



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

DİŞLİ VERİMLİLİĞİ BELİRLEME DENEYİ
DENEY FÖYÜ

HAZIRLAYANLAR

Prof. Dr. Erdem KOÇ
Arş.Gör. Mahmut Can ŞENEL

EKİM 2012

SAMSUN

DİŞLİ VERİMLİLİĞİ BELİRLEME DENEYİ

1. DENEYİN AMACI

Bu deneyde, iki kademeli alın dişli ve tek kademeli sonsuz vida mekanizması analiz edilmiştir. Sisteme yerleştirilen her bir dişli sistemi için mil dönüş hızının ve akımın dişli giriş ve çıkış kuvvetlerine ve dolayısıyla dişli giriş çıkış momentlerine olan etkisi ortaya konulmuştur. Dişli sistemi girişinde üretilen moment ve açısal hızlar dikkate alınarak giriş gücü($P_1=M_1.\omega_1$), dişli sistemi çıkışında üretilen moment ve açısal hızlar dikkate alınarak da çıkış gücü($P_2=M_2.\omega_2$) bulunmaktadır. Dişli ünitesinde, çıkış gücünün(P_2) giriş gücüne(P_1) oranlanmasıyla da dişli verimi belirlenmektedir. Bu deney düzeneğinde amaç; dişli türündeki, mil dönüş hızındaki ve akımdaki değişimin dişli verimine olan etkisinin belirlenmesidir.

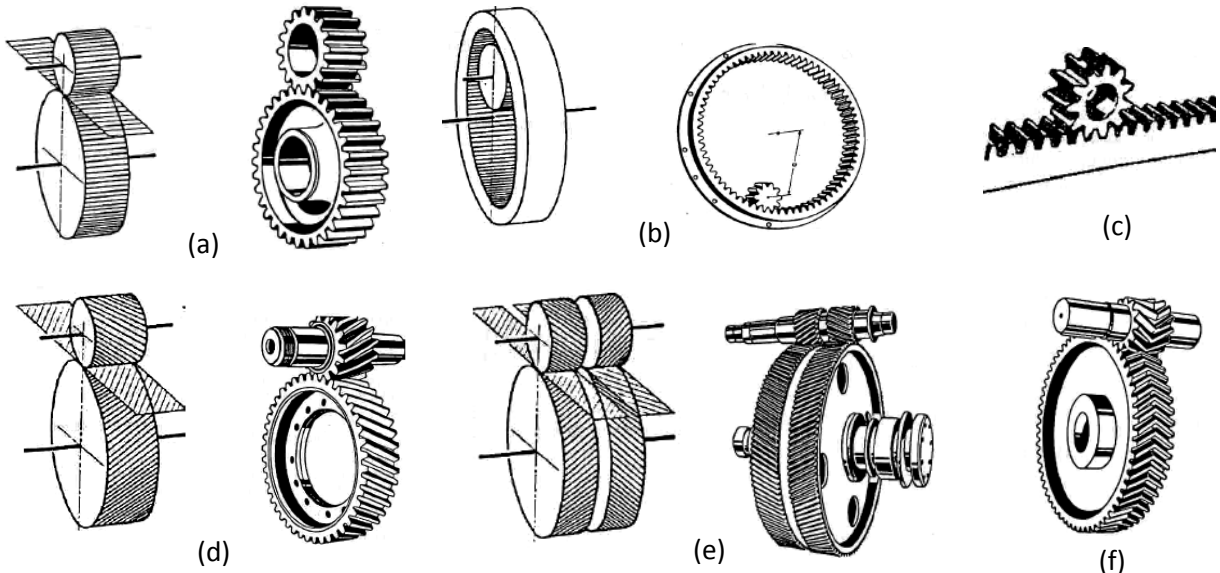
2. TEORİK BİLGİ

Dişli çarklar, iki mil arasında şekil esaslı moment(güç) ve hareket ileten elemanlar olup eş zamanlı en az iki dişli çarktan oluşan sistem **dişli çark mekanizması** olarak tanımlanır. Mekanizmada bir döndüren ve bir veya daha çok döndürülen dişli bulunmakta olup mekanizmanın küçük dişlisine **pinyon**, büyük dişlisine **çark** denir. Güç ileten millerin konumlarına göre dişli çarklar aşağıda belirtilen üç ana grupta incelenebilir[1]:

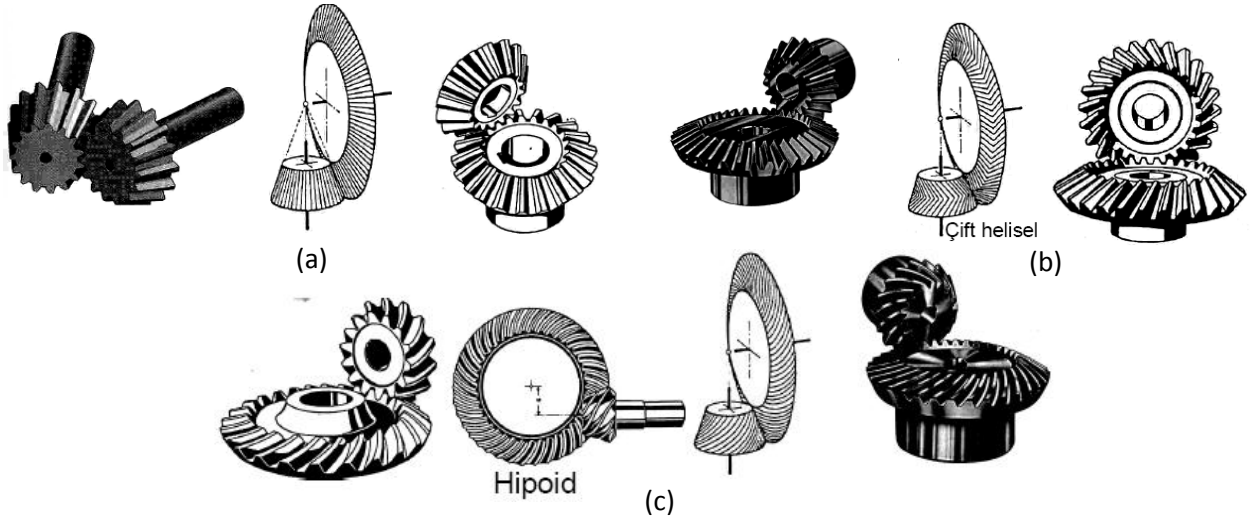
1. Eksenleri aynı düzlemde paralel iki mil arasında güç ve hareket (hız) ileten dişliler **silindirik veya alın dişli** çarklar olarak bilinir. Dişlerin ana doğrusu veya dişlerin yönü mil eksenine paralel ise silindirik düz alın dişli söz konusudur (Şekil 1a). Dişler ana doğru ile belirli bir açı yapıyorsa veya eğikse helisel silindirik (alın) dişli çarklar elde edilir (Şekil 1d). Helisel silindirik dişli çarkların ikili helisel (Şekil 1e) ve çift helisel silindirik (ok dişlisi) tipleri (Şekil 1f) de vardır. Ayrıca çarklardan biri diğerinin içinde yuvarlanma yapıyorsa iç dişli çarklar (Şekil 1b) elde edilir. Bu çarklar da düz, helisel ve çift helisel olabilmektedir. Herhangi bir dişli çarkın çapı sonsuz olduğunda doğru eksenli (çubuk şeklinde) bir dişli elde edilir ve bu çark kremayer (Şekil 1c) olarak tanımlanır. Bunlar da düz ve helisel kremayer olarak sınıflandırılabilir.

2. Eksenleri aynı düzlemde bulunan fakat kesişen iki mil arasında güç ileten çarklara **konik dişli** çarklar denir. Mil eksenleri arasındaki açı dik, dar veya geniş olabilmektedir. Dişlerin durumuna göre düz konik (Şekil 2a), helisel konik (Şekil 2b), çift helisel konik (Şekil 2b-orta) ve eğrisel konik (Şekil 2c) dişliler üretilmektedir. Eksenleri aynı düzlemde olmayan ve kesişmeyen dişliler hipoid konik dişliler (Şekil 2c-orta) olarak tanımlanır. Bu dişliler eğrisel konik dişlerin özel bir tipidir.

