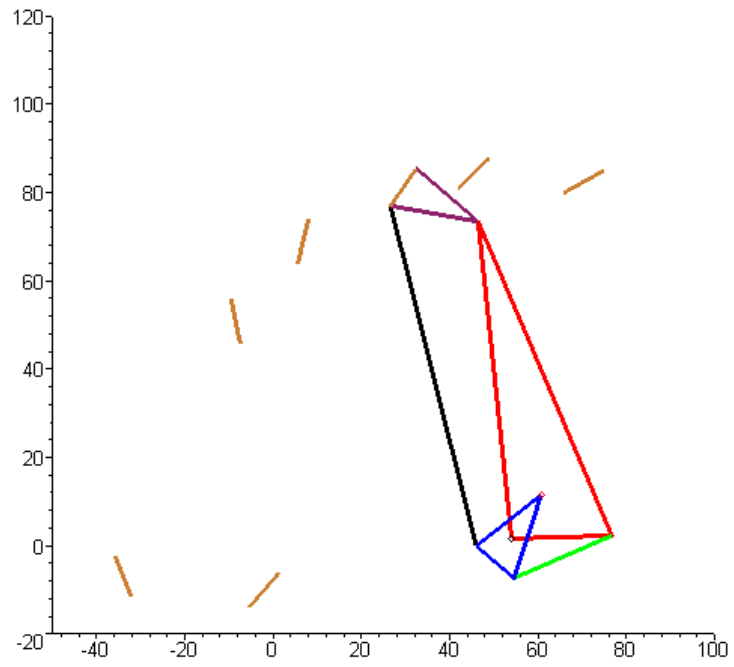
Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	66	80	75	85
2	41.80	80.81	49.19	87.98
3	26.59	76.98	32.47	85.43
4	5.61	64.05	8.03	74.05
5	-7.48	45.89	-9.58	55.97
6	-32.09	-11.69	-35.90	-2.125
7	1.19	-6.32	-5.55	-14.10
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)	
1	-25.81 + 2.98 I	-24.20 + 0.81 I	0.2632	
2	-42.53 + 0.43 I	-39.41 - 3.02 I	0.4558	
3	-66.97 - 10.95 I	-60.39 - 15.95 I	0.8259	
4	-84.58 - 29.03 I	-73.48 - 34.11 I	1.269	
5	-110.9 - 87.12 I	-98.09 - 91.69 I	1.443	
6	-80.55 - 99.10 I	-64.81 - 86.32 I	-2.792	
Çözümler				
Vektörler				
$w = 23.89 - 3.451 I$				
$z = -17.05 - 7.792 I$				
$s = -10.48 - 16.91 I$				
$t = 8.124 + 76.91 I$				
$r = 22.32 + 76.27 I$				
$p = 28.24 + 66.47 I$				
$k = -7.259 + 16.92 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	2.676	-20.33	0.3105	7.061
2	12.81	-5.729	0.5069	0.5315
3	-2.820	-0.9938,	-11.76	-11.23
4	-11.85	-11.22	-5.204	1.151
5	11.91	7.374	-4.329	-4.074
6	-10.01	9.385	8.288	-4.238



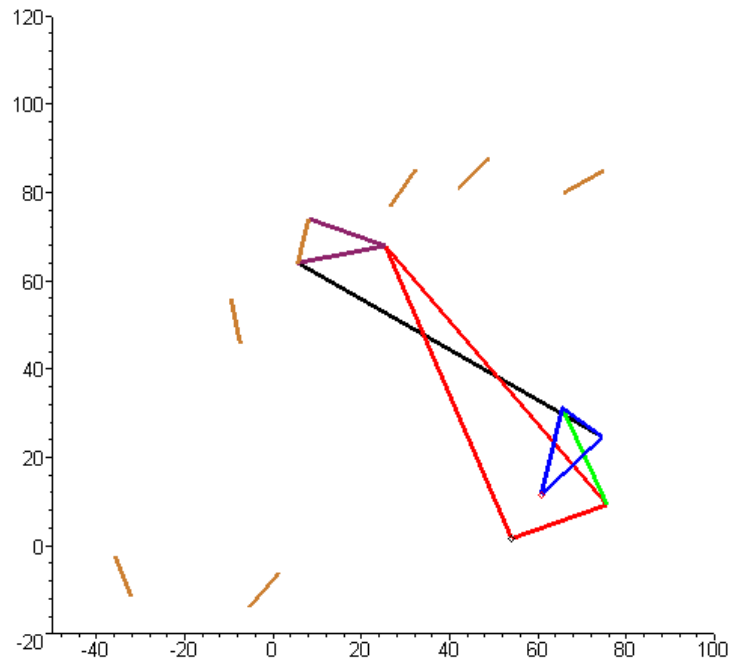
Şekil 4.64 Tablo 4.15’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



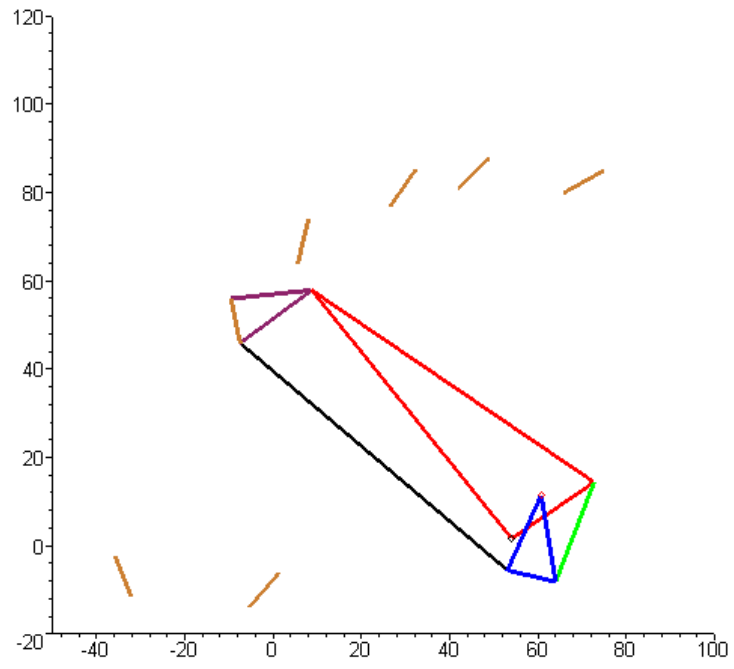
Şekil 4.65 Tablo 4.15’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



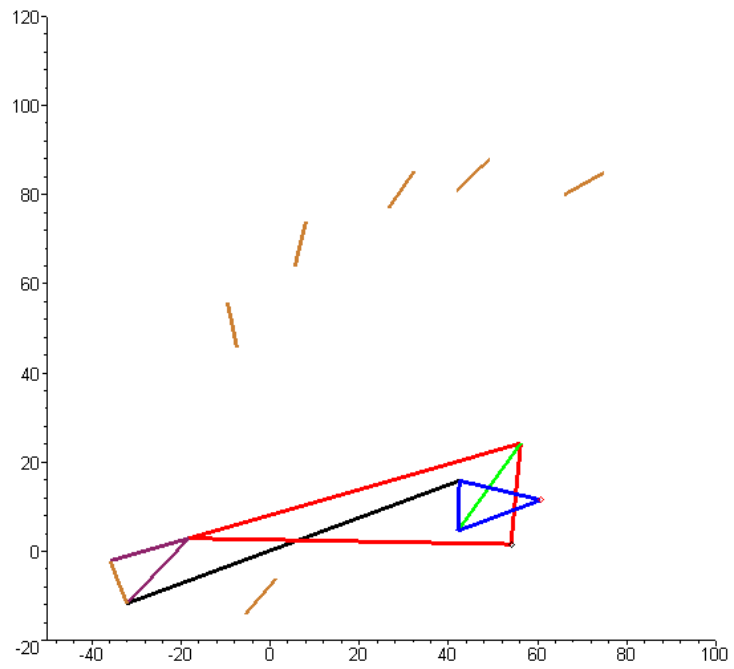
Şekil 4.66 Tablo 4.15’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



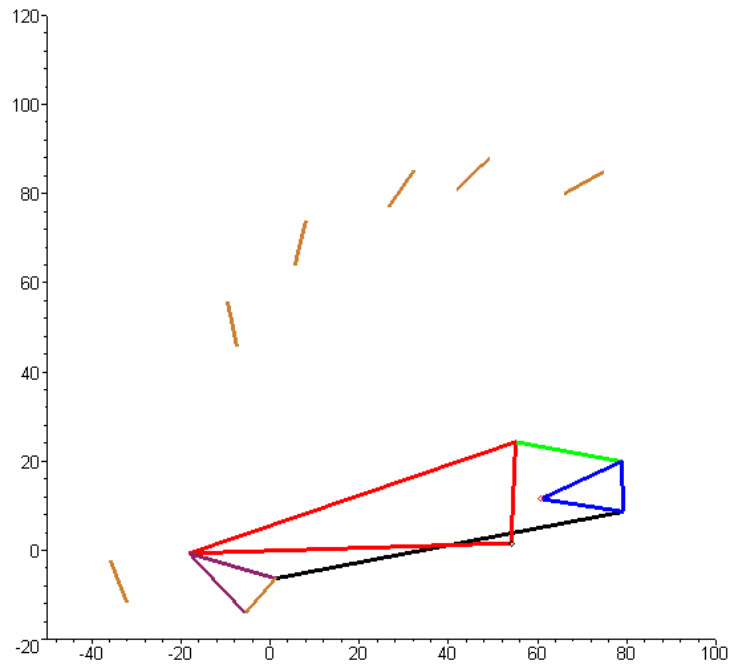
Şekil 4.67 Tablo 4.15’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu



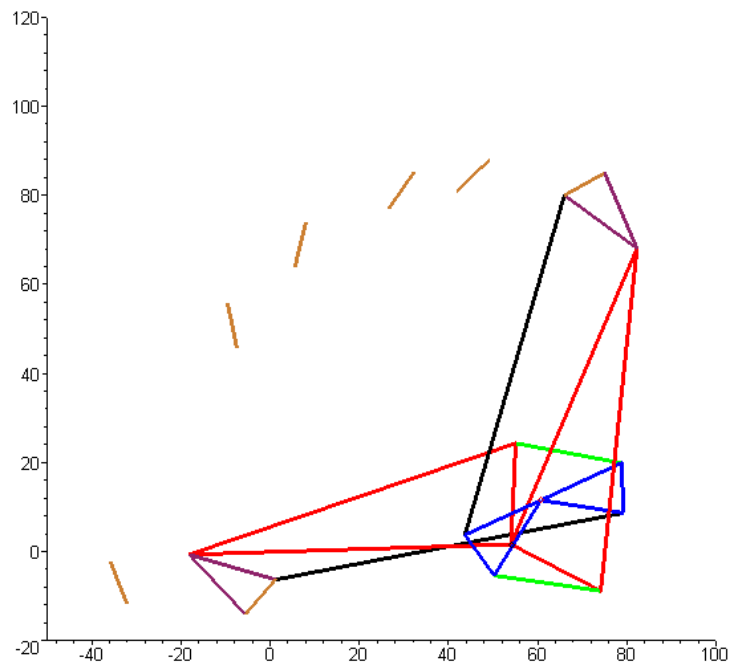
Şekil 4.68 Tablo 4.15’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 5. konumu



