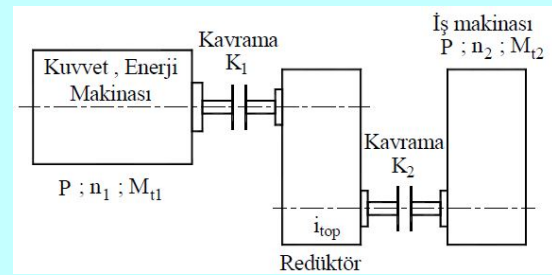
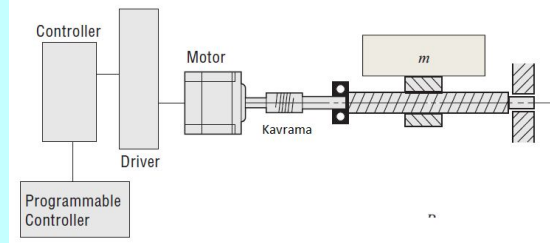


Elektrik Makinelerinin Kontrolü

- Makineler, kuvvet makineleri ve iş makineleri olmak üzere iki sınıfa ayrılır.
- İş makineleri aldıkları mekanik enerji ile istenen işleri yaparlar. Pompalar, tekstil makineleri, kağıt makineleri, kaldırma makineleri, takım tezgahları, ziraat makineleri, taşıtlar vb. bu tür makinelerdir.
- Kuvvet makineleri elektrik, su, ısı enerjisini mekanik enerjiye dönüştürüp, iş makinelerine verirler. Başlıcaları elektrik motorları, su kuvvet makineleri (su türbinleri) ve ısı kuvvet makineleridir (buhar türbinleri, içten patlamalı motorlar).



Hareket Kontrol Sistemleri

Temel Hesaplamalar:

- Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri
- Hareket Kontrol Sistemlerinde Mekanik Hesaplamalar
- Sürme Yöntemleri
- Hız Profilleri
- Elektrik Motorları
- Fırçasız Servo Motorlar
- Kapalı Çevrim Kontrol Yöntemleri
- Geri Besleme Elemanları
- Hız kontrol Ünitesi
- Hareket Kontrolü

- **Hareket kontrol sistemleri şu bileşenlerden oluşur;**
- • Mekanik aksamlar ve aktarma elemanları
- • Elektrik motorları
- • Güç kaynağı
- • Koruma ve kumanda elemanları
- • Hız kontrol üniteleri

- **1.2. Hareket Kontrol Sistemlerinin Mekanik Bileşenleri:**
- Hareket kontrol sisteminin ana bileşenlerinden birisi **mekanik dönüştürücülerdir**. Mekanik dönüştürücülerin görevleri; gücün parametreleri olan devir sayısı ve momentin değişimini sağlamak, hareket ekseninin yönünün değişimini sağlamak, dairesel hareketi doğrusal harekete dönüştürmek, doğrusal hareketi dairesel harekete dönüştürmek ve hareketi iletmek olarak sıralanabilir.

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

• 1.2.1. Vidalı Mil

- Kalıp işleyen tezgahlarda gördüğümüz mekanik gelişmelerin en önemlisi bilyeli-vidalı mildir. Bilyeli-vidalı mil, uzun bir çubuğun üzerine açılmış eşit adımlı vida oyuğu, bu oyukta çalışan küresel bilyeler ve bilyeleri içinde hapseden bir somundan oluşur. Bu somun, vida boşluğunu mümkün olabildiğince sıfıra yaklaştıran bir yapıya sahiptir.



Şekil 1 Vidalı mil

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

- Vidalı mil iki ucundan yataklanarak bir ucundan elektrik motoru ile döndürülür. Motorun arkasında dairesel enkoder ve manyetik fren bulunur. Bilyeler, vida dış çapındaki oyuklar ile somun iç çapındaki oyuklar arasında kapalı bir kanal içerisinde dolaşırlar. (Şekil 1 ve 2). Böylece sürtünme kayıpları önemli ölçüde azaltılmış olur.



Şekil 2

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

- Örneğin üniversal tornalarda diş çekmede kullanılan ana milde karşılaşılan kayma sürtünmesi bilyeli-vidalı milde yuvarlanma sürtünmesine dönüşmüş ve yuvarlanma sürtünme katsayısı, kayma sürtünme katsayısına göre çok küçük olduğundan vida ve somun aşınması azaltılmıştır. Böylelikle elemanların ömrü ve hassasiyeti artmıştır.

- Takım tezgahlarında bilyeli-vidalı mil dişlerinde oluşabilecek boşluk hataları, hatvelerin çok hassas ölçümü ve elde edilen sonuçların tezgah bilgisayar hafızasına gönderilmesi suretiyle telafi edilir ve 1 mikron seviyesinde hassas kızak ilerleme hareketleri elde edilir. Bu hassasiyete kremayer dişli veya başka yollarla erişilmesi mümkün değildir.



Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

- Vidalı mil sistemi kremayer dişli (Rack and Pinion) sistemine göre daha yavaş olmasına karşın dairesel hareketi lineer harekete çevirdiği için daha hassastır. Bu nedenle bu elemanlar hassas işlemlerde daha çok tercih edilirler. Hassasiyetler; vidalı mil hareketlerinde 1/100, kremayer dişli sistemlerinde ise 1/10 oranlarındadır.
- Ayrıca vidalı mil sistemi yüksek dönüştürme oranına sahiptir. Dönüştürme oranı pozisyonundan bağımsızdır. Bu sistemler büyük kütleli yüklerin tahrik edilmesinde tercih edilir. Motor miline oldukça düşük atalet yansıtır.

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

• 1.2.2. Kayış – Kasknak

- Kayış kasknak mekanizmaları güç ve enerji iletim mekanizmalarından biridir. Kayış kasknak mekanizmasında hareket, döndüren ve döndürülen kasknaklara sarılan (Şekil 3) ve oldukça esnek olan bir kayışın yardımıyla sağlanır. Hareketin iletilmesinde kayış ile kasknak arasındaki sürtünme önemli bir rol oynar. Bu mekanizmalar, kolayca moment dönüşümü sağlayabildikleri gibi, aralarındaki açıklığı büyük olan veya aynı ortamda olmayan kuvvet ve iş makineleri arasında irtibat sağlamak için de kullanılırlar.



Şekil 3: Kayış - kasknak

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

Mekanizmanın başlıca üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir:

- Basit olmaları nedeniyle, diğer mekanizmalara göre oldukça ucuz bir konstrüksiyon oluşturur.
- Birbirlerinden uzakta bulunan iki mil arasında güç ve hareket iletilebilir.
- Kayış elastik bir malzemeden yapılmış olduğundan, darbeleri karşılama ve sönümleme kabiliyeti büyüktür.
- Ani yük büyümelerini iletmez, bu nedenle bir emniyet elemanı olarak çalışır.

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

Buna karşılık başlıca sakıncaları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Kayış ile kasnak arasındaki kısmi kaymalardan dolayı tam ve sabit bir çevrim oranı sağlanamaz.
- Hareket iletimi için kayışın kasnak üzerine bastırılması gerekir, yani bir basma kuvvetine ihtiyaç gösterir. Bu basma kuvvetinin etkisi altında miller ve yataklar, dişli çark ve zincir mekanizmalarındakine göre daha büyük zorlamalara maruz kalırlar.
- Kayışta zamanla bir gevşeme meydana geldiğinden, mekanizmanın bir gerdirme tertibatı ile donatılması gerekir.

- # Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

Zincir mekanizmalarının üstünlükleri şu şekilde özetlenebilir;

- Oldukça uzak mesafelere (8 m'ye kadar) güç ve hareket iletilebilmektedir.
- Hareket şekil bağı ile aktarıldığından, istenilen çevrim oranı tam olarak sağlanır.
- Bir milden, aynı anda birkaç mile hareket iletilebilir.
- Çeşitli ortamlarda (sıcaklık, pislik, toz, rutubet) iyi bir çalışma kabiliyeti gösterir.
- Oldukça iyi bir verime (%96 - %98) sahiptir.

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

Sakıncaları ise şu şekilde sıralanabilir;

- Oldukça ağır ve pahalı bir konstrüksiyon oluşturmaktadır.
- İletilen hızın sabit olmaması, kütleli kuvvet, darbe ve titreşimlerin oluşturarak sistemin gürültülü çalışmasına neden olur.
- Dikkatli bir montaj ve bakım (iyi bir yağlama) gerektirir.

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

• 1.2.4. Dişli Mekanizmaları

Hareket iletim elemanlarından olan dişliler bir milden diğer bir mile hareket ve güç iletirken, devir sayısı ve momenti değiştirmede kullanılırlar. Üzerlerinde, kendilerine özel girinti ve çıkıntıları olan, çark biçimindeki makine elemanlarıdır.

• 1.2.4.1. Düz Dişliler

- Silindir şeklinde ve dişleri eksenine paralel olan dişli çarklardır. Dıştan birbirini çeviren düz dişliler için dönme yönleri birbirine terstir. İçten dişli çark için ise dönme yönleri aynıdır.
- Birbirini çeviren düz dişlilerin milleri birbirine paraleldir. Bu tip dişliler orta derecede hız ve kuvvet iletilen yerlerde kullanılır.
- Küçük dişliye pinyon, büyük dişliye ise çark denir.

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri



Şekil 6 Düz dişli

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

• 1.2.4.2. Helis Dişliler

- Şekil olarak silindirik ve dişleri ise eksene göre dönük olan dişlilerdir. **Düz dişlilere göre dişlerin birbirini kavraması daha fazladır.** Helis dişli çarklar, millerin üç konumunda da kullanılabilirler. Bunlar, birbirine paralel, birbirine dik ancak uzantıları kesilmeyen ve aralarında geliş güzel bir açı olan miller olarak sıralanabilir



Şekil 7 Helis dişli

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

• 1.2.4.3. Konik Dişliler

- Uzantıları birbirini kesen miller için kullanılır. Dişlerin bulunduğu kısım kesik koni şeklindedir. Diş doğrultusu düz veya eğik olabilir. Dişlerin doğrultusu eğik olan konik dişlilere helis konik dişli denir.
- Helis konik dişlilerin büyüklerine ayna, küçüklerine ise mahruti adı verilir.