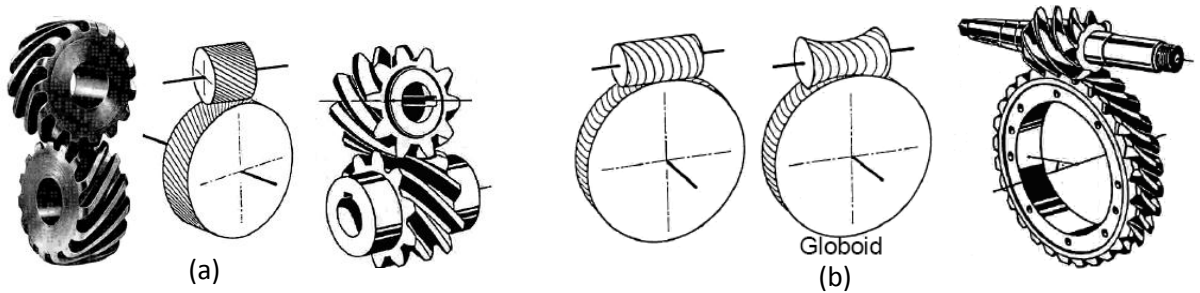
3. Eksenleri aynı düzlemde olmayan aykırı (çapraz) miller arasında güç ve hız ileten dişli çarklar **spiral dişli** çarklar (Şekil 3a) grubundadır. Bu çarkların özel tipi uzayda eksenleri birbirine dik olan (aykırı olup izdüşümleri birbirine dik olan) miller için **sonsuz vida mekanizmaları** söz konusudur. Bu çarkların da silindirik (Şekil 3b-sol) ve globoid (Şekil 3b-orta) tipleri kullanılmaktadır.



Şekil 1. Paralel eksenli miller-silindirik dişli çarklar[1]



Şekil 2. Kesişen miller- konik dişli çarklar[1]

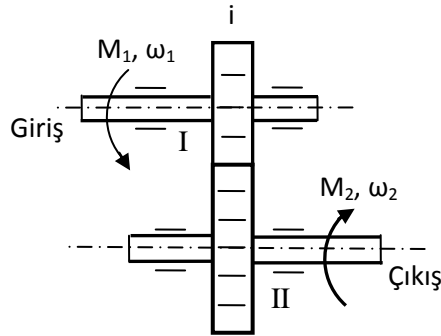


Şekil 3. Aykırı(Çapraz) miller- vida mekanizmaları[1]

Bir dişli çark mekanizmasının sabit oranda hız iletebilmesi için çevrim oranı(i) ifadesi kullanılmaktadır. Dişli çevrim oranı(i);

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_{02}}{d_{01}} = sbt \quad (2.1)$$

olarak ifade edilmektedir. Böylece dişli çevrim oranı(i) ve giriş milinin dönüş hızı(ω_1) bilindiği takdirde çıkış milinin dönüş hızı(ω_2) bulunabilmektedir. Bu çevrim oranı eşitliğinde; küçük dişlinin(pinyon), taksimat dairesi çapı(d_{01}), diş sayısı(z_1), giriş milinin dönüş hızı(n_1); büyük dişlinin(çark) taksimat dairesi(d_{02}), diş sayısı(z_2), çıkış milinin dönüş hızı(n_2) parametreleri de kullanılabilir.



Şekil 4. Tek kademeli tipik dişli sistemi modeli

Şekil 4'deki tipik dişli sistemi modelindeki gibi bu deneyde, dişli girişi ve çıkışı arasında teorik bir ilişki kurularak dişli veriminin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Giriş mili(I), bir elektrik motoruyla döndürülmekte ve dişli kutusu üzerinden dişli çevrim oranında(i) çıkış milinin(II) dönüş hızının değişmesi sağlanmaktadır. Giriş ve çıkış millerinde oluşan kuvvetler; dinamometreyle ölçülmekte ve uygun hesaplamalarla giriş momenti(M_1) yani reaksiyon momenti ve çıkış momenti(M_2) yani frenleme momenti belirlenebilmektedir.

Dişli girişinde üretilen güç; $P_1=M_1.\omega_1$, dişli çıkışında üretilen güç $P_2=M_2.\omega_2$ olarak ifade edilmektedir. Dişli ünitesi %100 verimle çalıştığında dişli giriş ve çıkışında üretilen güçlerin eşit olması($P_1=P_2$) gerekmektedir. Oysa; dişlilerde her zaman mekanik kayıplar söz konusudur. Bu kayıplar($K=1-\eta$), dişli ünitesi veriminin belirlenmesiyle bulunabilmektedir. Dişli verimi(η) ise; dişli ünitesi çıkışında üretilen gücün(P_2) dişli ünitesi girişinde üretilen güce(P_1) oranıdır.

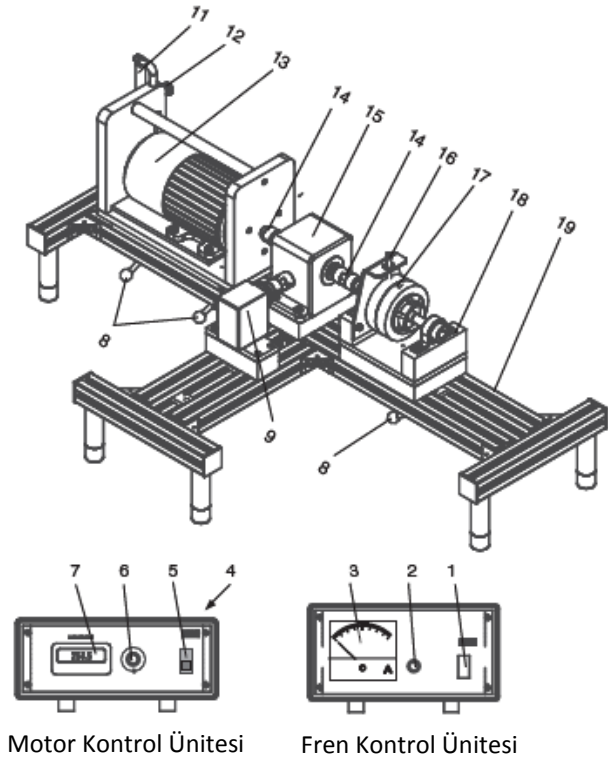
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{M_2\omega_2}{M_1\omega_1} \quad (2.2)$$

3. DENEY DÜZENEGİ

3.1. Deney Düzeneginin Genel Yapısı

Deney düzeneği dişli sistemi veriminin; kuvvet, moment, mil dönüş hızı gibi teorik büyüklüklere dayanarak belirlenmesine yöneliktir. Şekil 5'deki deney düzeneğinde; elektrik motorunun(13) motor kontrol ünitesindeki hız potansiyometresiyle(6) belli bir dönüş hızında ve dişli çıkışına yük uygulanmasını sağlayan manyetik frenin(17) fren kontrol ünitesindeki akım potansiyometresiyle belli bir frenleme akımında çalıştırılması sonucunda dişli giriş ve çıkış kuvvetleri belirlenebilmektedir. Giriş(reaksiyon) kuvveti, motor yatağı yatay olana dek dinamometrenin(11) yukarı doğru çekilerek kuvvet değerinin dinamometreden okunmasıyla belirlenir. Çıkış(frenleme) kuvveti ise; fren koluna(16) yerleştirilen portatif bir dinamometreyle ölçülür. Giriş ve çıkış kuvvetlerinin dönüş eksenine olan uzaklıklarından dişli giriş ve çıkış momentleri hesaplanır. Dişli ünitesinde dişli giriş ve çıkış millerindeki dönüş hızları(ω_1,ω_2) eşitlik (2.1)'de verilen dişli çevrim oranında(i) değişmektedir. Bu durumda da; dişli çıkış gücünün($P_2=M_2\omega_2$) dişli giriş gücüne oranlanmasıyla($P_1=M_1\omega_1$) dişli verimi bulunmaktadır.

Bu amaçla geliştirilen Şekil 5'deki deney düzeneğinde fren kontrol ünitesi üzerinde; manyetik fren için açma/kapama şalteri(1), akım potansiyometresi(2), akım göstergesi(3) bulunmaktadır. Motor kontrol ünitesi üzerinde ise; mil dönüş yönü şalteri(4), motor kontrol ünitesi için açma/kapama şalteri(5), hız potansiyometresi(6) ve hız göstergesi(7) bulunmaktadır.