Şekil 4.69 Tablo 4.15’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 6. konumu



Şekil 4.70 Tablo 4.15’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 7. konumu



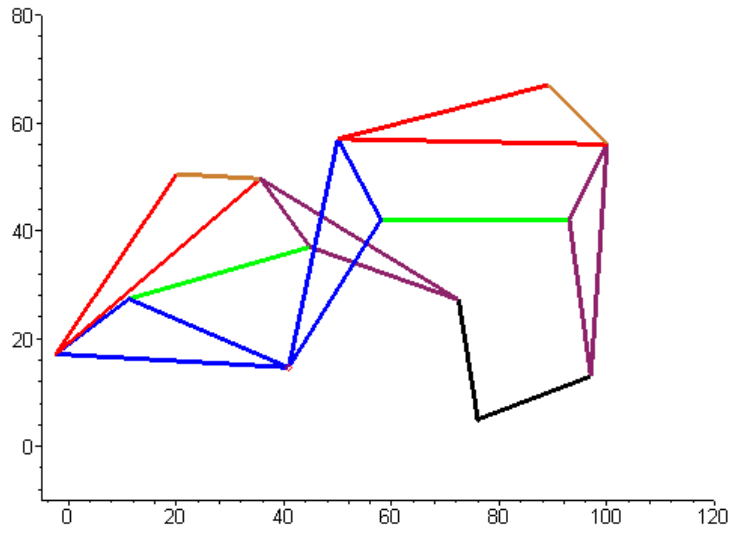
Şekil 4.71 Tablo 4.15’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 7. konumları

4.3.3. Stephenson-III kinematik zincirine uyan altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalar

4.3.3.1. İki konum sentezi

Tablo 4.16 Stephenson-III mekanizmasına ait iki konum sentezi verileri ve çözümü

Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	89	67	100	56
2	20.083	50.517	35.613	49.61195856
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}		Δ_{Aj}	θ_j (radyan)
1	-64.387 - 6.38804144 I		-68.917 - 16.483 I	0.7271870268
Kabul edilen değerler				
$w = 35$				
$t = 7 + 14 I$				
$r = 21 + 8 I$				
$p = 3 + 43 I$				
$k = 39 + 10 I$				
Çözümler				
Vektörler				
$z = 9.143690665 + 42.35551528 I$				
$s = 17.14369067 + 27.35551528 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	-23.40650005	0.2782823887	-5.189903178	7.649798221



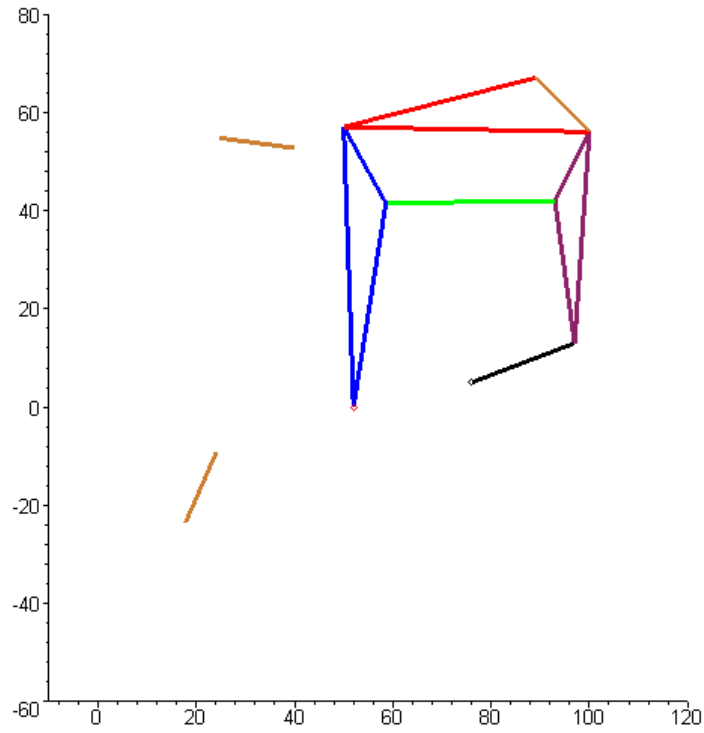
Şekil 4.72 Tablo 4.16'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 2. konumları

4.3.3.2. Üç konum sentezi

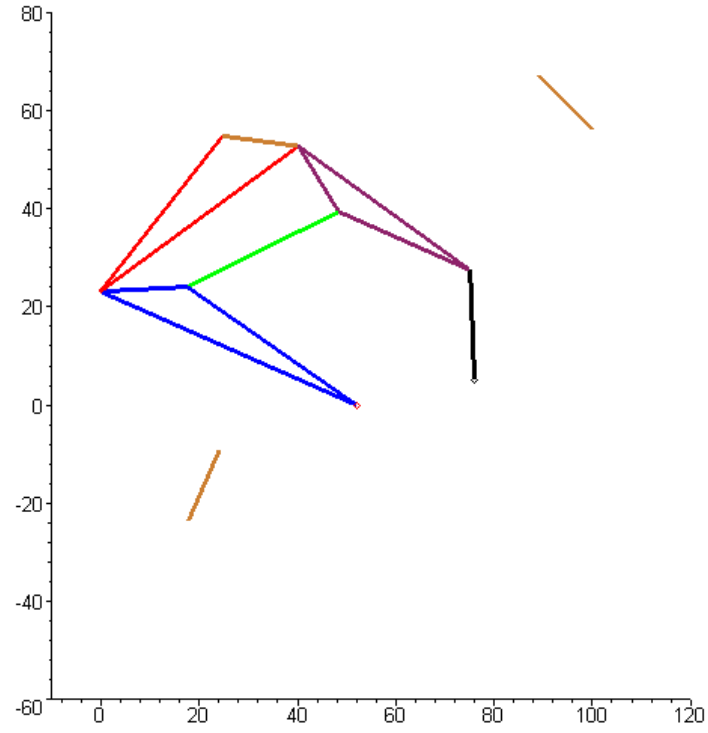
Tablo 4.17 Stephenson-III mekanizmasına ait üç konum sentezi verileri ve çözümü

Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y	
1	89	67	100	56	
2	24.760	54.750	40.180	52.69486010	
3	17.873	-23.383	24.100	-9.12731794	
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler					
j	Δ_{Bj}		Δ_{Aj}		θ_j (radyan)
1	-59.82 - 3.30513990 I		-64.24 - 12.25 I		0.6529014355
2	-75.900 - 65.12731794 I		-71.127 - 90.383 I		1.944364786
Kabul edilen değerler					
$t = 7 + 14 I$					
$r = 21 + 8 I$					
$p = 3 + 43 I$					
$k = 39 + 10 I$					

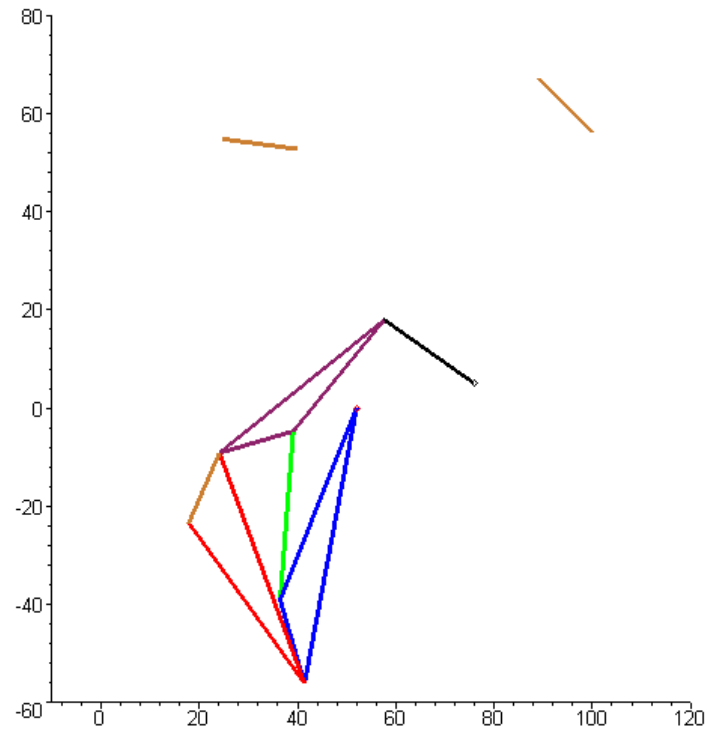
Çözümler				
Vektörler				
$w = 34.42217098 + 0.4928115388 I$				
$z = -1.997174645 + 56.99947601 I$				
$s = 6.580654376 + 41.50666447 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	-5.164680092	6.729475612	-5.268291478	1.245892264
2	-3.363220836	7.762139506	2.319738780	-10.40305433



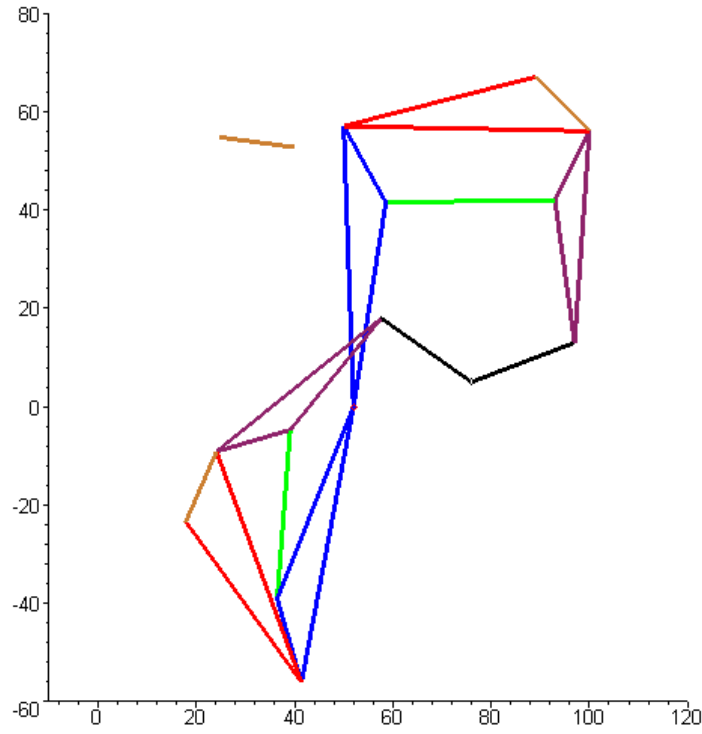
Şekil 4.73 Tablo 4.17’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