Şekil 8 Konik dişli

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

• 1.2.4.4. Sonsuz Vida ve Dişli Çarklar

- Sonsuz vida ve dişli çark, eksenleri birbirine dik olan millerde kullanılır. İletim oranı 1/40, 1/60 gibi çok düşük değerlerde olabilir.
- Sonsuz vida ve karşılık dişlisi genellikle vinç, asansör, ceraskal vb. işlerde kullanılır.



Şekil 9: Sonsuz vida ve dişli çark

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

- Kremayer dişli:
- Dairesel hareketin doğrusal hareket çevrilmesi amacıyla kullanılır. Kremayer dişli, düz bir yüzeye açılan dişler sayesinde, dönebilen pinyon dişlinin hareketini tek yönde ilerlemeye çevirir.
- Sessiz ve yağlama gereksinimi gerekmeyen, ağır yük olmayan çalışma ortamları için plastik kremayer dişli kullanılabilir.



Şekil 10 Kremayer dişlisi

Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

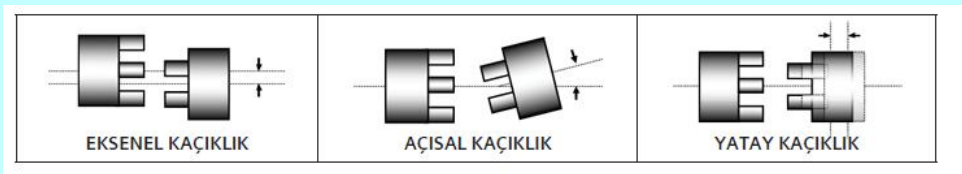
1.2.5. Kaplinler

Kaplin, bir güç kaynağında üretilen dönme hareketini ve dolayısıyla momenti bir başka sisteme (makine, pompa, redüktör, konveyör vb) aktarma elemanıdır. Bu görevi yapan bir kaplin aynı zamanda,

- Güç kaybına veya balanssızlık sebebiyle arızaya sebep olmamalı,
- Sistemde oluşabilecek titreşim ve vuruntuları mümkün olabildiğince motor miline iletmemeli,
- Sistem sıkışma veya kırılma sebebiyle arızalandığında motoru korumak üzere kırılarak mekanik sigorta görevi yapmalı,
- Sistem normal çalıştığı sürece uzun yıllar bozulmadan, kırılmadan ve minimum bakım gerektirecek şekilde ölçülendirilmiş, tasarlanmış ve uygun malzemelerden imal edilmiş olmalıdır.

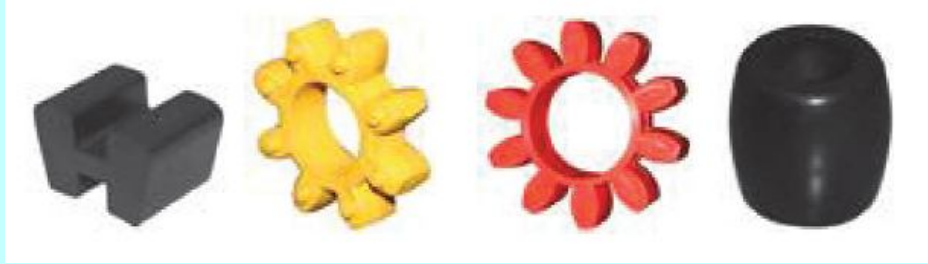
Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

- Kaplinler; eksenel, açısall veya yatay kaçıklığın bulunduğı yerlerde kullanılırlar.



Hareket Kontrol Sistemleri Mekanik Bileşenleri

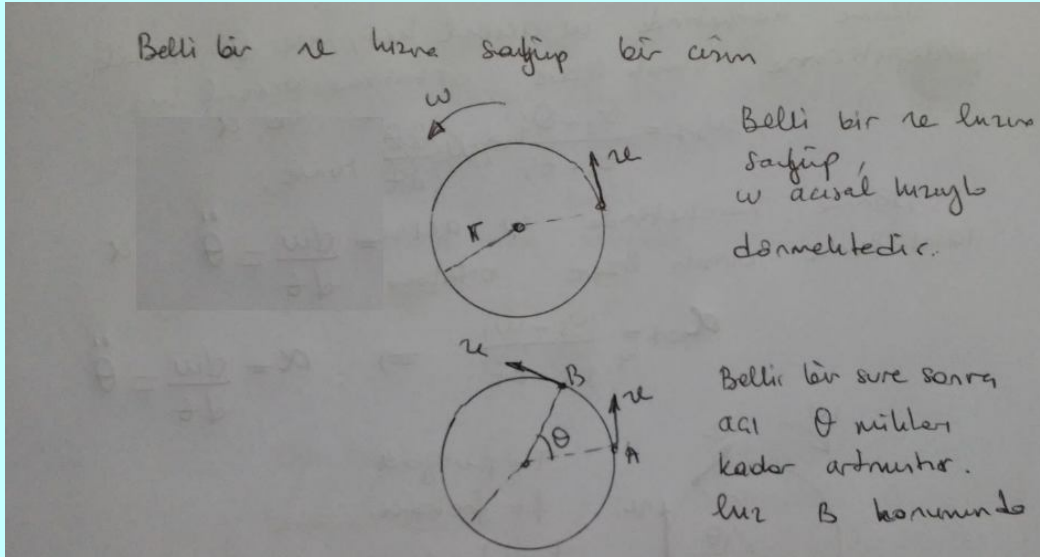
- Kaplinler kullanıldıkları yerlere göre A, B, E, H, I, ME, yıldız, tırnaklı, pernolu, dişli tipli olarak imal edilirler.