(a)

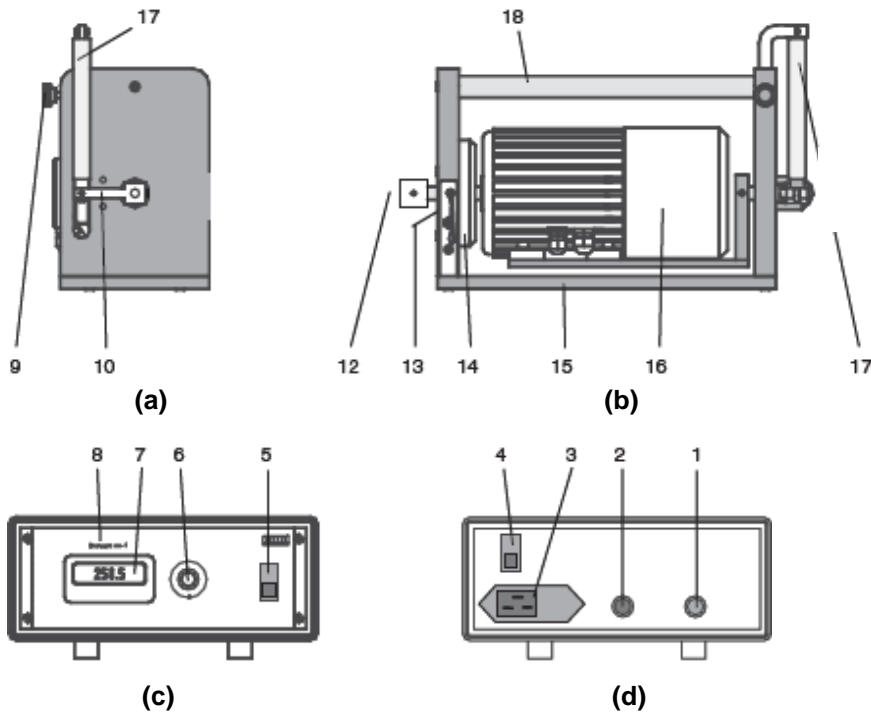
(b)

Şekil 5. Dişli verimliliği deney düzeneğinin genel yapısı

Ayrıca deney düzeneğinde; şasi(19) üzerine sıkma kollarıyla(8) monte edilen, sonsuz vida mekanizması(9) veya helisel alın dişli(15), dinamometre(11), dinamometrenin tutturulması için sıkıştırma vidası(12), doğru akım motoru(13), kavrama(14), fren kolu(16), manyetik fren(17) ve fren yatağı(18) bulunmaktadır. Transmisyon ünitesinde iki farklı dişli kutusu kullanılmaktadır. Bunlar; iki kademeli helisel alın dişli kutusu($i=13.5$) ve tek kademeli sonsuz vida mekanizması($i=15$).

3.2. Motor Tahrik Ünitesi

Motor tahrik ünitesi, elektrik motoru ve motor kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Motor kontrol ünitesinde, mil dönüş hızı, mil dönüş yönü gibi parametreler ayarlanabilmektedir. Motor kontrol ünitesinin arka tarafında(Şekil 6d) motor sigortası(1), motor bağlantısı(2), ana bağlantı(3), dönme yönü şalteri(4); ön tarafında(Şekil 6c) ise açma/kapama şalteri(5), hız potansiyometresi(6), hız göstergesi(7) bulunmaktadır. Açma/kapama şalteriyle(5) çalıştırılan motor kontrol ünitesinde mil dönüş hızı, hız potansiyometresiyle(6) ayarlanmaktadır. Ayrıca, dönme yönü şalteriyle(4) de milin saat yönünde ya da saatin tersi yönünde dönüşü ayarlanabilmektedir.

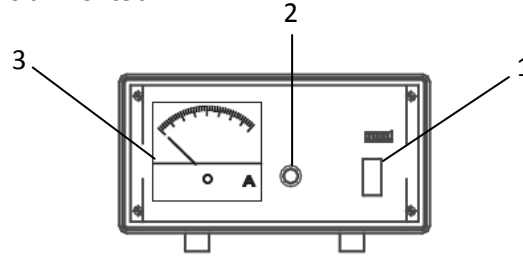


Şekil 6. Motor tahrik ünitesi elemanları a) motor (önden görünüş), b) motor (önden görünüş) (c) motor kontrol ünitesi (önden görünüş), (d) motor kontrol ünitesi (arkadan görünüş)

Deney düzeneğinde yer alan motor ünitesinin yan tarafında(Şekil 6a); sıkıştırma vidası(9), dengeleme kolu(10) ve dişli giriş kuvvetinin ölçülmesinde kullanılan bir dinamometre(17) bulunmaktadır. Motor ünitesinin ön tarafında(Şekil 6b) ise; kavrama(12), sensör disk(13), rulman(14), alt tabla(15), doğru akım motoru (16), motor tutma kolu (18) gibi elemanlar bulunmaktadır. Düzenekte; sensör disk(13), mil dönüş hızını ölçerek motor kontrol ünitesine aktarmaktadır. Kavrama(12), dişli giriş miline bağlanarak motordaki dönme hareketini dişli kutusuna iletmektedir. Motorun belli bir dönüş hızında çalıştırılmasıyla oluşan reaksiyon kuvveti, motorun mil dönüş yönünün tersi yönde yönelmesine sebep olmaktadır. Bu durumda; motorun alt tablasını(15) yatay hizaya getirmek için sıkıştırma vidası gevşetilir(9) dengeleme kolu(10) yatay seviyeye gelinceye kadar dinamometre(17) yukarı doğru çekilir. Dengeleme kolu yatay olduğunda ise; dinamometre sıkıştırma vidasıyla sıkılarak dişli giriş kuvvetinin değeri okunur. Motor kontrol ünitesinde mil dönüş hızı, hız potansiyometresiyle 0-3000 dev/dak arasında ayarlanabilmektedir.

3.3. Fren Kontrol Ünitesi

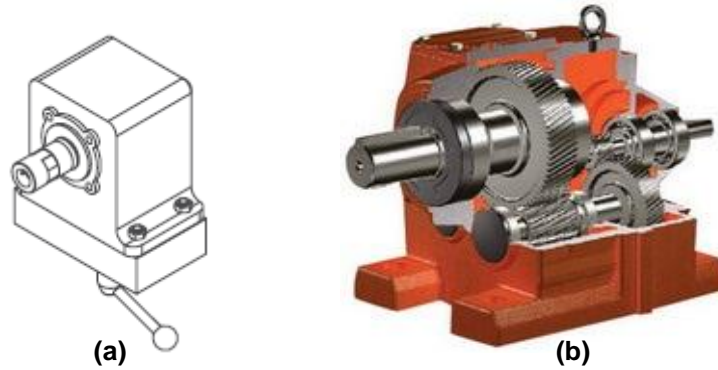
Şekil 7'deki fren kontrol ünitesi, açma/kapama şalteri(1), akım potansiyometresi(2) ve akım göstergesinden(3) oluşmaktadır. Fren kontrol ünitesinden akım değeri artırılıp azaltılarak dişli giriş(reaksiyon) ve çıkış(frenleme) momenti(torku) değiştirilebilmektedir. Akım, frenleme momentiyle(torkuyla) lineer bir değişim göstermekte olup akım değeri, akım potansiyometresiyle 0-300 mA arasında ayarlanabilmektedir.



Şekil 7. Fren kontrol ünitesi

3.4. Helisel Alın Dişli Kutusu

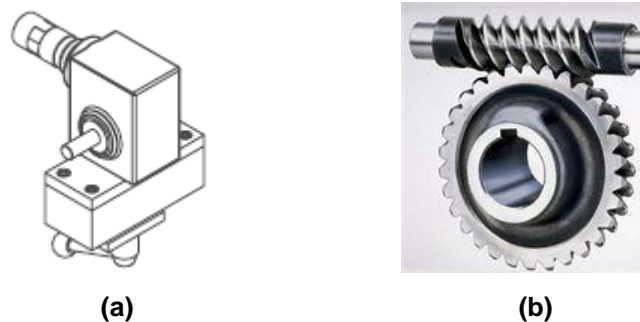
Helisel alın dişlilerden oluşan bir dişli kutusudur. Şekil 8'deki dişli kutusu, iki kademeli olup $i=13.5$ çevrim oranına sahiptir. Çıkış gücü 0.2 kW, nominal çıkış momenti(torku) 23.4 Nm'dir. Dişliler DIN 3990 standardına göre üretilmiştir.



Şekil 8. Helisel alın dişli kutusu (a)dıştan görünüş, (b)kesit görünüş

3.5. Sonsuz Vida Mekanizması

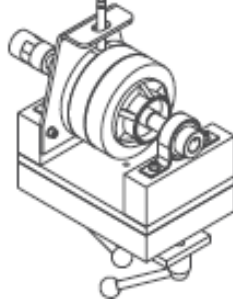
Dişli kutusu, tek kademeli bir sonsuz vida mekanizmasından oluşmaktadır. Şekil 9'daki dişli kutusunun dişli çevrim oranı(i) 15.0, maksimum çıkış momenti(torku) 10 Nm'dir. Sonsuz vida mekanizması, güç iletiminde mil ekseninin doğrultusunu 90° döndürmektedir. Sonsuz vida dişlisinin diş sayısı(z_1) 2, çarkın diş sayısı(z_2) 30'dur. Ayrıca, dişli kutularının yağlanması sentetik viskoz yağ kullanılmaktadır.