Şekil 4.74 Tablo 4.17’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



Şekil 4.75 Tablo 4.17’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu

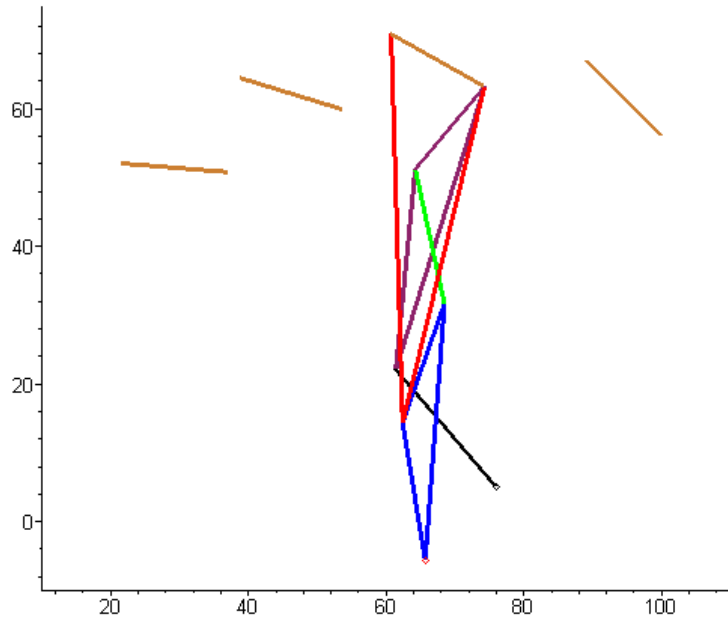


Şekil 4.76 Tablo 4.17’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 3. konumları

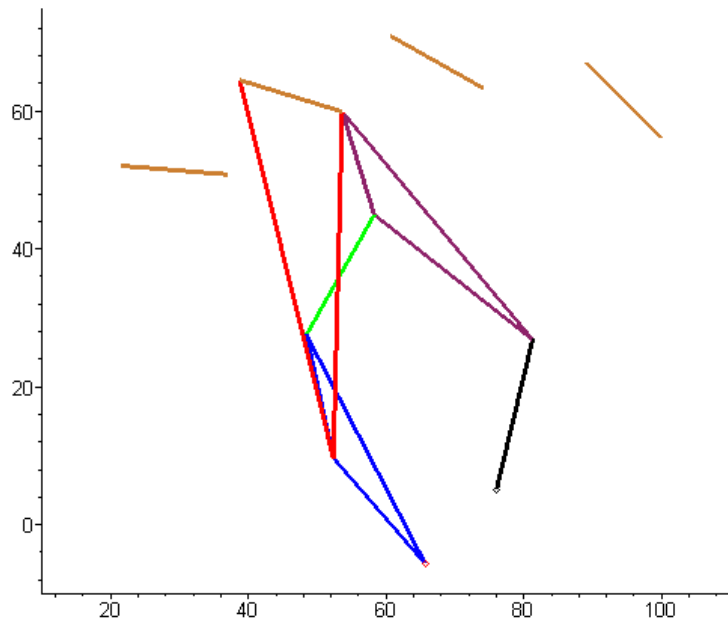
4.3.3.3. Dört konum sentezi

Tablo 4.18 Stephenson-III mekanizmasına ait dört konum sentezi verileri ve çözümü

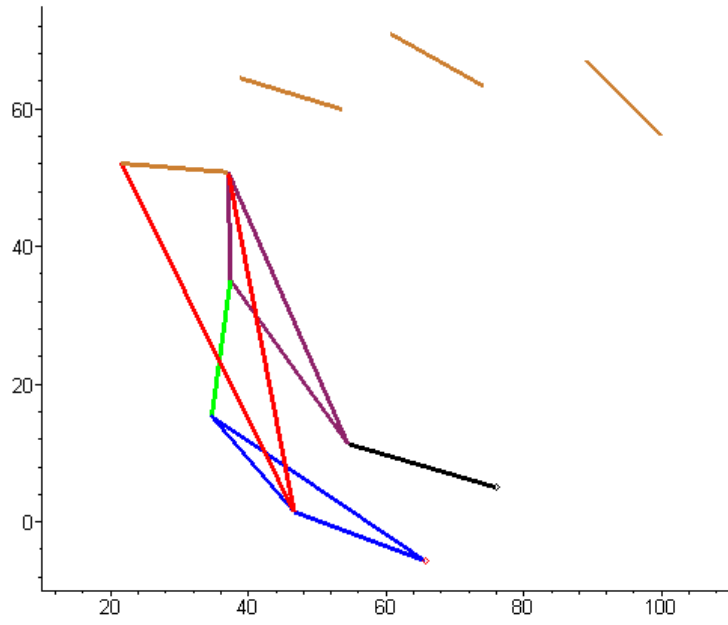
Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	89	67	100	56
2	60.730	70.845	74.289	63.219
3	38.747	64.488	53.614	59.909
4	21.551	52.059	37.056	50.794
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)	
1	$-25.711 + 7.219 I$	$-28.270 + 3.845 I$	0.27306	
2	$-46.386 + 3.909 I$	$-50.253 - 2.512 I$	0.48662	
3	$-62.944 - 5.206 I$	$-67.449 - 14.941 I$	0.70399	



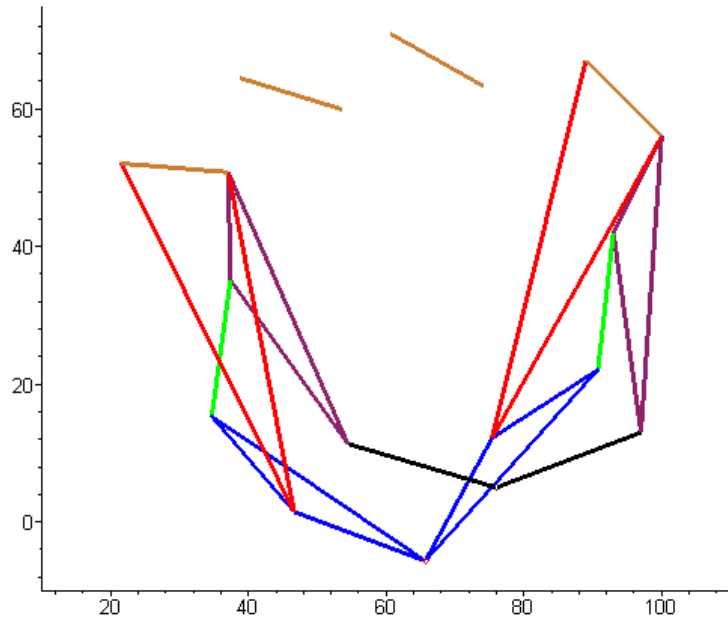
Şekil 4.78 Tablo 4.18'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



Şekil 4.79 Tablo 4.18'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



Şekil 4.80 Tablo 4.18’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu

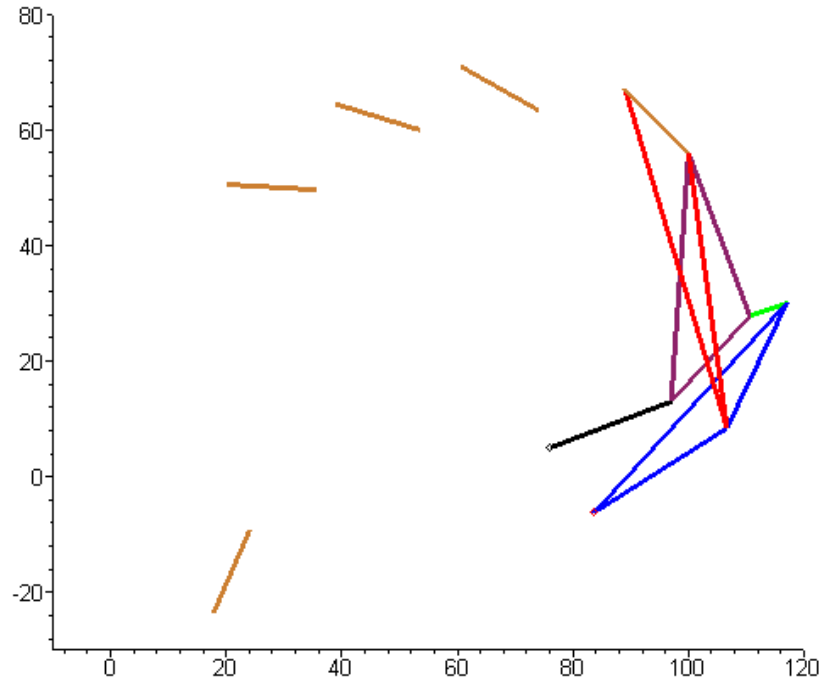


Şekil 4.81 Tablo 4.18’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 2. konumları