Şekil 11 Kaplin çeşitleri

1.3. Mekanik Hesaplamalar

- Hareket kontrol sistemlerinde motorlar, mekanik sistemlerin ihtiyacına göre seçilmelidir. Motor seçiminin sağlıklı yapılabilmesi için sürekli moment talebinin ve sistemin atalet momentinin doğru olarak hesaplanması büyük önem taşımaktadır. Bu kısımda, mekanik sistemlerin hesabında kullanılacak olan moment, atalet momenti kavramları ile mekanik sistemlerin takip etmesini istediğimiz hız profillerinden bahsedilecektir.



- Çizgisel harekette hız, yerdeğiştirmenin zamanla değişimi olarak tanımlanır. Ortalama hız

$$v_{\text{ort}} = \frac{x_s - x_i}{t_s - t_i} \quad v = \frac{dx}{dt}$$

eşitliğinden hesaplanır. Bu ifadede x_i ve x_s sırası ile cismin ilk ve son konumuna, t_i ve t_s zamana karşı gelmektedir.

Cismin hızı zamanla değişmiyor sabit kalıyorsa ani (anlık) hızı ortalama hızına eşittir.

- Çizgisel harekette ivme, hızın zamanla değişimi olarak tanımlanır ve ortalama ivme

$$a_{\text{ort}} = \frac{v_s - v_i}{t_s - t_i} \quad a = \frac{dv}{dt}$$

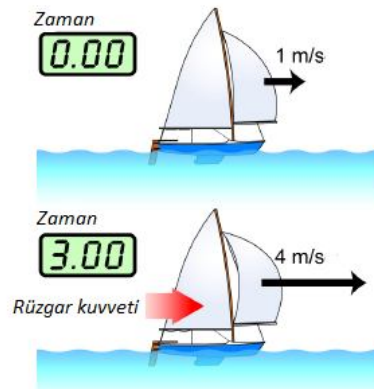
bağıntısından hesaplanır, burada v_i ve v_s sırası ile ilk ve son hızları; t_i ve t_s ise zamanları gösterir. Eğer cismin hareketi sırasında ivme sabit ise ortalama ivme ani ivmeye eşittir

İVME

$$\text{ivme (m/s}^2\text{)} \rightarrow a = \frac{\text{Hız değişimi (m/s)}}{t} = \frac{v_2 - v_1}{t} \quad \text{Zaman (s)}$$

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

$$a = \frac{4 \text{ m/s} - 1 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} = \frac{3 \text{ m/s}}{3 \text{ s}} = 1 \text{ m/s}^2$$

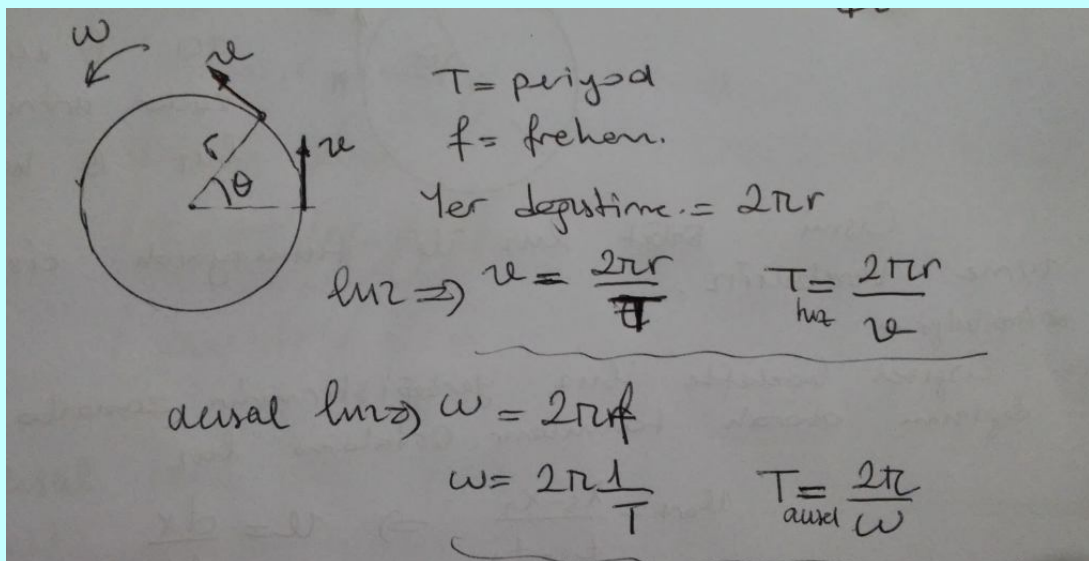


Dönme hareketinde ω açısal hız ve θ açısal yerdeğiştirme olmak üzere ortalama açısal hız

$$\omega_{\text{ort}} = \frac{\theta_s - \theta_i}{t_s - t_i} \quad \omega = \frac{d\theta}{dt}$$