Şekil 9. Sonsuz vida mekanizması (a)dıştan görünüş, (b)kesit görünüş

3.6. Manyetik Fren ve Manyetik Kavrama

Şekil 10'daki manyetik fren, belirli bir mil dönüş hızı ve akım değerinde frenleme kuvvetinin ölçülüp frenleme momentinin hesaplandığı kısımdır. Akım, fren momentiyle(torkuyla) doğrusal bir değişim göstermektedir. Frenleme momenti, akım değiştirilerek ayarlanabilir ve hızdan bağımsızdır. Manyetik kavrama, iki bağımsız rotor bağlantısı içerir. Her iki bağlantıda da rulmanlı yataklar kullanılır. Deney cihazı, ayrıca hız kontrolü, tork(moment) ayarlanması, torkun(momentin) sınırlanması, test kıyaslamaları gibi uygulamalarda da kullanılabilir.



Şekil 10. Manyetik fren ve manyetik kavrama

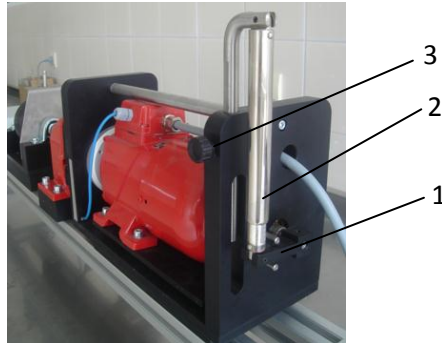
4. DENEYE HAZIRLIK

Deneye başlanmadan önce sırasıyla aşağıdaki işlemler yerine getirilmelidir:

- Motor tahrik ünitesiyle motor kontrol ünitesi ve fren kontrol ünitesiyle manyetik fren arasındaki bağlantı kablolarının takılı olup olmadığı kontrol edilir.
- Motor kontrol ünitesi ve fren kontrol ünitesi prize bağlanır.
- Motor kontrol ünitesinden mil dönüş yönü belirlenir.
- Motor kontrol ünitesi ve fren kontrol ünitesinin güç şalterleri açılarak üniteler çalıştırılır.

4.1. Motor Tahrik Ünitesindeki Reaksiyon(Giriş) Momentinin(Torkunun) Belirlenmesi

Deney düzeneği çalıştırılarak motor moment ürettiğinde aynı büyüklükte zıt yönde bir reaksiyon(giriş) momentine maruz kalmaktadır. Reaksiyon momenti, dengeleme koluna(1) bağlanan bir dinamometre(2) ve sıkıştırma vidası(3) yardımıyla belirlenmektedir.



Şekil 11. Deney düzeneğinde reaksiyon(giriş) momentinin belirlenmesi

Reaksiyon momentinin belirlenmesi işlemi aşağıda ifade edilmiştir:

- Deney düzeneği, Bölüm 4'de belirtildiği şekilde hazırlanır.
- Fren kontrol ünitesinde akım, akım potansiyometresiyle istenilen değere getirilir.
- Motor kontrol ünitesinde dönüş hızı, hız potansiyometresiyle istenilen değere getirilir.
- Mil dönme yönünün tersi yönde bir reaksiyon momenti oluşur.
- Reaksiyon momentini belirleyebilmek için, sıkıştırma vidası(3) gevşetilip dengeleme kolu(1) yatay hizaya gelinceye kadar dinamometre(2) yukarı doğru çekilir ve dinamometreden(2) reaksiyon(giriş) kuvvetinin değeri okunur(Şekil 11).
- Reaksiyon kuvveti, cetvel kolunun uzunluğuyla(l_1) çarpılarak reaksiyon momentini hesaplanır.
($M_1 = F_1 l_1$)

4.2. Frenleme Momentinin(Torkunun) Belirlenmesi

Manyetik fren(1) frenleme(çıkış) momentinin belirlenmesinde kullanılan en temel elemandır. Frenleme momenti, manyetik fren(1), fren kolu(2) ve portatif dinamometre(3) yardımıyla belirlenmektedir(Şekil 12).



Şekil 12. Deney düzeneğinde frenleme(çıkış) momentinin belirlenmesi

Reaksiyon momentinin belirlenmesi işlemi aşağıda ifade edilmiştir:

- Fren kontrol ünitesinde akım, akım potansiyometresiyle istenilen değere getirilir.
- Motor kontrol ünitesinde dönüş hızı, hız potansiyometresiyle istenilen değere getirilir.
- Mil dönme yönünün tersi yönde bir reaksiyon momenti oluşur.
- Reaksiyon momenti Bölüm 4.1'deki gibi belirlenir.
- Frenleme momentini belirleyebilmek için; fren koluna(2) portatif bir dinamometre(3) yerleştirilerek dinamometre Şekil 12'deki gibi cetvel koluna dik doğrultuda çekilir ve frenleme kuvveti değeri okunur.
- Frenleme kuvveti, fren kolunun uzunluğuyla(l_2) çarpılarak frenleme momenti hesaplanır. ($M_2=F_2l_2$)
- Frenleme akımı sabit tutulup dönüş hızı, hız potansiyometresiyle değiştirilerek ve aynı işlemler tekrarlanarak reaksiyon ve frenleme momentinin dönüş hızıyla olan değişimi belirlenir.
- Dönüş hızı sabit tutulup akım potansiyometresiyle frenleme akımı değiştirilerek ve aynı işlemler tekrarlanarak reaksiyon ve frenleme momentinin frenleme akımıyla olan değişimi belirlenir.

5. DENEYİN YAPILIŞI

Dişli verimliliği deneyinde, deney düzeneğinin genel görünüşü Şekil 13 'de verilmiştir.



Şekil 13. Deney düzeneğinin genel görünümü

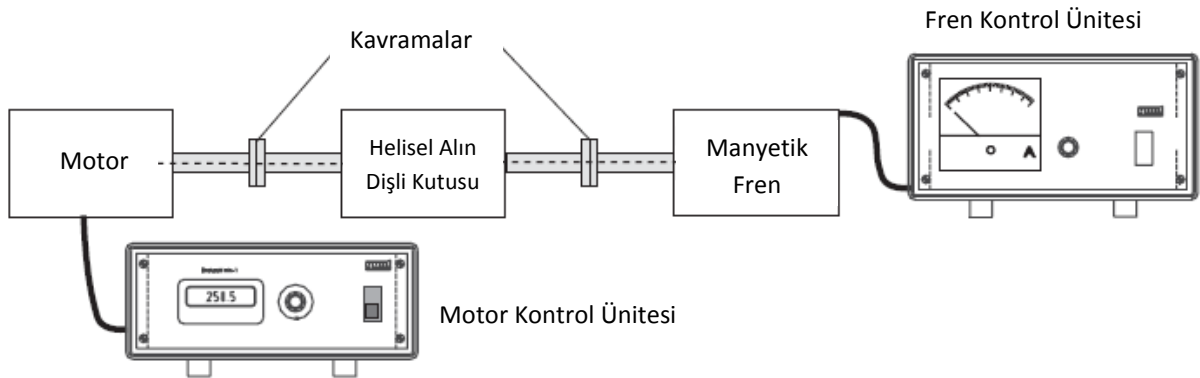
Deney yapılışı sırasında izlenecek yol aşağıda sırasıyla anlatılmıştır:

- Motor kontrol ünitesindeki(1) hız potansiyometresiyle(2) milin dönüş hızı ayarlanır.
- Fren kontrol ünitesindeki(3) akım potansiyometresiyle(4) frenleme akımı ayarlanır.
- Motor ünitesindeki(5) sıkıştırma vidası(7) gevşetilerek dengeleme kolu(8) yatay olana dek dinamometre(6) yukarı doğru çekilir.
- Dengeleme kolu yatay olduğunda sıkıştırma vidasıyla dinamometre tekrar sabitlenir.
- Dinamometreden reaksiyon kuvvetinin değeri okunur.
- Reaksiyon(giriş) kuvveti, cetvel kolunun uzunluğuyla(l_1) çarpılarak reaksiyon momenti hesaplanır. ($M_1=F_1l_1$)
- Portatif bir dinamometre(9) fren koluna(10) yerleştirilip dinamometreyle fren kolu çekilir.
- Portatif dinamometreden frenleme(çıkış) kuvvetinin değeri okunur.
- Frenleme kuvveti, fren kolunun uzunluğuyla(l_2) çarpılarak frenleme momenti hesaplanır. ($M_2=F_2l_2$)
- Frenleme akımı sabit tutulup hız potansiyometresiyle dönüş hızı değiştirilerek reaksiyon kuvveti ve frenleme kuvveti değerleri aynı şekilde okunur. Reaksiyon ve frenleme momentleri hesaplanarak farklı dönüş hızları için dönüş hızı-moment değişimleri belirlenir.
- Dönüş hızı sabit tutulup akım potansiyometresiyle frenleme akımı değiştirilerek reaksiyon kuvveti ve frenleme kuvveti aynı şekilde okunur. Reaksiyon ve frenleme momentleri hesaplanarak farklı frenleme akımları için frenleme akımı-moment değişimleri belirlenir.
- Moment değerlerinden dişli kutusu giriş ve çıkış güçleri hesaplanarak dişli kutusu verimi belirlenir.
- Diğer dişli kutusu yerleştirilerek aynı işlemler tekrarlanır.
- Hız göstergesi ve akım göstergesi sıfırlanıp güç şalterleri kapatılarak deney sonlandırılır.