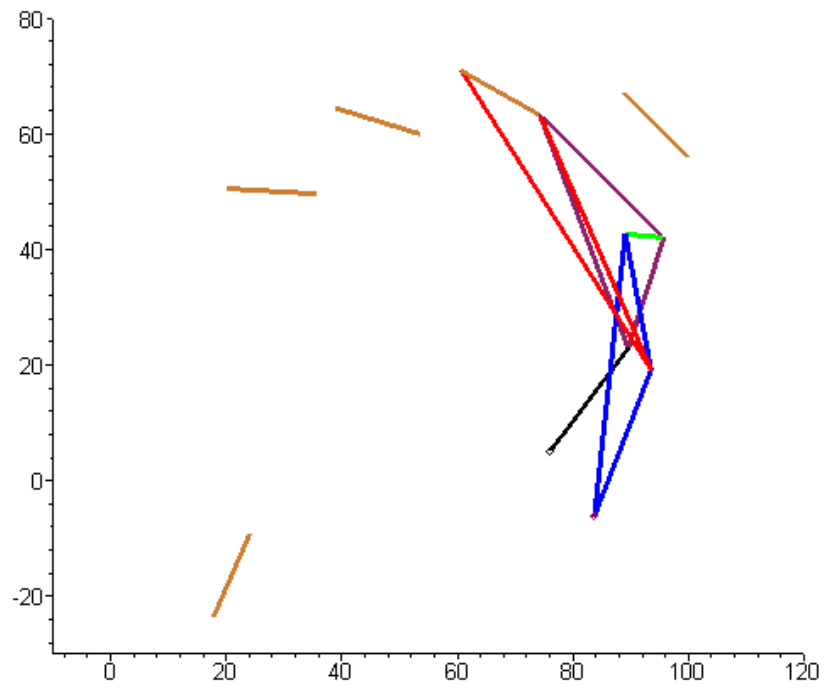
4.3.3.4. Beş konum sentezi

Tablo 4.19 Stephenson-III mekanizmasına ait beş konum sentezi verileri ve çözümü

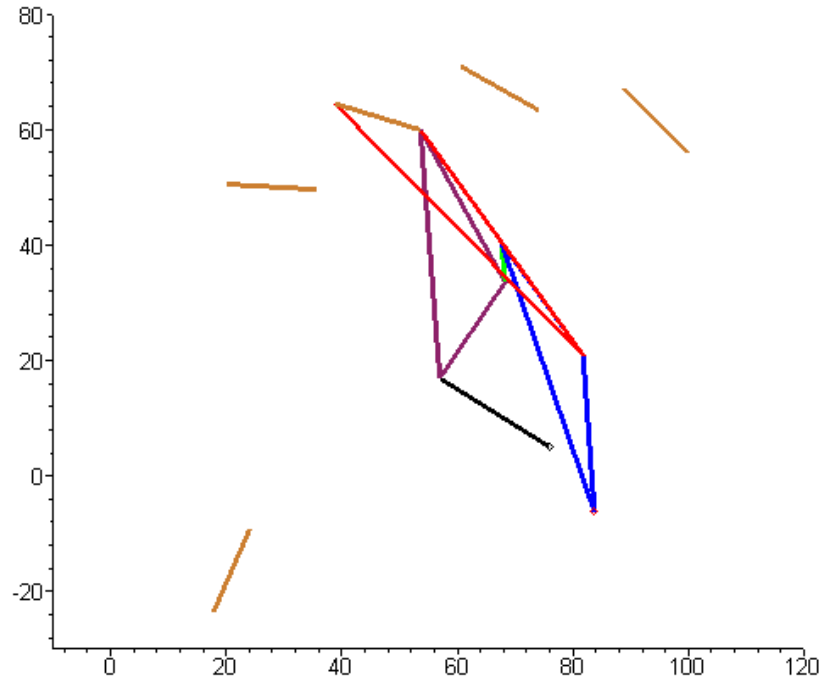
Konumlar	A_x	A_y	B_x	B_y
1	89	67	100	56
2	60.730	70.845	74.289	63.219
3	38.747	64.488	53.614	59.909
4	20.083	50.517	35.613	49.611
5	17.873	-23.383	24.100	-9.127
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler				
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)	
1	-25.711 + 7.219 I	-28.270 + 3.845 I	0.27306	
2	-46.386 + 3.909 I	-50.253 - 2.512 I	0.48662	
3	-64.387 - 6.389 I	-68.917 - 16.483 I	0.72713	
4	-75.900 - 65.127 I	-71.127 - 90.383 I	1.9444	
Kabul edilen değerler				
$r = 21 + 8 I$				
$p = 3 + 43 I$				
Çözümler				
Vektörler				
$w = -6.3654 - 2.1823 I$				
$z = 22.947 + 14.560 I$				
$s = 33.277 + 36.132 I$				
$t = -10.618 + 28.217 I$				
$k = -17.653 + 58.607 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	0.63538	-16.131	6.7152	6.8417
2	-5.2060	-17.519	-6.1359	-4.0654
3	-11.125	8.9223	-5.7657	2.5185
4	-10.851	-24.881	-3.9635	-10.403



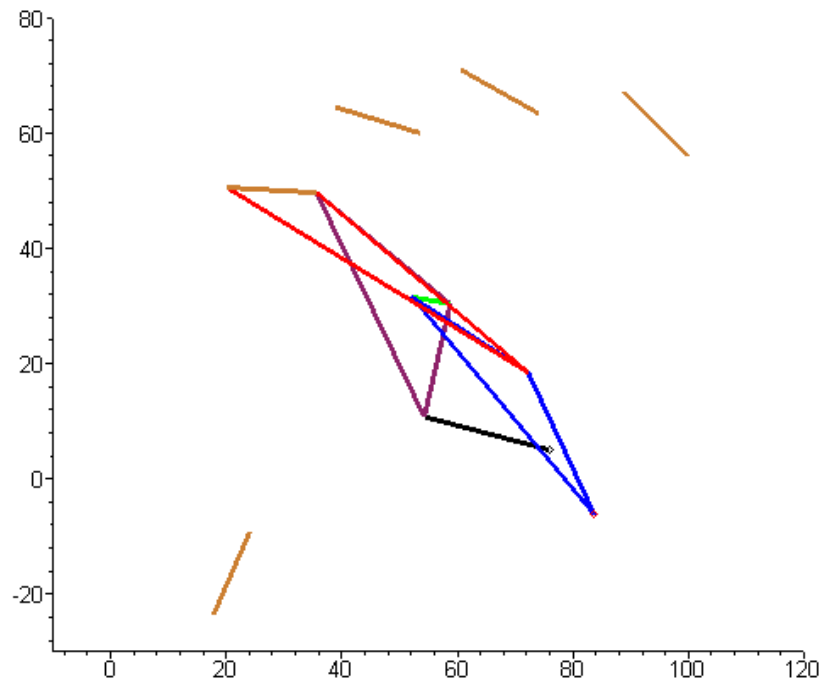
Şekil 4.82 Tablo 4.19’da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



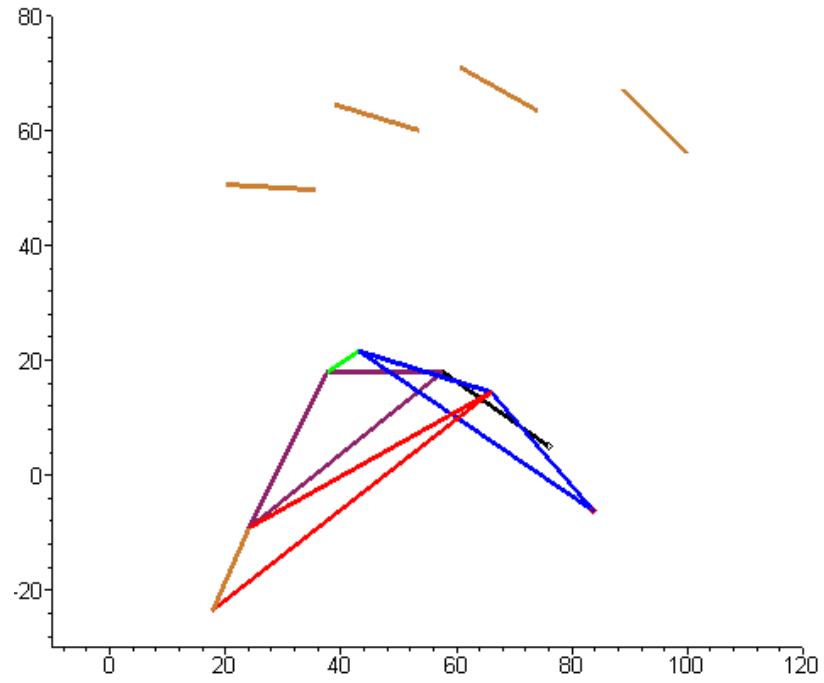
Şekil 4.83 Tablo 4.19’da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



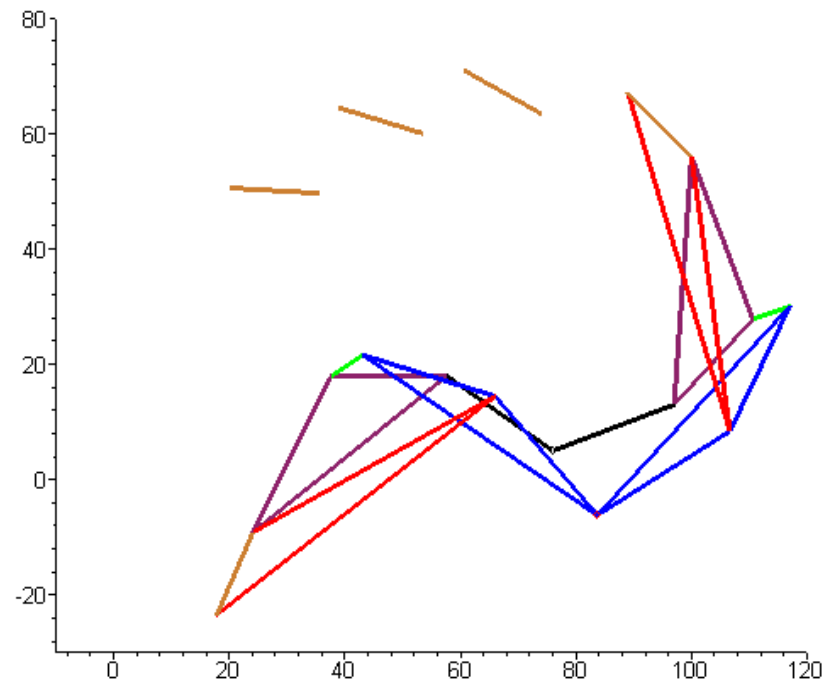
Şekil 4.84 Tablo 4.19'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



Şekil 4.85 Tablo 4.19'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu



Şekil 4.86 Tablo 4.19'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 5. konumu

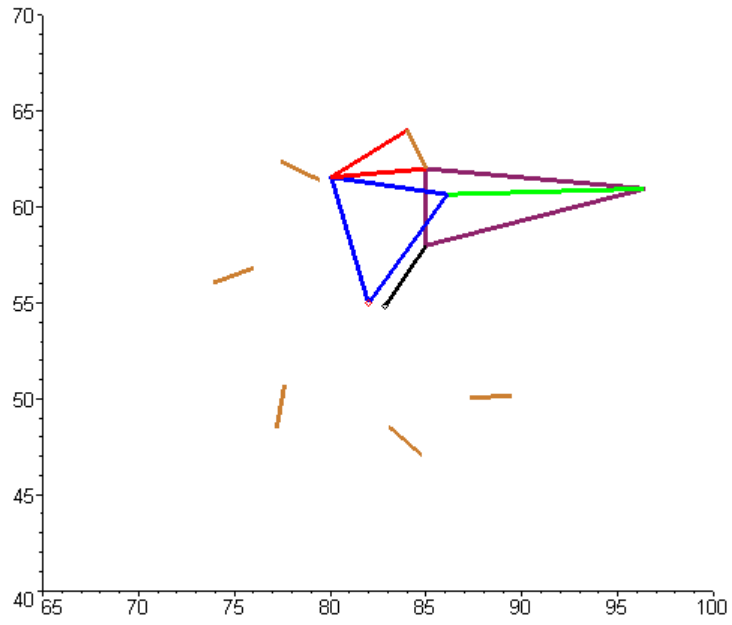


Şekil 4.87 Tablo 4.19'da sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 5. konumları

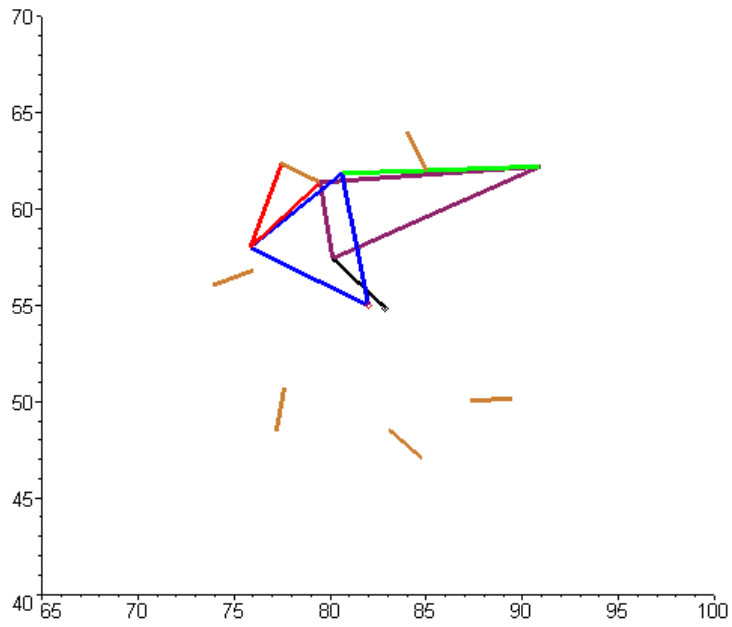
4.3.3.5. Altı konum sentezi

Tablo 4.20 Stephenson-III mekanizmasına ait altı konum sentezi verileri ve çözümü