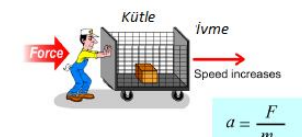
Dönme hareketinde, ω açısal hız ve α açısal ivme olmak üzere, çizgisel hareket ifadesinde uygun yerlere yerleştirilerek ortalama açısal ivme

$$\alpha_{\text{ort}} = \frac{\omega_s - \omega_i}{t_s - t_i} \quad \alpha = \frac{d\omega}{dt} = \ddot{\theta}$$



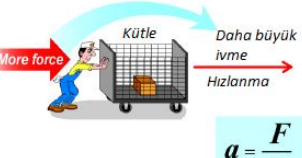
ivme (m/s^2) \rightarrow $a = \frac{F}{m}$

Kuvvet (N)
kütle (kg)




ivme (m/s^2) \rightarrow $a = \frac{F}{m}$

Kuvvet (N)
kütle (kg)



ivme (m/s^2) \rightarrow $a = \frac{F}{m}$

Kuvvet (N)
kütle (kg)



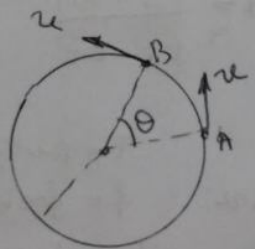
$T_m = T_{\text{acel.}}$
 $\frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \boxed{v = \omega \cdot r}$

örn: $r = 10 \text{ cm}$ 600 rpm ise $v = ?$

Cevap $f = 10 \text{ Hz}$ $T = \frac{1}{10} \text{ sn}$

$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1/10} = 63 \text{ Rad/s}$

$\theta = \frac{\omega t}{1} = \omega t$



Belirli bir süre sonra
ağı θ miktarı
kadar artmıştır.
bur B konumunda

Cismi Sabit hız ile tutmayarak cisme
ivme verebiliriz.

$$a_c = \omega^2 \cdot r$$

(merkezi ivme)

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \ddot{\theta}$$

(açısal hız ivmesi)
(rad/s²)

dairesel hareket — Dairesel hareket

$x \rightarrow \theta$

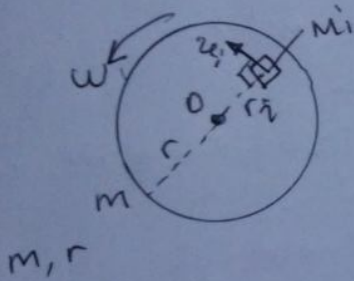
$v \rightarrow \omega$

$a \rightarrow \alpha$

düzgün hareketde $v = v_0 + a \cdot t$

dairesel " $\omega = \omega_0 + \alpha t$

Döner bir cismin kinetik enerjisi:



Disk zamarla değışen ω aysal luru ile ~~değışen~~ döndüyorsa

Disk m kütleline sahip.

Disk r yarıçapı

Ne kadar döner kinetik enerjisi depolanır?

Hesaplayabilmek için küçük bir ~~ku~~ m_i kütleline sahip parça ele alırsak, merkezle r_i mesafesinde

m_i parçanın kinetik enerjisi

$$K_i = \frac{1}{2} m_i \cdot v_i^2$$

v_i luru merkezli

$v_i = \omega \cdot r_i$ ile ifade edilebilir

ω aysal luru diskte tüm noktalarda aynıdır. ~~bu~~ v luru farklıdır. Merkezde sıfır, r yarıçapında yüksek lura sahiptir.

$$K_i = \frac{1}{2} m_i \cdot \omega^2 \cdot r_i^2$$

tüm disklerin kinetik enerjisi için toplanması gerekir

$$K_{\text{disk}} = \frac{1}{2} \omega^2 \sum m_i \cdot r_i^2$$

J = Eylemsizlik momentidir.


Farklılarda

~~Dönme~~ Dönme hareketi - Dönme hareketi

$$K = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad K = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2$$

$$m \rightarrow J$$

Simetri!




Disk (merkezin geçen eksen etrafında dönen bir ~~cisim~~ cisimde eksen diske diktir).

$$J = \frac{1}{2} m \cdot r^2$$

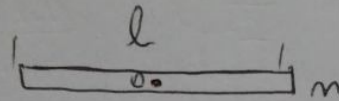
Hangi eksen etrafında döndürülüyorsa eylemsizlik momenti değişir

Küre için (merkezin geçen eksen üzerinde).



$$J = \frac{2}{5} m \cdot r^2$$

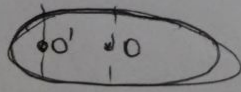
Cubuk



$$J = \frac{1}{12} m \cdot L^2$$

(Merkezi geçen eksen etrafında döndürülürse.
Eksen güçüne diti ise)

Dönen bir ~~disk~~ disk'in ağırlık merkezine bakarsak



a' eksen.

a' ekseninde O' noktası üzerinde döndürülürse
 a'/a paralel.

a' ekseninden döndürülürse

"Paralel Eksen Teoremi"ne göre

Kütle merkezinde
eylemsizlik momenti

$$J_{a'} = J_0 + m \cdot d^2$$

Atalet Momenti (Eylemsizlik Momenti)