6. DİŞLİ VERİMİ HESABI

6.1. Helisel Alın Dişli Sisteminde Verim Hesabı

Deney için oluşturulan modelde(Şekil 14), görüldüğü gibi, dişli ünitesine iki kademeli helisel alın dişli sistemi yerleştirilerek dişli verimi hesabı yapılmıştır.



Şekil 14. Helisel alın dişli ünitesi konfigürasyonu

Helisel alın dişli ünitesi verim hesabında ölçülen aşağıdaki değerler kullanılmıştır:

- Mil dönüş hızı(n_1): 1000 dev/dak
- Reaksiyon kuvveti(F_1): 8.1 N
- Dengeleme kolu uzunluğu(l_1): 0.05 m
- Akım(I): 0.2 A
- Frenleme kuvveti(F_2): 44 N
- Frenleme kolu uzunluğu(l_2): 0.1 m

Reaksiyon(giriş) momenti:

$$M_1 = F_1 l_1 = 8.1 \times 0.05 = 0.405 \text{ Nm}$$

Giriş gücü:

$$\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2\pi \times 1000}{60} = 104.72 \text{ rad/s}$$

$$P_1 = M_1 \omega_1 = 0.405 \times 104.72 = 42.41 \text{ W}$$

Çıkış hızı:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{1000}{13.5} = 74.1 \text{ dev/dak}$$

Frenleme(çıkış) momenti:

$$M_2 = F_2 l_2 = 44 \times 0.1 = 4.4 \text{ Nm}$$

Çıkış gücü:

$$\omega_2 = \frac{2\pi n_2}{60} = \frac{2\pi \times 74.1}{60} = 7.76 \text{ rad/s}$$

$$P_2 = M_2 \omega_2 = 4.4 \times 7.76 = 34.14 \text{ W}$$

İki kademeli helisel alın dişli ünitesinin verimi:

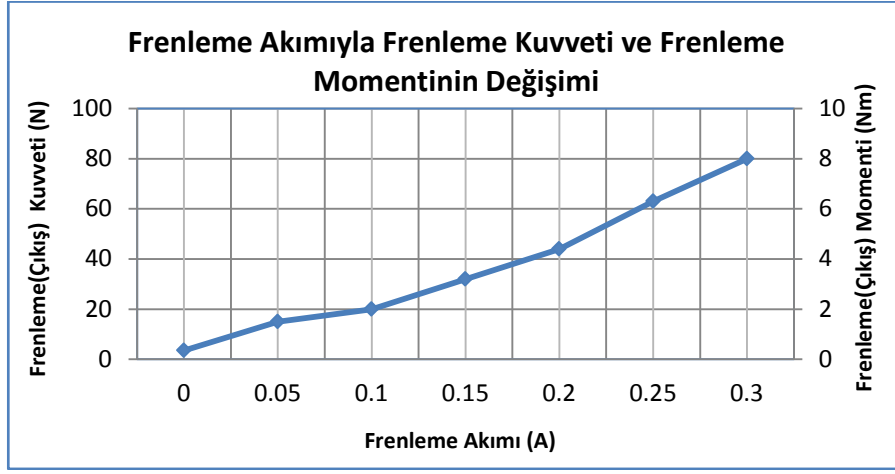
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{34.14}{42.41} = 0.81 \text{ (%81)}$$

Böylece iki kademeli helisel alın dişlilerden oluşan dişli kutusu için verim 0.81 (%81) olarak bulunmuştur.

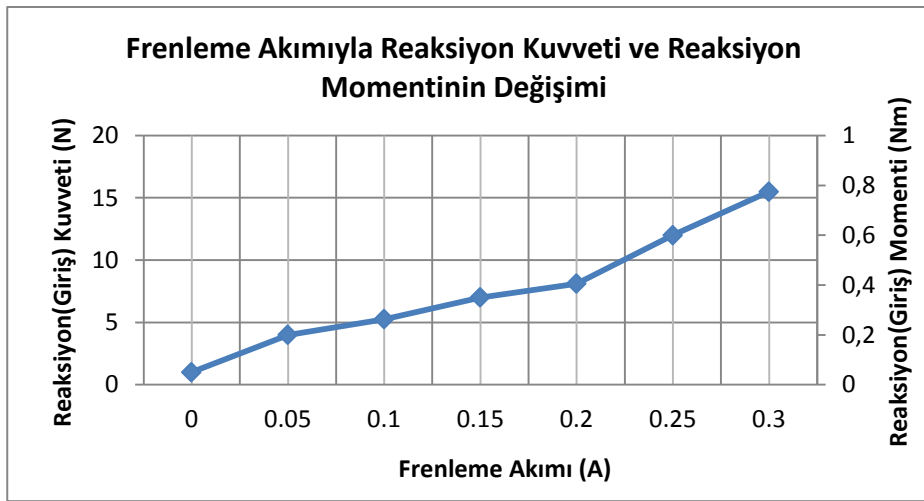
Helisel alın dişli sistemlerinde frenleme akımının dişli verimine olan etkisini belirlemek amacıyla Tablo 1 oluşturulmuştur. Milin dönüş hızı $n=1000$ dev/dak olarak alınıp frenleme akımı değiştirilerek reaksiyon(giriş) ve frenleme(çıkış) kuvveti değerleri dinamometreden okunmuştur. Reaksiyon kuvveti dengeleme kolu uzunluğuyla ($l_1 = 0,05 \text{ m}$); frenleme kuvveti de frenleme kolu uzunluğuyla ($l_2 = 0,1 \text{ m}$) çarpılarak reaksiyon(giriş) ve frenleme(çıkış) momenti değerleri elde edilmiştir. Helisel alın dişli sistemi için, belli bir mil dönüş hızında her bir frenleme akımına karşılık dişli verimi hesaplanarak Tablo 1'e yerleştirilmiştir.

Tablo 1. Helisel alın dişli sisteminde frenleme akımındaki değişimin dişli verimi üzerine olan etkisi

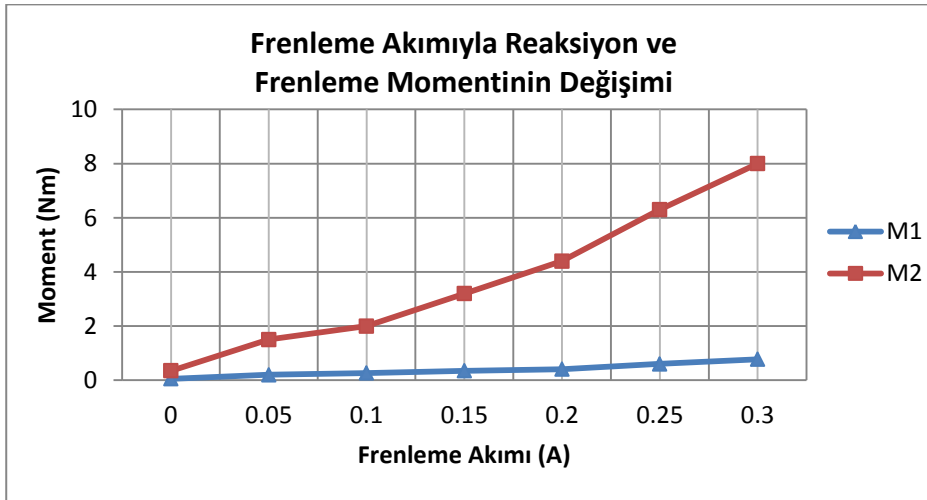
Mil Dönüş Hızı(n): 1000 dev/dak					
Akım I(A)	Reaksiyon Kuvveti F_1 (N)	Frenleme Kuvveti F_2 (N)	Reaksiyon Momenti M_1 (Nm)	Frenleme Momenti M_2 (Nm)	Verim (η)
0	1	3,5	0,05	0,35	0,52
0.05	4	15	0,2	1,5	0,56
0.1	5,25	20	0,2625	2,0	0,57
0.15	7	32	0,35	3,2	0,68
0.2	8,1	44	0,405	4,4	0,81
0.25	12	63	0,6	6,3	0,78
0.3	15,5	80	0,775	8,0	0,77