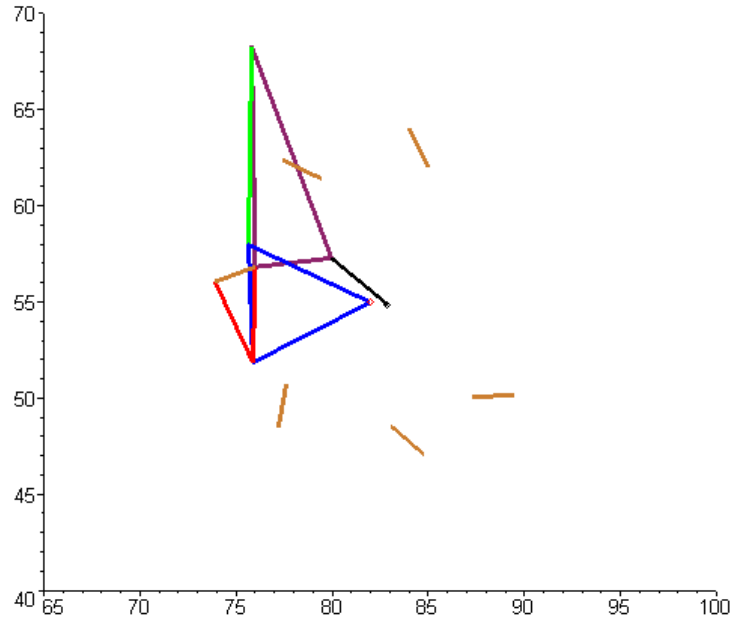
Konumlar	A_x	A_y	Yatayla yapılan açı (radyan)	B_x	B_y
1	84	64	-	85	62
2	77.47	62.36	-0.4491	79.48	61.39
3	73.90	56.05	0.3509	76.00	56.82
4	77.21	48.53	1.391	77.61	50.73
5	84.76	47.08	2.427	83.07	48.54
6	89.45	50.15	-3.103	87.22	50.06
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler					
j	Δ_{Bj}	Δ_{Aj}	θ_j (radyan)		
1	-5.52 - 0.61 I	-6.53 - 1.64 I	0.6579		
2	-9.00 - 5.18 I	-10.10 - 7.95 I	1.458		
3	-7.39 - 11.27 I	-6.79 - 15.47 I	2.498		
4	-1.93 - 13.46 I	0.76 - 16.92 I	3.534		
5	2.22 - 11.94 I	5.45 - 13.85 I	-1.996		
Kabul edilen değerler					
$p = 4 I$					
Çözümler					
Vektörler					
$w = 10.31 + 0.2978 I$					
$z = -1.944 + 6.580 I$					
$s = 4.117 + 5.681 I$					
$t = -11.42 + 1.046 I$					
$r = 2.109 + 3.136 I$					
$k = 3.951 + 2.445 I$					
Vektörlerin dönme açıları (radyan)					
j	α_j	η_j	β_j	δ_j	
1	7.109	-6.277	-6.120	7.695	
2	-4.527	-11.04	-10.88	-4.810	
3	2.832	-3.703	-3.533	-4.005	
4	-2.503	-8.915	-15.08	-9.446	
5	4.393	3.117	3.304	1.207	



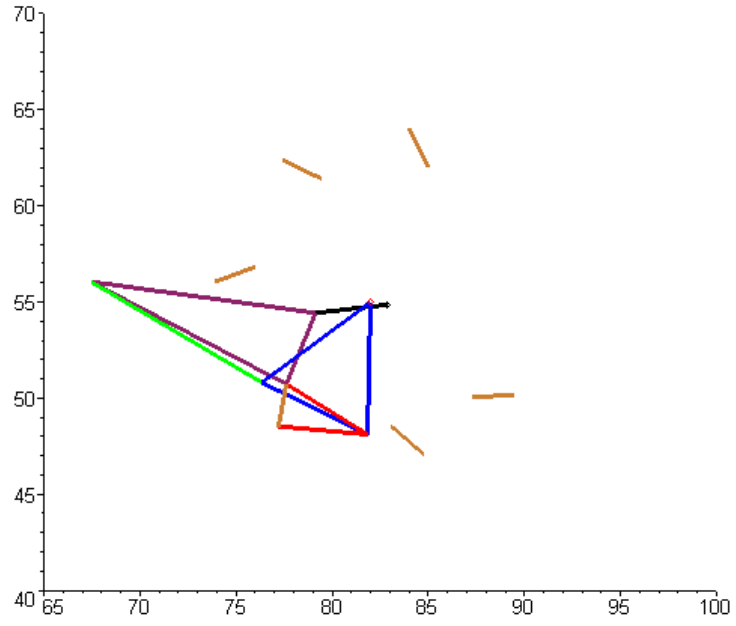
Şekil 4.88 Tablo 4.20'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



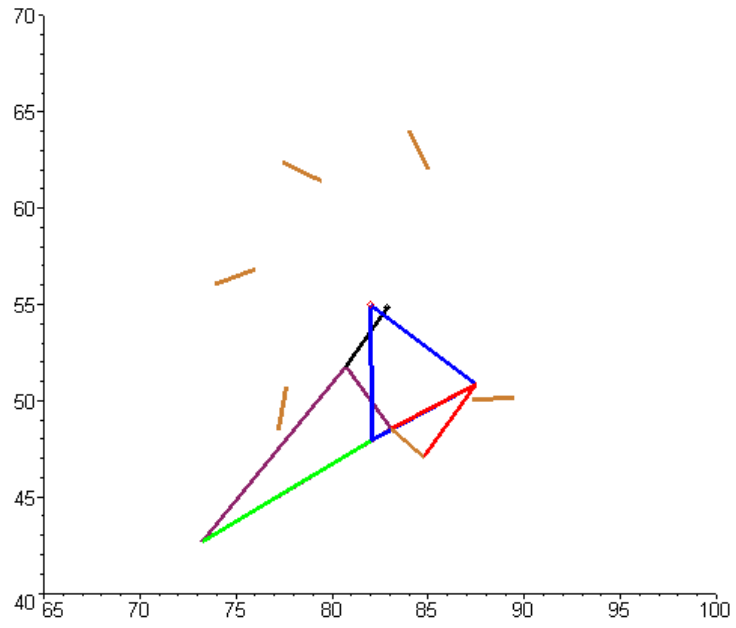
Şekil 4.89 Tablo 4.20'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



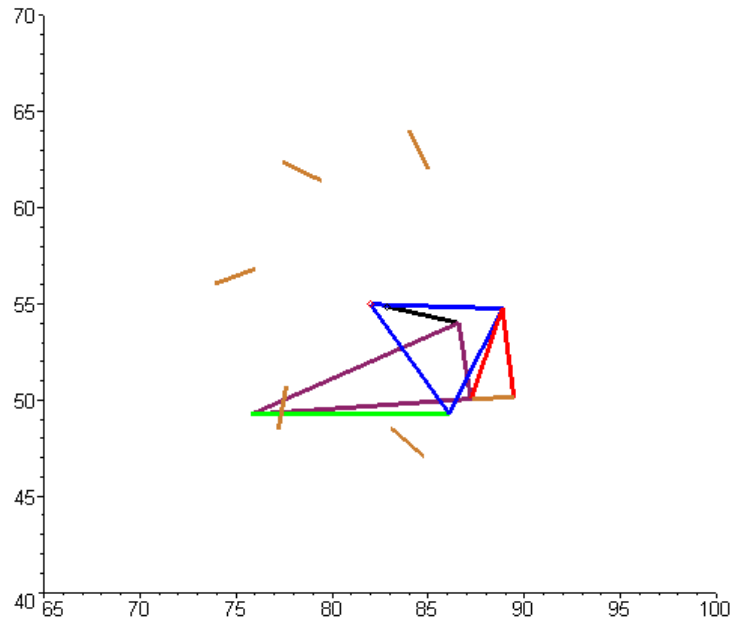
Şekil 4.90 Tablo 4.20’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



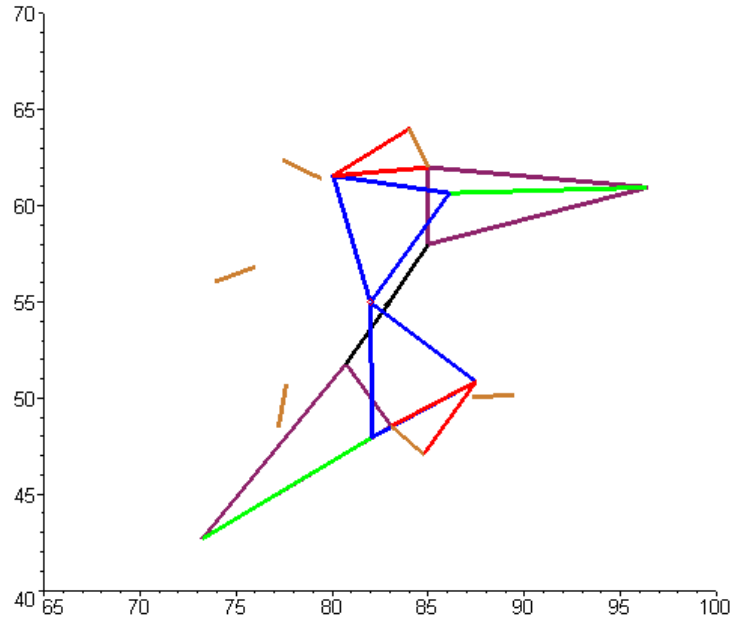
Şekil 4.91 Tablo 4.20’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu



Şekil 4.92 Tablo 4.20’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 5. konumu



Şekil 4.93 Tablo 4.20’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 6. konumu