- Günlük yaşamdan büyük kütleli cisimlerin zor hareket ettirildiğini ve onları hareket ettirebilmek için diğer hafif cisimlere oranla daha fazla enerji harcamamız gerektiğini biliyoruz. Bu basit gözlem bize kütleli cismin en genel anlamda cismin harekete karşı gösterdiği isteksizlik yani direnç olduğunu söylemektedir. Doğada cisimler dönme ve öteleme (bir doğru boyunca yapılan hareket) hareketi yapabilirler.
- Bir kütleli F kuvveti ile a kadar ivmelendirmeye çalıştığınızı düşünün. Cismin kütleli göre az veya çok zorlanırsınız. Zorlanmanızın kaynağı bu harekete direnç gösteren kütledir. Cisim bu kuvvete rağmen eylemsiz kalmak istemektedir. Bu nedenle lineer kinetikte kütle, eylemsizliğin bir göstergesi olarak tanımlanır. Newton da kütle için bu nedenle eylemsizlik ifadesini kullanmıştır.

Atalet Momenti (Eylemsizlik Momenti)

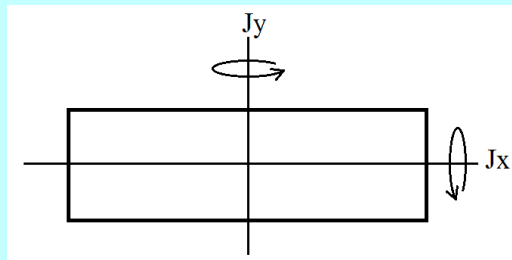
- Aynı kütleli bir eksen etrafında veya kendi kütle merkezi etrafında döndürmeye çalışın. Cismi döndürmeye çalıştığınız eksene ve kütleli cismin dönmeye de karşı bir direnç gösterdiğini görürsünüz. Örneğin ağır bir çubuğu kütle merkezi etrafında döndürmekle, en uç kenarından döndürmek için harcadığınız çaba aynı olmayacaktır. Öyleyse cisimler lineer (öteleme) harekete gösterdikleri isteksizliği dönme hareketinde de gösteriyor diyebilir miyiz?
- İşte dönmedeki bu zorluğa eylemsizlik momenti veya rotasyonel eylemsizlik diyoruz. Lineer hareketteki dönmeye karşı zorluk yalnızca kütleli cisim olarak ifade edilirken, dönme (rotasyon) hareketinde cismin göstereceği direnç yani cismin eylemsizlik momenti seçilen eksene ve kütleli cisim aynı anda bağlıdır.

Atalet Momentinin Sisteme Etkisi

Atalet momenti ne zaman etkilidir? Enerji biriktiren hareketli sistemlerde enerji depolanması ya da aktarılması esnasında atalet momentinin etkisi ortaya çıkar. Herhangi bir cismin kütesinin sahip olduğu kinetik enerji, v çizgisel hız olmak üzere $\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ (Joule), dönme hareketi yapan sistemlerde ise w açısal hız olmak üzere $\frac{1}{2} \cdot j \cdot w^2$ (Joule) olarak ifade edilir. Depolanan enerjinin değişebilmesi için hızda bir değişiklik olması gerekir. Bu değişiklik ivme, bu ivmenin katsayısı ise atalet momenti olarak adlandırılır. Atalet momenti (j) ile ivmenin (dw/dt) çarpımından hız değişimine gösterilen tepki momenti (M) oluşur.

Atalet Momenti (Eylemsizlik Momenti)

- Genel olarak eylemsizlik momenti bir tek sayıyla değil, cismin geometrisine bağlı olarak birden fazla sayıyla belirlenir. Örneğin, dikdörtgen bir levhanın iki adet simetri eksenidir ve her bir eksene göre farklı bir eylemsizlik momentine sahiptir (Aşağıdaki şekilde J_x ve J_y). Bu eksenlere *asal eksenler* adı verilir.



Atalet Momenti

- Atalet momenti

İçi dolu silindir için:

J_x : x eksenindeki atalet momenti ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

J_y : y eksenindeki atalet momenti ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$)

m : kütle (kg)

D_1 : Dış çap

L : uzunluk (m)

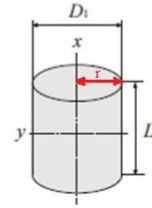
ρ : yoğunluk (kg/m^3)

Buna göre dolu silindirin eylemsizlik momenti yarıçapının 4. üssüne, uzunluğa ve yoğunluğa orantılıdır. Bulunan denklemden eylemsizlik momentini azaltmanın dört olanağı bulunduğu ve en etkilisinin yarıçapı azaltmak olduğu görülür.

$$J_x = \frac{1}{2} m r^2 = \frac{1}{8} m D_1^2 = \frac{\pi}{32} \rho L D_1^4 \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$

$$J_x = 98 \times \rho \times L \times D^4 \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^2] \quad (\rho : [\text{kg}/\text{dm}^3])$$

$$J_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{D_1^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right) \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$