Şekil 15. Helisel alın dişli sisteminde frenleme akımıyla frenleme kuvveti ve frenleme momentinin değişimi(n=1000 dev/dak)

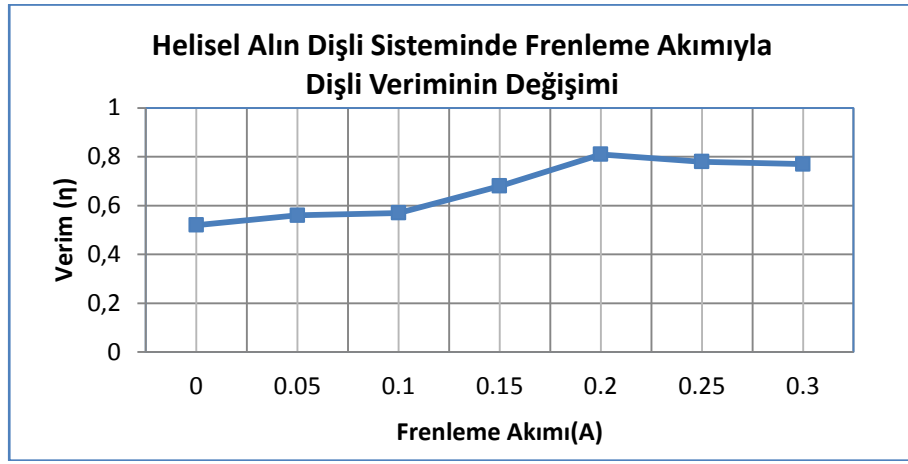


Şekil 16. Helisel alın dişli sisteminde frenleme akımıyla reaksiyon kuvveti ve reaksiyon momentinin değişimi(n=1000 dev/dak)



Şekil 17. Helisel alın dişli sisteminde frenleme akımıyla reaksiyon momentini(M_1) ve frenleme momentini(M_2) değişimi(n=1000 dev/dak)

Şekil 15 ve 16'da frenleme akımına bağlı olarak helisel alın dişli sistemi girişinde-çıkışında oluşan kuvvet ve momentler analiz edilmiştir. Bu grafiklerde, reaksiyon ve frenleme momentini değerlerinin frenleme akımıyla arttığı belirlenmiştir. Şekil 17'de ise dişli ünitesi girişindeki reaksiyon momentini ve dişli ünitesi çıkışındaki frenleme momentini karşılaştırılmıştır. Bu şekilde, frenleme momentini reaksiyon momentinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



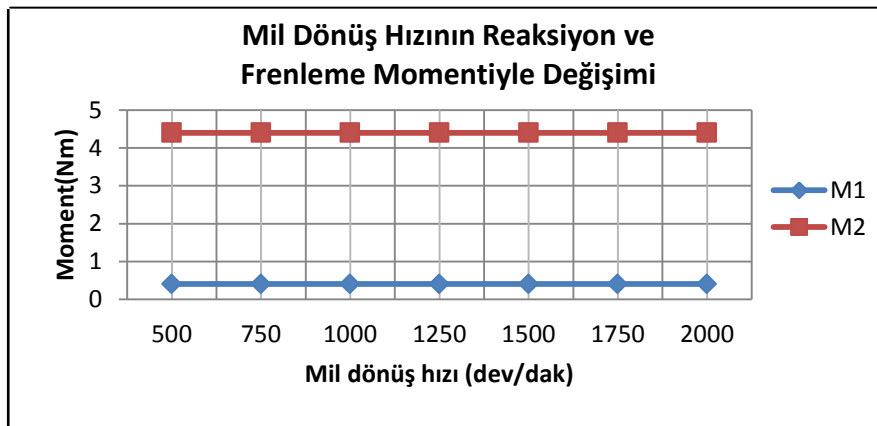
Şekil 18. Helisel dişli sisteminde frenleme akımının dişli verimi üzerine etkisi

Şekil 18'de helisel dişli sisteminde frenleme akımının dişli verimi üzerine olan etkisi analiz edilmiştir. Belirli bir frenleme akımına ($I=0,2$ A) kadar dişli verimin arttığı bu değerden sonra çok az azaldığı tespit edilmiştir.

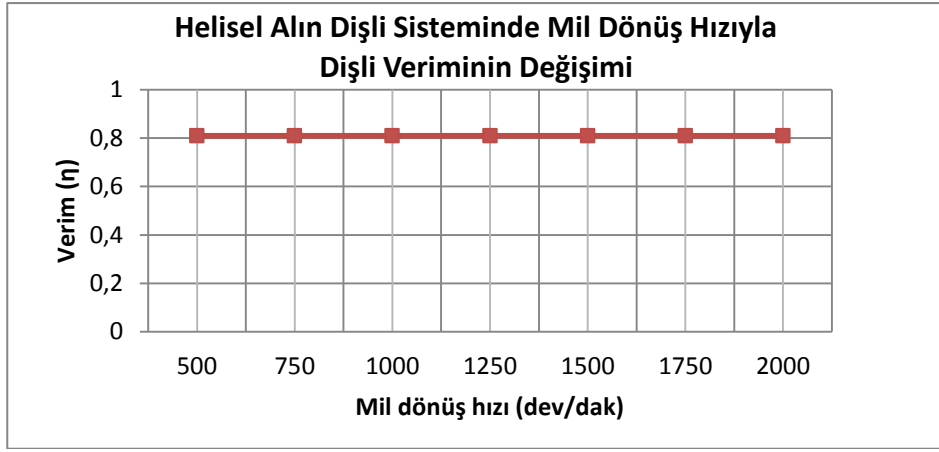
Tablo 2'de helisel alın dişli sisteminde mil dönüş hızının dişli verimi üzerine olan etkisi belirlenmiştir. Şekil 19'da reaksiyon(giriş) ve frenleme(çıkış) momentinin mil dönüş hızıyla değişmediği tespit edilmiştir. Belli bir frenleme akımında her bir mil dönüş hızına karşılık dişli verimi hesaplanarak dişli veriminin mil dönüş hızıyla değişmediği Şekil 20'deki gibi gösterilmiştir.

Tablo 2. Helisel alın dişli sisteminde frenleme akımının dişli verimi üzerine olan etkisi

Frenleme Akımı(I): 0,2 A					
Mil dönüş hızı n(dev/dak)	Reaksiyon Kuvveti $F_1(N)$	Frenleme Kuvveti $F_2(N)$	Reaksiyon Momenti $M_1(Nm)$	Frenleme Momenti $M_2(Nm)$	Verim (η)
500	8,1	44	0,405	4,4	0,81
750	8,1	44	0,405	4,4	0,81
1000	8,1	44	0,405	4,4	0,81
1250	8,1	44	0,405	4,4	0,81
1500	8,1	44	0,405	4,4	0,81
1750	8,1	44	0,405	4,4	0,81
2000	8,1	44	0,405	4,4	0,81



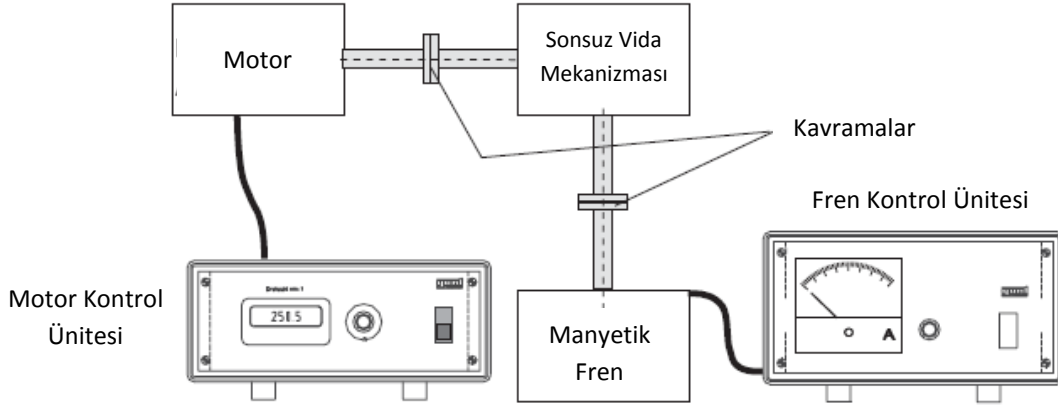
Şekil 19. Helisel alın dişli sisteminde mil dönüş hızıyla reaksiyon(M_1) ve frenleme(M_2) momentinin değişimi ($I=0,2$ A)



Şekil 20. Helisel alın dişli sisteminde mil dönüş hızının dişli verimi üzerine olan etkisi (I= 0,2 A)

6.2. Sonsuz Vida Mekanizmasında Verim Hesabı

Deney için oluşturulan modelde(Şekil 21), görüldüğü gibi dişli ünitesine tek kademeli sonsuz vida mekanizması yerleştirilerek dişli verimi hesabı yapılmıştır.