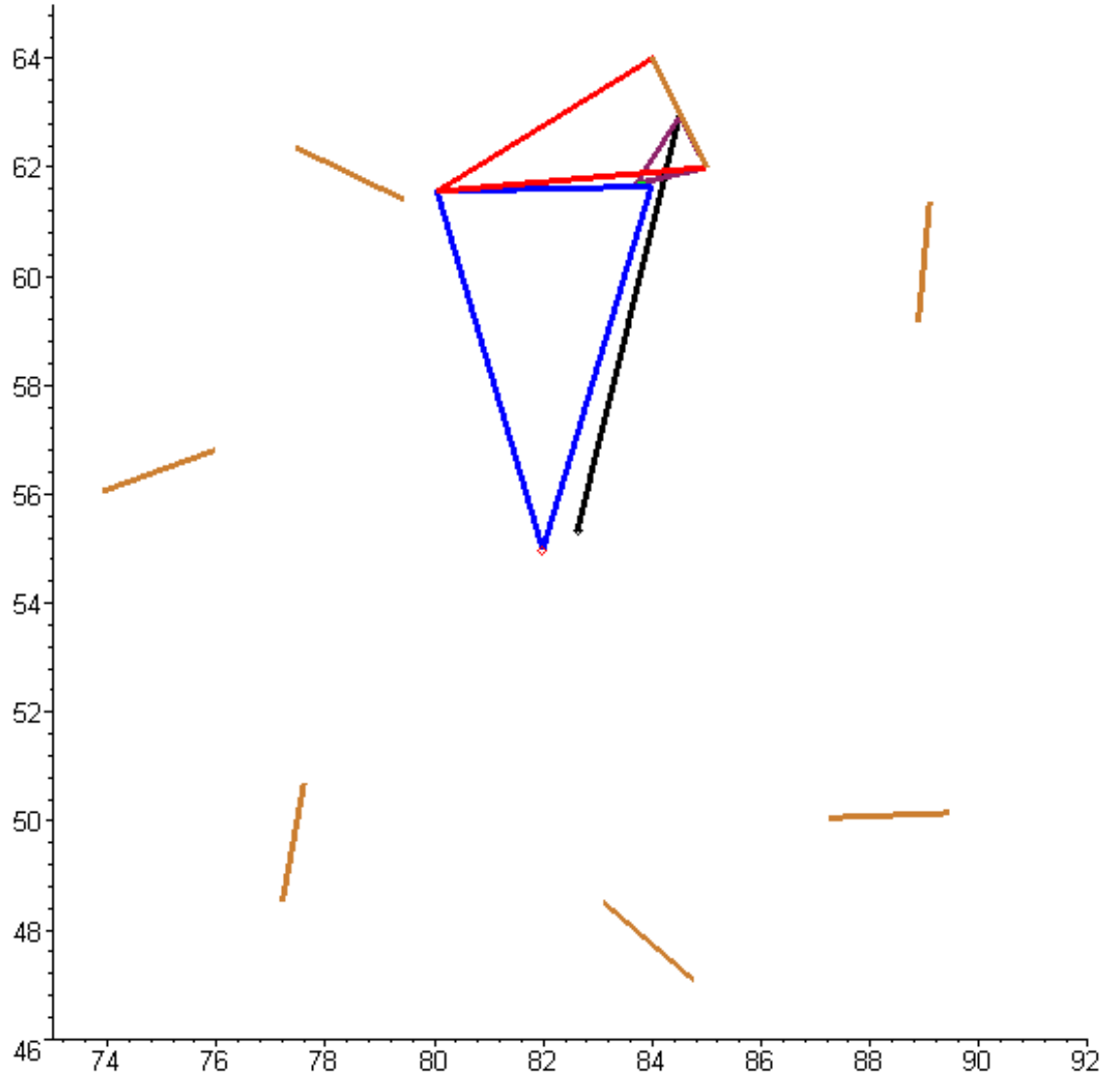
Şekil 4.94 Tablo 4.20'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. ve 5. konumları

4.3.3.6. Yedi konum sentezi

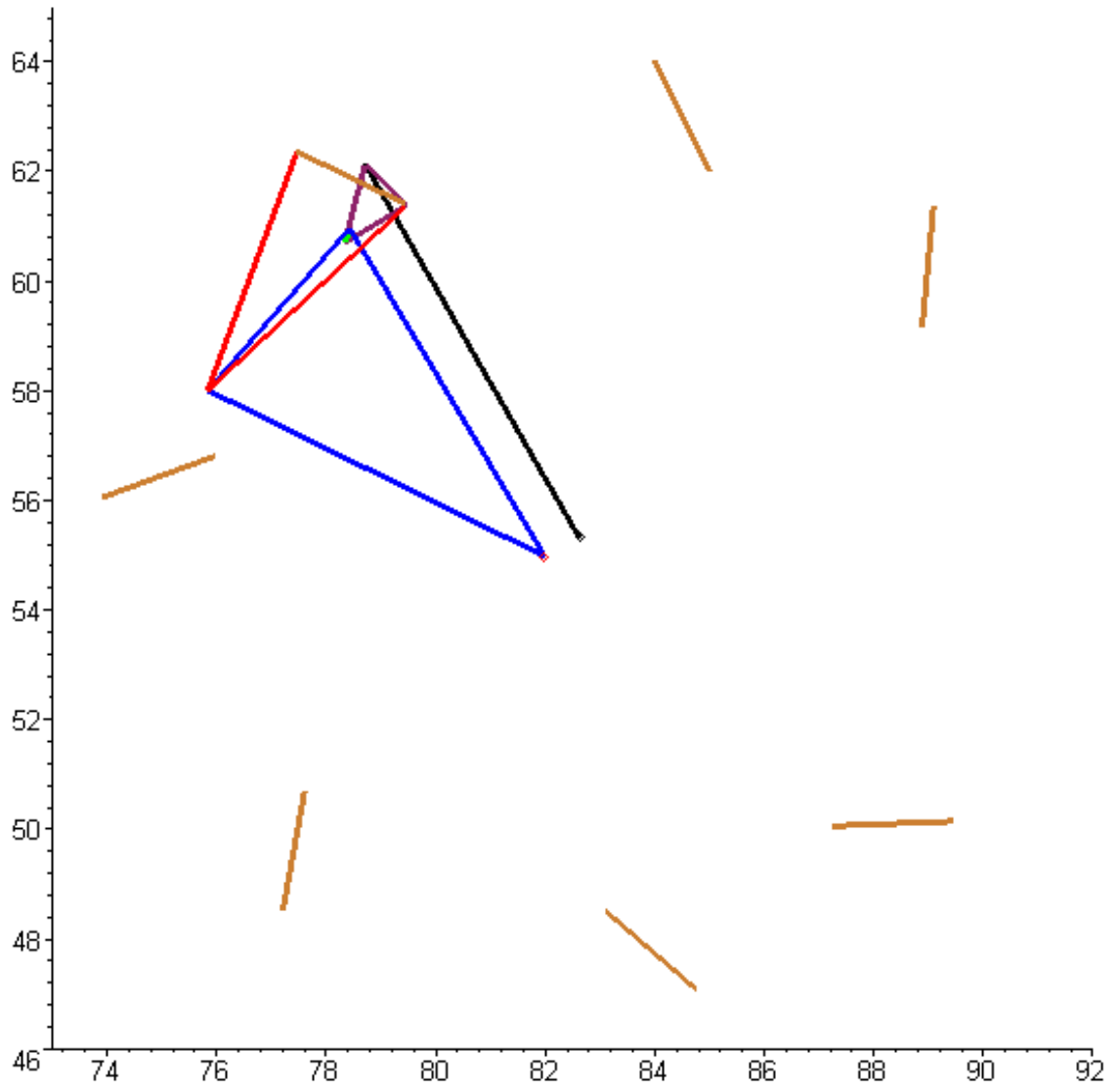
Tablo 4.21 Stephenson-III mekanizmasına ait yedi konum sentezi verileri ve çözümü

Konumlar	A_x	A_y	Yatayla yapılan	B_x	B_y
1	84	64		85	62
2	77.47	62.36	-0.4491	79.48	61.39
3	73.90	56.05	0.3509	76.00	56.82
4	77.21	48.53	1.391	77.61	50.73
5	84.76	47.08	2.427	83.07	48.54
6	89.45	50.15	-3.103	87.22	50.06
7	89.09	61.37	-1.664	88.88	59.14
Verilen konumlar yardımıyla hesaplanan değerler					
j	Δ_{Bj}		Δ_{Aj}		θ_j (radyan)
1	-5.52 - 0.61 I		-6.53 - 1.64 I		0.6579
2	-9.00 - 5.18 I		-10.10 - 7.95 I		1.458

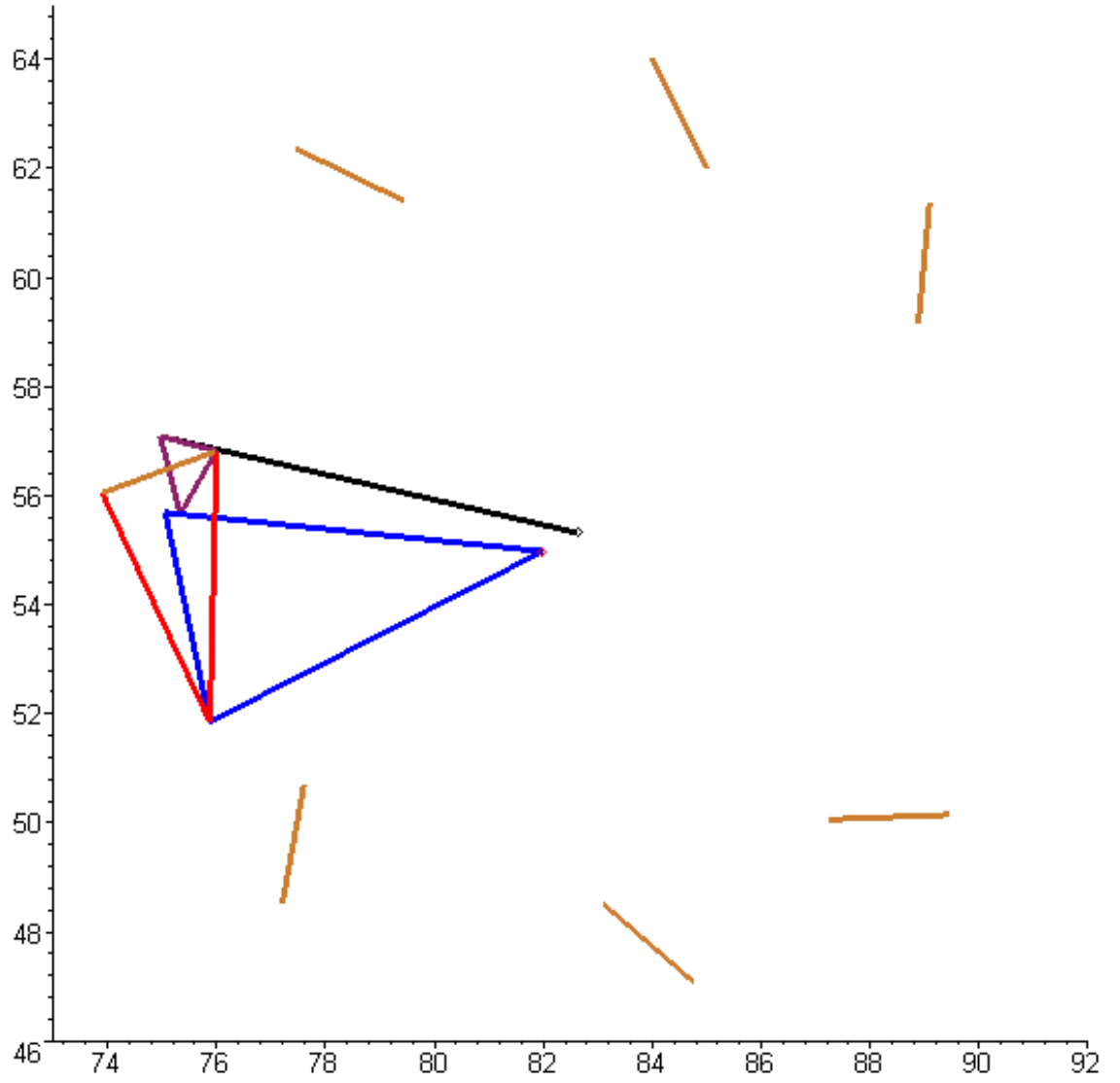
3	-7.39 - 11.27 I	-6.79 - 15.47 I	2.498	
4	-1.93 - 13.46 I	0.76 - 16.92 I	3.534	
5	2.22 - 11.94 I	5.45 - 13.85 I	-1.996	
6	3.88 - 2.86 I	5.09 - 2.63 I	-0.557	
Çözümler				
Vektörler				
$w = -0.2713 + 0.04685 I$				
$z = -1.944 + 6.581 I$				
$s = 1.981 + 6.675 I$				
$t = 1.297 + 0.3036 I$				
$r = 1.881 + 7.622 I$				
$p = 0.5000 - 0.9382 I$				
$k = 3.952 + 2.444 I$				
Vektörlerin dönme açıları (radyan)				
j	α_j	η_j	β_j	δ_j
1	-11.74	-11.16	0.3167	-5.520
2	-10.81	-21.92	13.39	1.585
3	-3.451	4.748	8.007	15.11
4	-8.786	-10.95	2.623	9.720
5	-8.173	-8.007	-2.249	-8.380
6	5.631	-13.76	-6.667	11.91