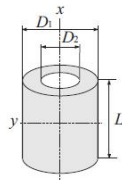
Çelik	$\rho = 8.0 \times 10^3 \quad [\text{kg}/\text{m}^3]$
Demir	$\rho = 7.9 \times 10^3 \quad [\text{kg}/\text{m}^3]$
Alüminyum	$\rho = 2.8 \times 10^3 \quad [\text{kg}/\text{m}^3]$
Pirinç	$\rho = 8.5 \times 10^3 \quad [\text{kg}/\text{m}^3]$

Atalet Momenti (Eylemsizlik Momenti)

$$J_x = m \times r^2 = \frac{1}{8} m (D_1^2 + D_2^2) = \frac{\pi}{32} \rho L (D_1^4 - D_2^4) \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$

$$J_x = 98 \times \rho \times L \times (D_1^4 - D_2^4) \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^2] \quad (\rho : [\text{kg}/\text{dm}^3])$$

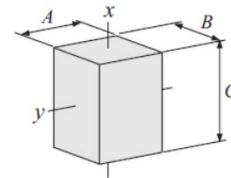
$$J_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{D_1^2 + D_2^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right) \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$



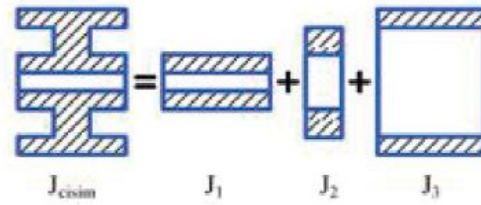
Delikli silindir için

$$J_x = \frac{1}{12} m (A^2 + B^2) = \frac{1}{12} \rho ABC (A^2 + B^2) \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$

$$J_y = \frac{1}{12} m (B^2 + C^2) = \frac{1}{12} \rho ABC (B^2 + C^2) \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$



Çeşitli malzemelerin özgül kütleleri kullanılarak istenilen basit silindir parçalarının atalet momentleri hesaplanabilir. Diğer bir taraftan ortak merkezli karmaşık dönen parçaların eylemsizlik momentleri kendilerini oluşturan alt parçalarının eylemsizlik momentlerinin toplamı olarak ifade edilebilir. Örnek olarak karmaşık bir parçanın kesit olarak basit bileşenlerinin görüntüsü Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 13 – Döner hareket eden bir cismin kesit görüntüsü

Şekil 13'de verilen karmaşık dönen parçanın atalet momenti onu oluşturan her bir basit parçanın ataletlerinin ayrıca hesaplanmasıyla elde edilir.

$$J_{cisim} = J_1 + J_2 + J_3$$

Atalet Momenti (Eylemsizlik Momenti)

Lineer hareket ataletinin motor miline indirgenmesi:

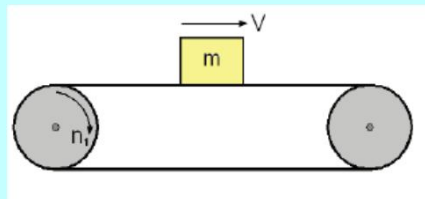
$$J_{ind.} = 91.2 \times m \times \frac{v^2}{n_1^2}$$

$J_{ind.}$: Motor miline indirgenmiş atalet momenti $[kg.m^2]$

m : Hareket eden kütle $[kg]$

v : Hız $[m/sn]$

n_1 : Motor devri $[d/d]$



Atalet Momenti (Eylemsizlik Momenti)

Dönen hareket ataletinin motor miline indirgenmesi

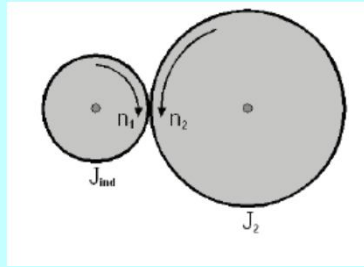
$$J_{ind.} = \frac{J \times n_2^2}{n_1^2}$$

$J_{ind.}$: Motor miline indirgenmiş atalet momenti [kg.m²]

J : Dönen kütlelerin atalet momentleri [kg.m²]

n_1 : Motor devri [d/d]

n_2 : Dönen kütlelerin devri [d/d]



Farklı devirlerde dönen hareket ataletlerinin motor miline indirgenmesi

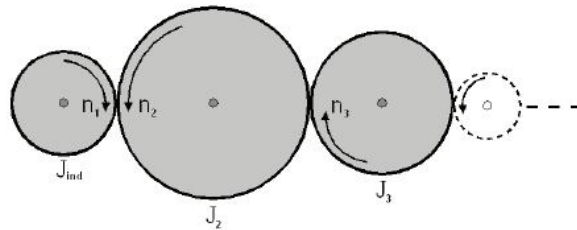
$$J_{ind.} = \frac{J_2 \times n_2^2 + J_3 \times n_3^2 \dots}{n_1^2}$$

$J_{ind.}$: Motor miline indirgenmiş atalet momenti [kg.m²]

$J_2, J_3 \dots$: Dönen kütlelerin atalet momentleri [kg.m²]