Şekil 21. Sonsuz vida mekanizması konfigürasyonu

Sonsuz vida mekanizması verim hesabında ölçülen aşağıdaki değerler kullanılmıştır:

- Mil dönüş hızı(n_1): 1000 dev/dak
- Reaksiyon(giriş) kuvveti(F_1): 9.5 N
- Dengeleme kolu uzunluğu(l_1): 0.05 m
- Frenleme akımı(I): 0.2 A
- Fren kuvveti(F_2): 50 N
- Fren kol uzunluğu(l_2): 0.1 m

Reaksiyon(giriş) momenti:

$$M_1 = F_1 l_1 = 9.5 \times 0.05 = 0.475 \text{ Nm}$$

Giriş gücü:

$$\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60} = \frac{2\pi \times 1000}{60} = 104.72 \text{ rad/s}$$

$$P_1 = M_1 \omega_1 = 0.475 \times 104.72 = 49.74 \text{ W}$$

Çıkış hızı:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \rightarrow n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{1000}{15} = 66.67 \text{ dev/dak}$$

Frenleme(çıkış) momenti:

$$M_2 = F_2 l_2 = 50 \times 0.1 = 5 \text{ Nm}$$

Çıkış gücü:

$$\omega_2 = \frac{2\pi n_2}{60} = \frac{2\pi \times 66.67}{60} = 6.98 \text{ rad/s}$$

$$P_2 = M_2 \omega_2 = 5 \times 6.98 = 34.9 \text{ W}$$

Sonsuz vida mekanizmasının verimi:

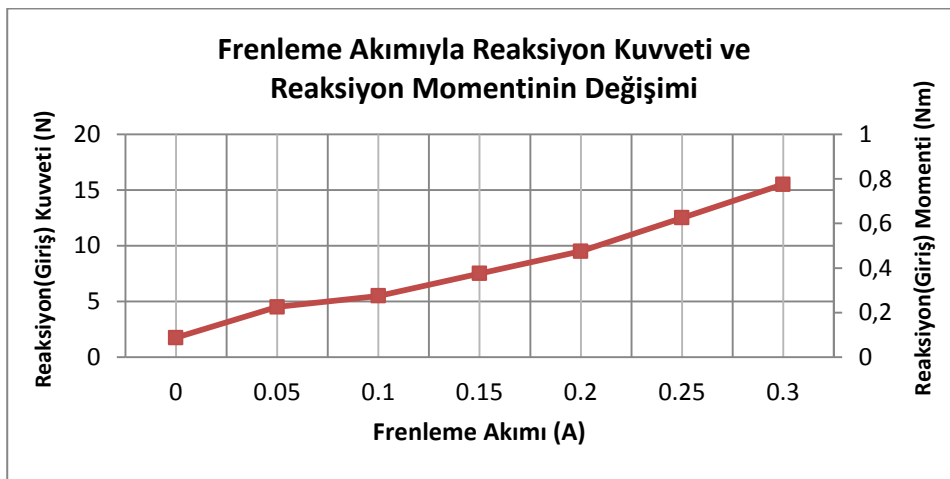
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{34.9}{49.74} = 0.70 \text{ (%70)}$$

Böylece tek kademeli sonsuz vida mekanizmasından oluşan dişli kutusu için verim 0.70 (%70) olarak bulunmuştur. Sonsuz vida mekanizmasının veriminin helisel alın dişli sistemine kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir.

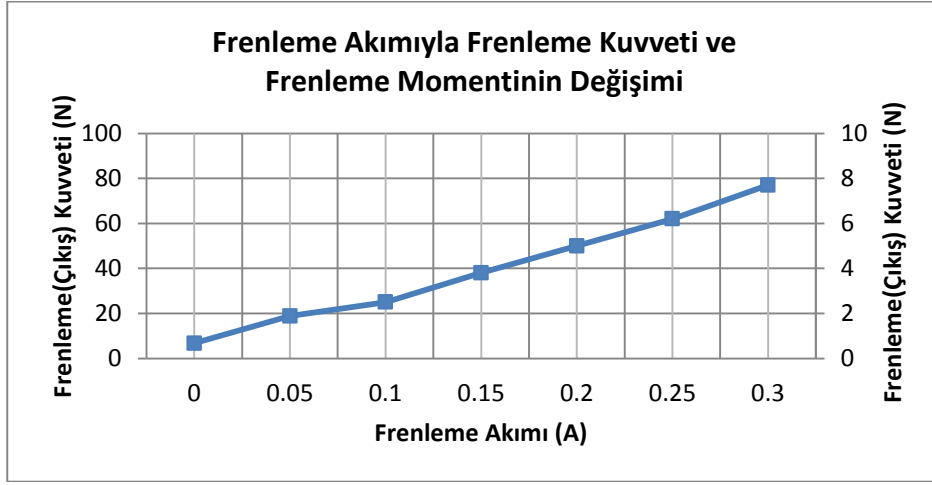
Sonsuz vida mekanizmasında frenleme akımındaki değişimin dişli verimi üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla Tablo 3 oluşturulmuştur. Belirli bir frenleme akımında milin belli bir dönüş hızında(n=1000 dev/dak) dönmesiyle reaksiyon(giriş) ve frenleme(çıkış) kuvvetleri bir dinamometre yardımıyla ölçülmüş ve kuvvet değerleri Tablo 3'e yerleştirilmiştir. Reaksiyon momenti, reaksiyon kuvvetinin(F_1) dengeleme kolu uzunluğuyla($l_1 = 0,05 \text{ m}$) çarpılması; frenleme momenti, frenleme kuvvetinin(F_2) frenleme kolu uzunluğuyla($l_2 = 0,1 \text{ m}$) çarpılması sonucunda elde edilmiştir. Sonsuz vida mekanizması için, belli bir mil dönüş hızında her bir frenleme akımına karşılık dişli verimi hesaplanarak Tablo 3'e yerleştirilmiştir.

Tablo 3. Sonsuz vida mekanizması için frenleme akımındaki değişimin dişli verimi üzerine olan etkisi

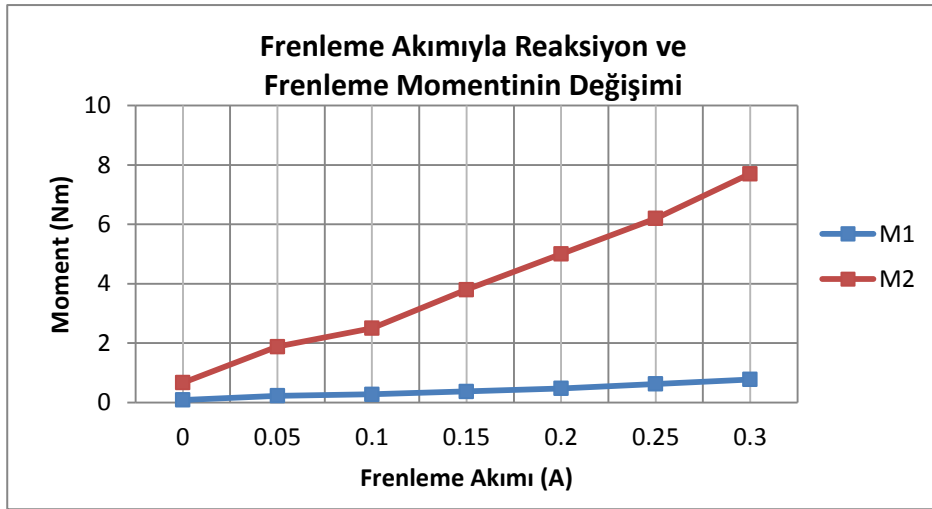
Mil Dönüş Hızı(n): 1000 dev/dak					
Akım I(A)	Reaksiyon Kuvveti F_1 (N)	Frenleme Kuvveti F_2 (N)	Reaksiyon Momenti M_1 (Nm)	Frenleme Momenti M_2 (Nm)	Verim (η)
0	1,75	6,7	0,0875	0,67	0,51
0.05	4,50	18,8	0,225	0,188	0,56
0.1	5,5	25	0,275	2,5	0,61
0.15	7,5	38	0,375	3,8	0,67
0.2	9,5	50	0,475	5,0	0,71
0.25	12,5	62	0,625	6,2	0,66
0.3	15,5	77	0,775	7,7	0,66