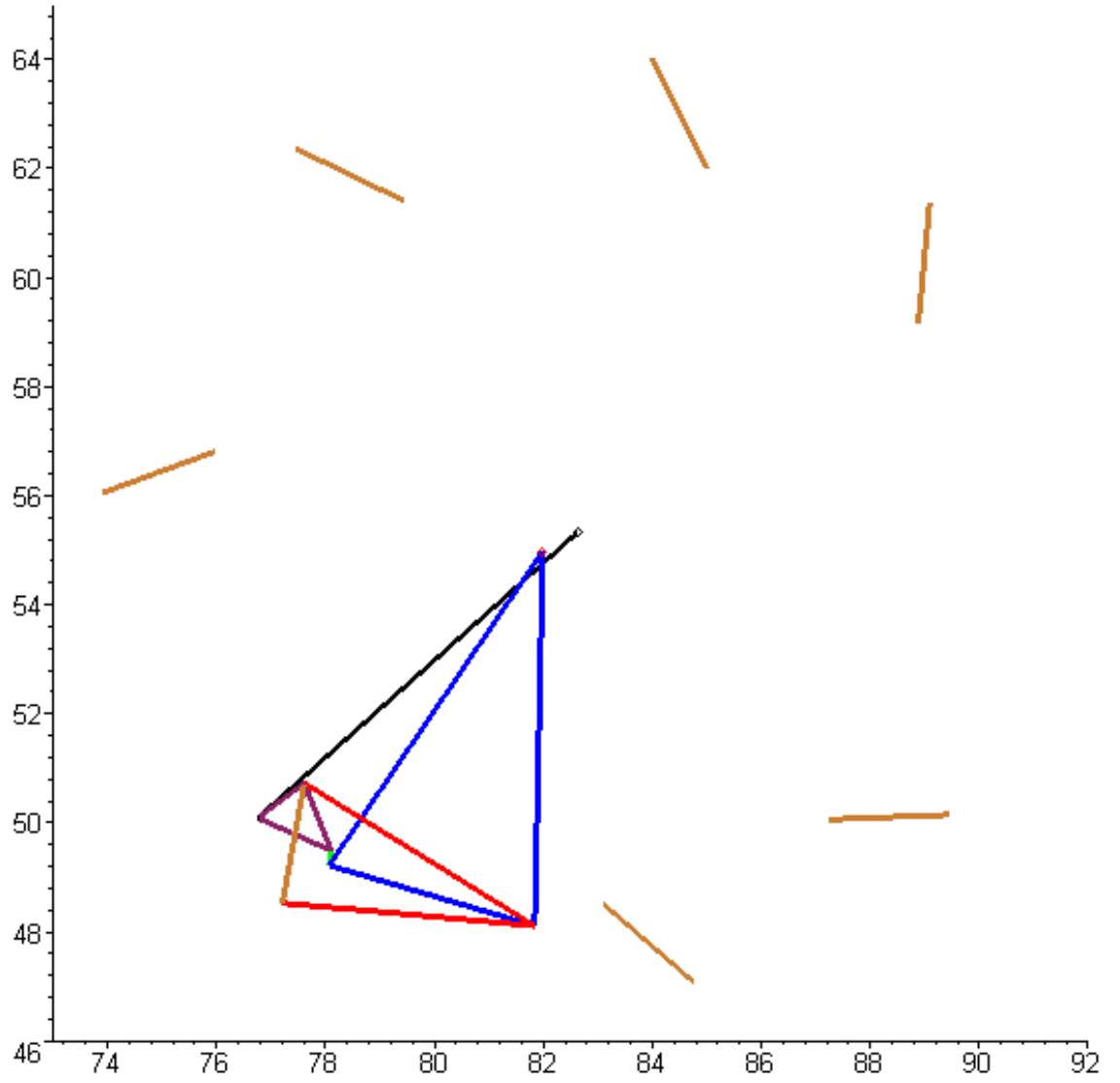
Şekil 4.95 Tablo 4.21’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 1. konumu



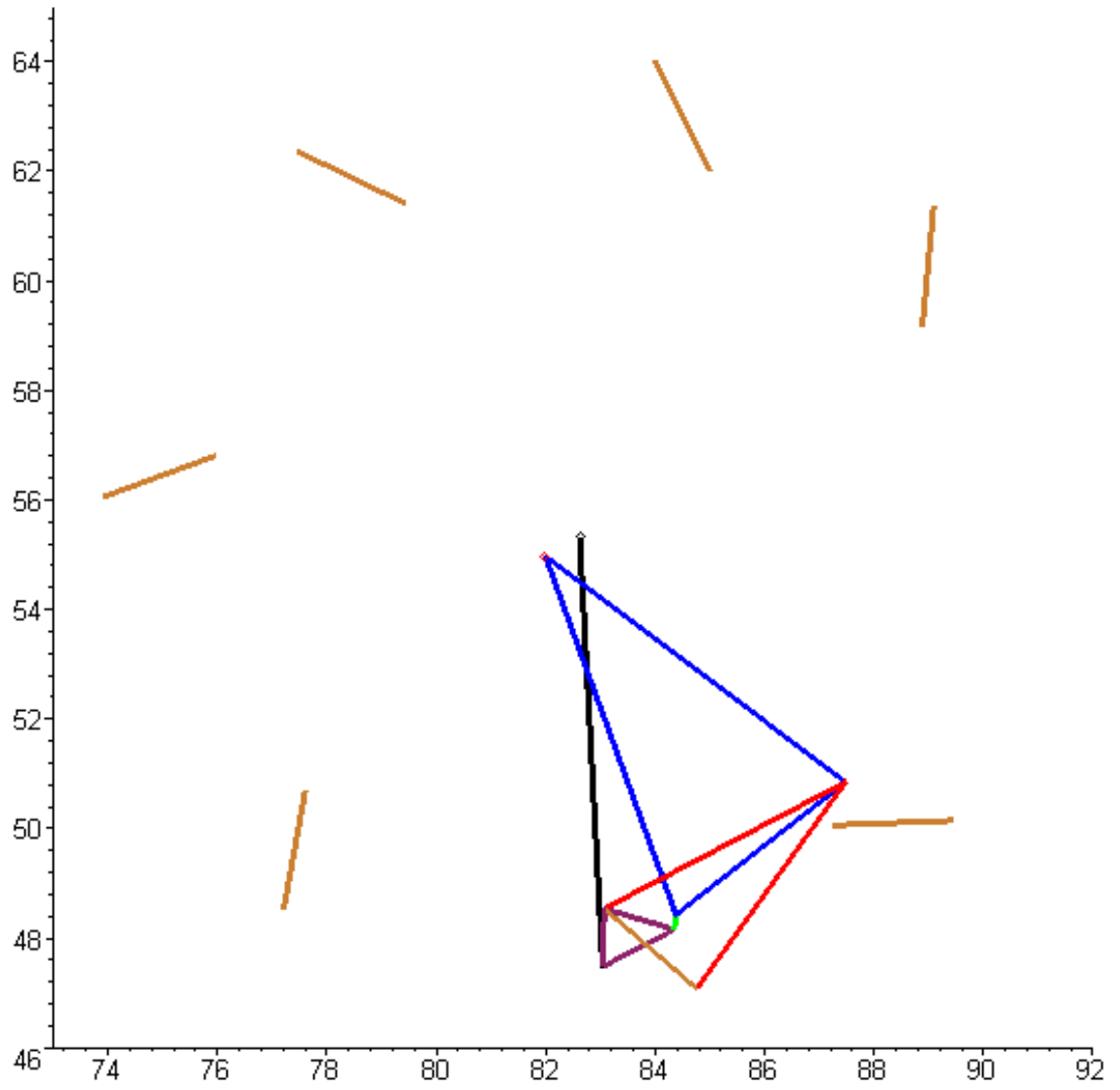
Şekil 4.96 Tablo 4.21’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 2. konumu



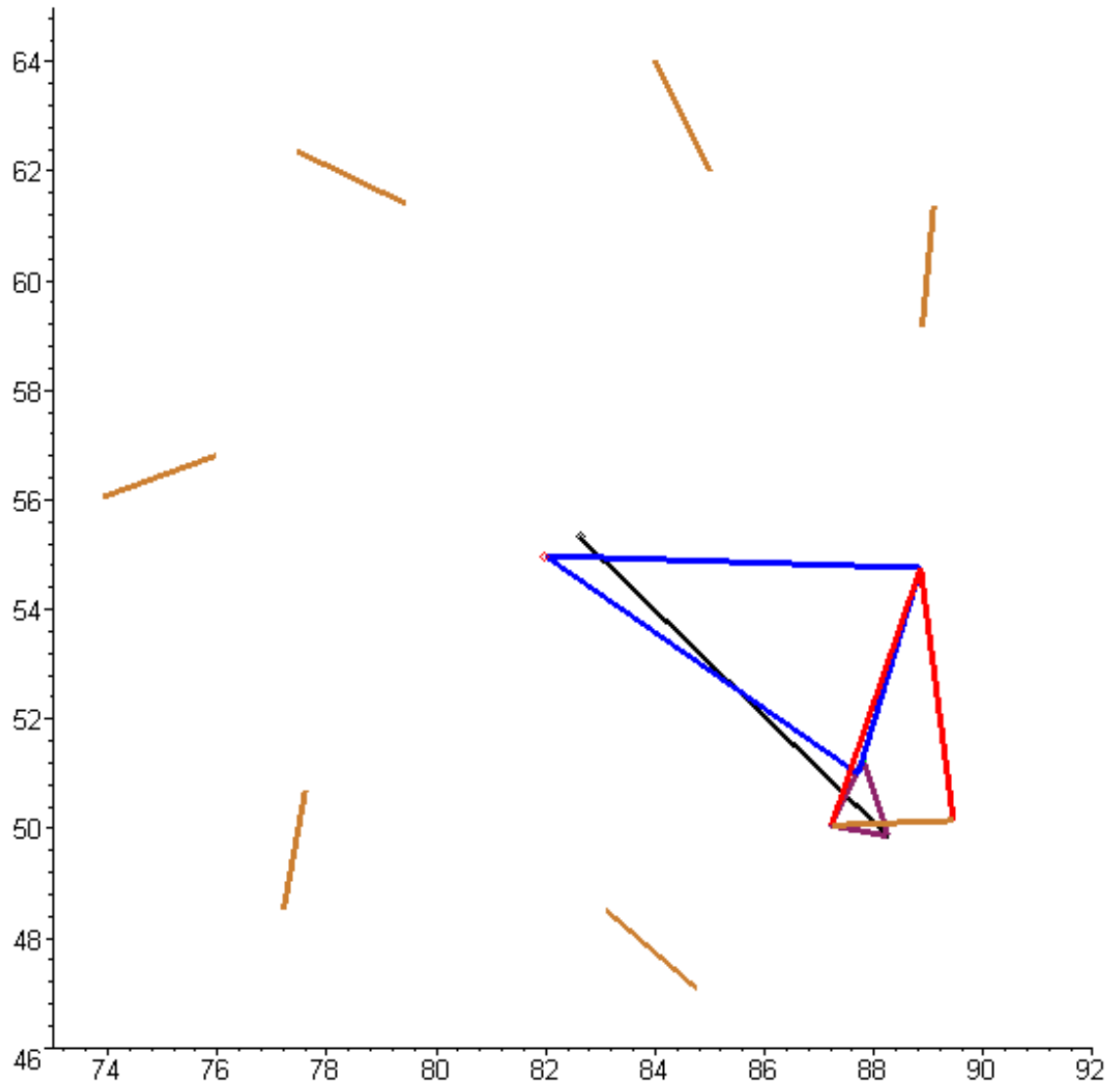
Şekil 4.97 Tablo 4.21’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 3. konumu