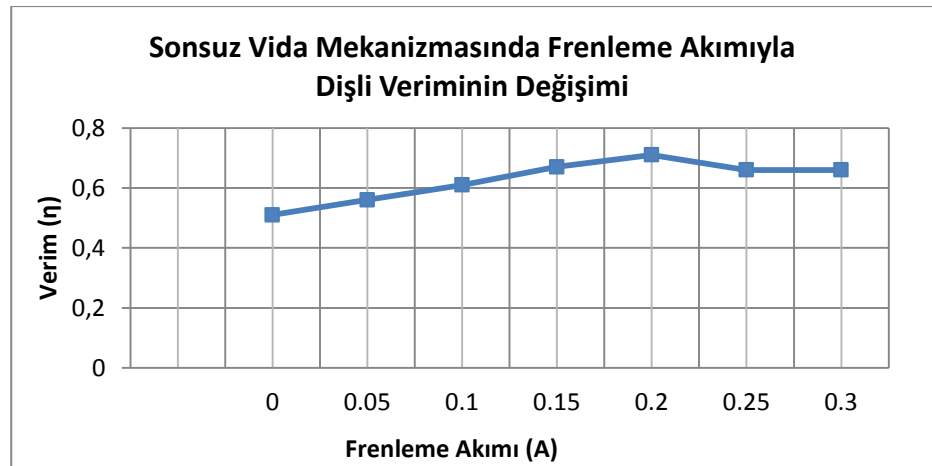
Şekil 22. Sonsuz vida mekanizmasında frenleme akımının reaksiyon kuvveti ve momentiyle değişimi



Şekil 23. Sonsuz vida mekanizmasında frenleme akımının frenleme kuvveti ve momentiyle değişimi



Şekil 24. Sonsuz vida mekanizmasında frenleme akımıyla reaksiyon momenti(M_1) ve frenleme momentinin(M_2) değişimi



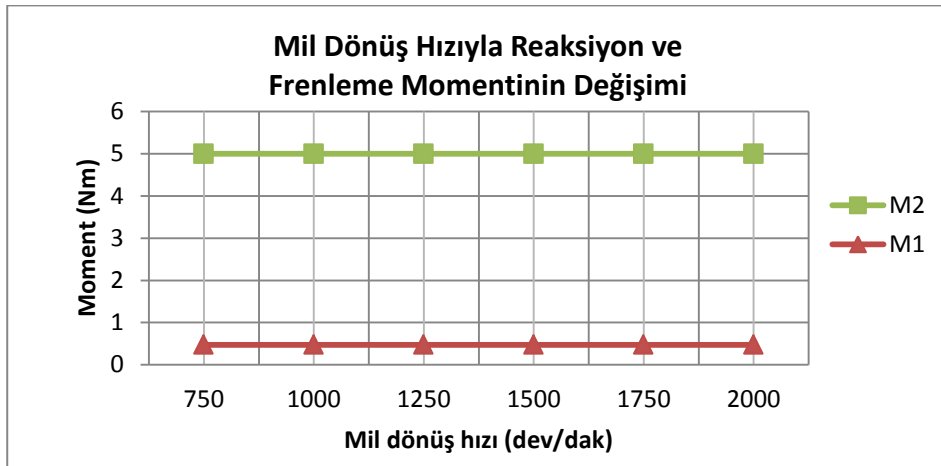
Şekil 25. Sonsuz vida mekanizmasında frenleme akımının dişli verimi üzerine olan etkisi

Şekil 22 ve 23'de, reaksiyon ve frenleme momentinin frenleme akımıyla arttığı belirlenmiştir. Şekil 24'de ise; dişli ünitesi girişindeki reaksiyon momenti ve çıkışındaki frenleme momenti karşılaştırılmıştır. Bu şekilde, frenleme momentinin reaksiyon momentinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Şekil 25'de ise; sonsuz vida mekanizması dişli veriminin belli bir frenleme akımına($I=0,2$ A) kadar arttığı ve bu değerden sonra çok az azaldığı analiz edilmiştir.

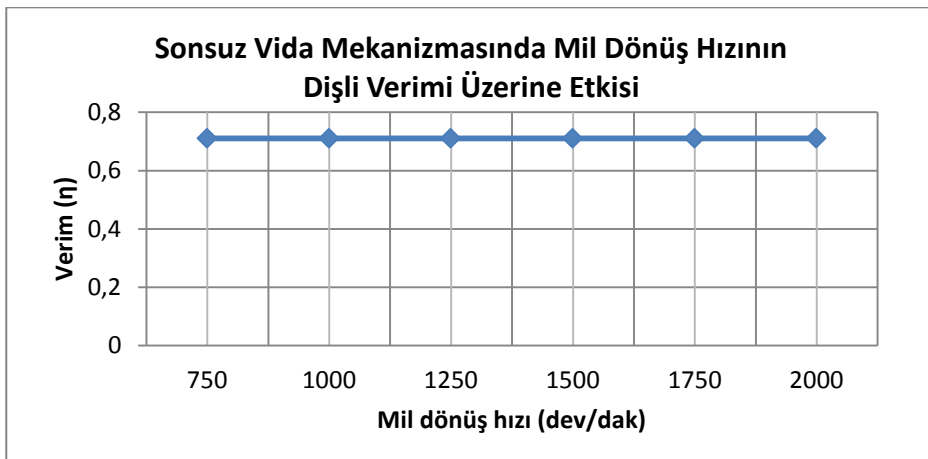
Sonsuz vida mekanizmasında mil dönüş hızının dişli verimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla Tablo 4 oluşturulmuştur. Şekil 26'da; reaksiyon(giriş) ve frenleme(çıkış) momentinin mil dönüş hızıyla değişmediği tespit edilmiştir. Sonsuz vida mekanizması için belli bir frenleme akımında, mil dönüş hızındaki artışın dişli verimini etkilemediği Şekil 27'deki gibi gösterilmiştir.

Tablo 4. Sonsuz vida mekanizması için mil dönüş hızındaki değişimin dişli verimi üzerine olan etkisi

Frenleme Akımı(I): 0,2 A					
Mil dönüş hızı n(dev/dak)	Reaksiyon Kuvveti $F_1(N)$	Frenleme kuvveti $F_2(N)$	Reaksiyon Momenti $M_1(Nm)$	Frenleme Momenti $M_2(Nm)$	Verim (η)
500	9,5	50	0,475	5,0	0,71
750	9,5	50	0,475	5,0	0,71
1000	9,5	50	0,475	5,0	0,71
1250	9,5	50	0,475	5,0	0,71
1500	9,5	50	0,475	5,0	0,71
1750	9,5	50	0,475	5,0	0,71
2000	9,5	50	0,475	5,0	0,71



Şekil 26. Sonsuz vida mekanizmasında mil dönüş hızıyla reaksiyon momentini(M_1) ve frenleme momentinin(M_2) değişimi



Şekil 27. Sonsuz vida mekanizmasında mil dönüş hızının dişli verimi üzerine etkisi

8. İSTENENLER

- Belirlenen bir mil dönüş hızı ve frenleme akımı değerlerinde helisel alın dişli sistemi ve sonsuz vida mekanizmasının verimini hesaplayınız. Dişli ünitesindeki verimleri karşılaştırarak irdeleyiniz.
- Helisel alın dişli sisteminde ve sonsuz vida mekanizmasında frenleme akımıyla dişli giriş-çıkış kuvvet ve momentlerinin değişimini Şekil 15, 16, 17, 22, 23, 24' deki gibi grafiklerini çizerek irdeleyiniz.
- Helisel alın dişli sisteminde ve sonsuz vida mekanizmasında mil dönüş hızıyla dişli giriş-çıkış momentlerinin değişimini Şekil 19, 26 'daki gibi grafiklerini çizerek irdeleyiniz.
- Tablo 1 ve Tablo 3'ü oluşturup helisel alın dişli sistemi ve sonsuz vida mekanizması için frenleme akımının dişli verimi üzerine olan etkisini Şekil 18 ve 25'deki gibi grafiklerini çizerek irdeleyiniz.
- Tablo 2 ve Tablo 4'ü oluşturup helisel alın dişli sistemi ve sonsuz vida mekanizması için frenleme akımının dişli verimi üzerine olan etkisini Şekil 20 ve 27'deki gibi grafiklerini çizerek irdeleyiniz.

9. KAYNAKLAR

- [1] Koç, Erdem, Makina Elemanları Çözümlü Problemler, Nobel Yayınevi, 2. Baskı, Adana, Ağustos 2007
- [2] G.U.N.T. AT 200 Apparatus for Determination of Gear Efficiency, 2010