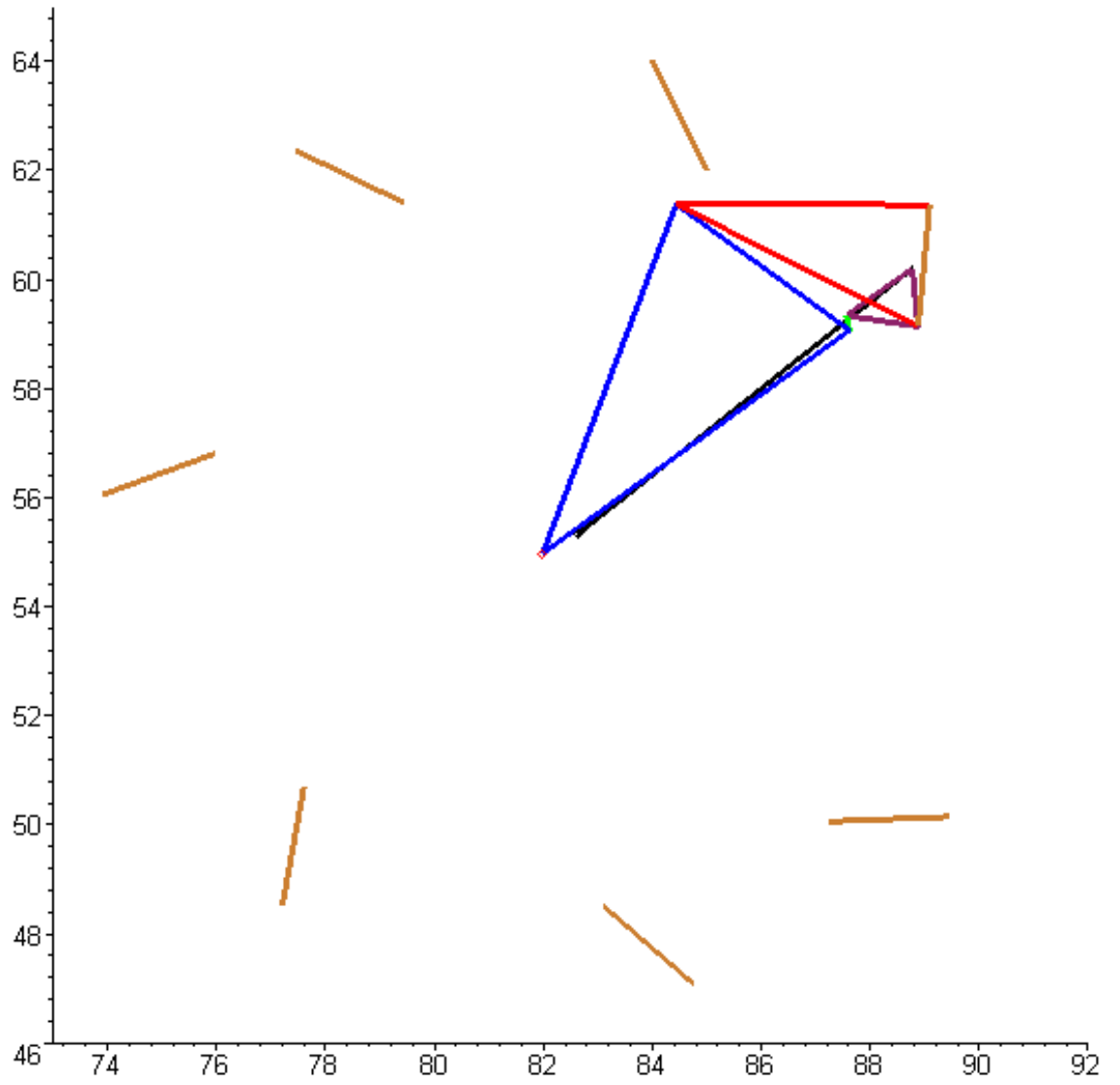
Şekil 4.98 Tablo 4.21’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 4. konumu



Şekil 4.99 Tablo 4.21’de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 5. konumu



Şekil 4.100 Tablo 4.21'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 6. konumu



Şekil 4.101 Tablo 4.21'de sentezi yapılan altı uzuvlu mekanizmanın 7. konumu

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada önce dört uzuvlu düzlemsel mekanizmalarda beş konuma kadar konum sentezi ile ilgili temel hususlar açıklanmıştır. Hareketli uzuvlar, düzlemde kompleks sayılarla ifade edilerek, sentez için basit ve kompakt denklemler bulunmuştur. Daha sonra aynı yöntem altı uzuvlu mekanizmalara uygulanmıştır. Serbestçe seçilebilecek değişkenler yardımıyla farklı çözümler elde edilmiş ve mekanizma özelliklerini optimizasyonu için her hangi bir kısıt öngörülmemiştir. Doğrudan, verilen belirli sayıdaki konumları sağlayacak çözümler aranmıştır.

Dört uzuvlu düzlemsel mekanizmaların konum sentezinde, üç, dört ve beş konum sentezi yapılabilmektedir. Bu mekanizmalarda, Grübler kriteri göz önüne alındığında yalnızca bir kinematik zincir elde edilir ve dolayısıyla kinematik zincirde kapalı uzuv bölgesinde sadece bir çevrim söz konusudur, yani seçilen dört uzuvlu mekanizma için sadece bir konfigürasyon (tertip) mümkündür. Altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalarda ise Grübler kriteri göz önüne alındığında iki kinematik zincir elde edilmektedir. Bu zincirlere Watt ve Stephenson zincirleri adı verilmektedir ve her iki zincir için kapalı uzuv bölgesinde iki çevrim söz konusudur. Bu durum sentez edilecek mekanizma için değişik seçenekler ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışmada; kompleks sayılar, altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalarla konum sentezi için de kullanılmıştır. Gerekli tasarım denklemleri kinematik zincirler için ayrı ayrı bulunmuş ve farklı zincirlere (Watt ve Stephenson) sahip mekanizmalarda nasıl uygulanacağı gösterilmiştir.

Elde edilen kinematik zincirlere göre mekanizmalar Watt-I, Stephenson-I ve Stephenson-III adını almaktadır. Bu zincirlere ait denklemler 7 konum sentezi için yazılıp çözümler arandığında Watt-I kinematik zincirine ait mekanizma için 40 bilinmeyenli 40 nonlinear denklem, Stephenson-I ve Stephenson-III zinciri için 38 bilinmeyenli 38 nonlinear denklem elde edilmektedir. Bu durum göz önüne alındığında bu kinematik zincirlere sahip altı uzuvlu düzlemsel mekanizmalarda en fazla 7 konum sentezi yapılabileceği sonucu çıkmaktadır. İlgili denklemlerin

özümü hazır matematik paket programlarla yapılmıştır ve sonuçlar makul zaman ve hassasiyetle bulunmuştur.

Aynı yöntem daha fazla sayıda uzva sahip (8, 10 veya daha fazla) mekanizmalarda da uygulanabilir. Fakat böyle mekanizmalarda uzuv sayısının fazlalığından dolayı, konfigürasyon sayısı artmaktadır. Örneğin altı uzuvlu mekanizmalarda iki farklı konfigürasyon söz konusu iken, sekiz uzuvlu mekanizmalarda bu sayı 16'ya kadar çıkmaktadır. Bu da değişik konfigürasyonlar için ayrı ayrı değerlendirilmelerinin yapılması gerekmekte bu da çözümü güçleştirmektedir. Buna rağmen daha fazla sayıda konum için (8, 9, 10,...) bu mekanizmalarla sentez yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Erdman, A.G., 1981, “ Three and Four Precision Point Kinematic Synthesis of Planar Linkages” , Mechanism and Machine Theory Vol. 16, pp. 227-245.
- [2] Kim, H.J., Sodhi, R.S., 2001, “Planar Circle-Point Equations for Finitely Separated and Double-Point Positions” , Journal of Mechanical Design Vol.123, pp. 157-160.
- [3] Wampler, C.W., Morgan, A.P., ve Sommese, A. J., 1992, “Complete Solution of The Point Path Synthesis Problem For Four-Bar Linkages” , Journal of Mechanical Design Vol.114, pp. 153-159.
- [4] Balli, S.S., Chand, S., 2001, “Synthesis of Five-Bar Mechanism With Variable Topology for Motion Between Extreme Positions” , Mechanism and Machine Theory Vol. 36, pp. 1147-1156.
- [5] Polat, M., Söylemez, E., 1984, “Bilgisayarla Düzlemsel Mekanizmaların Sentezi” , 1. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu, s. 159-167.
- [6] Duransoy, D.Ç., Söylemez, E., 1993, “Dört Çubuk Mekanizmalarının Bilgisayar Destekli Dört Konum Sentezi ”, 6. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu, s. 330-348.
- [7] Sezen, A.S., Söylemez, E., 2001, “Dört Uzunlu Düzlemsel Mekanizma Sentez ve Analiz Programı”, 10. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu, s. 136-145.
- [8] Prentis, J.M.,1991, “The Pole Triangle, Burmester Theory and Order and Branching Problems-1” , Mechanism and Machine Theory Vol. 26, No. 1, pp. 19-30.
- [9] Prentis, J.M., 1991, “The Pole Triangle, Burmester Theory and Order and Branching Problems-2”, Mechanism and Machine Theory Vol. 26, No. 1, pp. 31-39.

- [10] Lio, M.D., 1997, “Robust Design of Linkages-Synthesis by Solving Non-Linear Optimization Problems”, Mechanism and Machine Theory Vol. 32, No. 8, pp. 921-932.
- [11] Lichtenheldt, W., “Mekanizmaların Konstruksiyonu”, çev. Pasin, F., İTÜ. Yayını, İstanbul.
- [12] Tsai, L.W., 2001, “Mechanism Design” , CRC Pres L.L.C., Newyork, pp. 310.
- [13] Klein Breteler, A. J., 2004, “Mechanisms”, Lecture Notes.
- [14] Duschl, P., Kramer, S., 1987, “Kinematic synthesis and analysis of the rack and pinion mechanism for planar path generation and function generation for six precision conditions”, Mechanism and Machine Theory, Vol. 22, pp.563-568.
- [15] Söylemez, E., 2000, “Mekanizma Tekniği” Prestij Ajans Matbaacılık Basım Yayın Sanayi.
- [16] Sandor, G.N., Erdman, A.G., 1984, “Advanced Mechanism Design: Analysis and Synthesis”