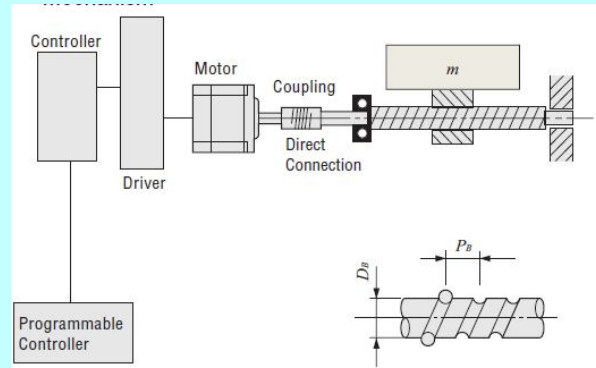
$n_2, n_3 \dots$: Dönen kütlelerin devirleri [d/d]

n_1 : Motor devri [d/d]



- J_B : Vidanın milin atalet momenti (kg.m^2)
 J_m : Vidalı mil üzerindeki tablanın atalet momenti (kg.m^2)
 J_L : Vidalı mil için m kütleli cismin motor miline indirgenmiş atalet momenti (kg.m^2)
 m : Cismin kütlesi [kg]
 D_B : Vida dış çapı [m]
 L_B : Vidalı mil boyu (m)
 P_B : vida oyuğu (m)
 ρ : yoğunluk (kg/m^3)

olmak üzere vidalı mil için m kütleli cismin motor miline indirgenmiş atalet momenti,



$$J_B = \frac{\pi}{32} \cdot \rho \cdot L_B \cdot D_B^4$$

$$J_m = m \left(\frac{P_B}{2\pi} \right)^2$$

$$J_L = J_B + J_m$$

1.3. Mekanik Hesaplamalar

- Eksen çevresindeki kuvvetin Momenti (cisimdeki bir nokta), uygulanan kuvvetin bu eksen çevresinde cismi çevirme (döndürme) ölçüsüdür.
- Momentin şiddeti aşağıdaki eşitlik ile belirlenir:

$$\vec{M}_O = \vec{F} \cdot \vec{r}$$

M_O : Moment(Tork) (Nm)

F : Kuvvet (N)

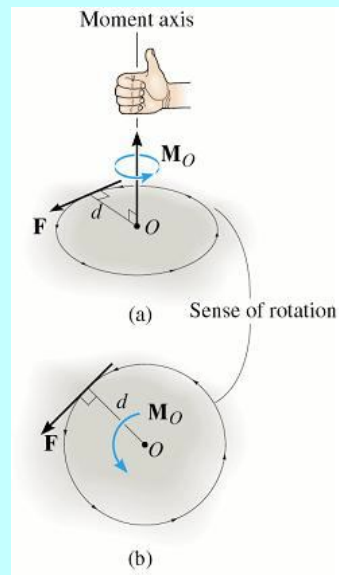
r : Dönme eksenine veya noktasına olan dik uzaklık (Kuvvet kolu) (m)

Moment vektörel bir büyüklük olup mutlak değeri

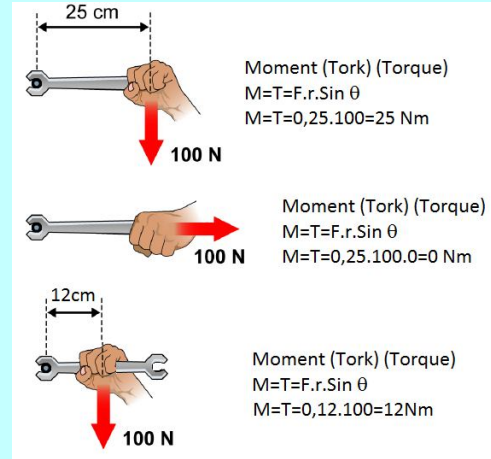
$$M = F \cdot r \cdot \sin \theta$$

θ , F ve r vektörleri arasındaki açıdır.

- Rotasyonun yönü sağ el kuralı ile belirlenir.



- **Moment (Tork):** Kuvvetin döndürme etkisidir. Bir radyanlık açıda üretilen değerdir. Örneğin; janttaki bijonların gevşetilmesi. Kelebek anahtarını moment eksenine yakın bir yerden kuvvet uygulanırsa bijonları gevşetemeyiz/çok zorlarız (**çok küçük moment**). Anahtar kolunun ucuna doğru aynı kuvveti uygularsak bijonları gevşetebiliriz (**büyük moment**).

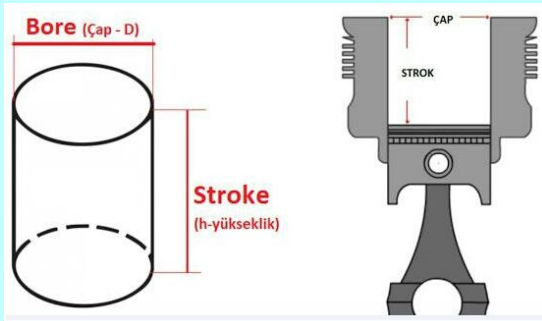


• Çap ve Strok Nedir ?

İçten yanmalı motorlarda bulunan **pistonların içerisinde hareket ettiği silindirlerin boyutları motorun neredeyse tüm karakteristiğini belirler**. Beygir gücü, tork ve bu değerlerin hangi devir bantlarında elde edildiği silindirin genel şekli ile yakından alakalıdır. Bu şekli belirleyen 2 değişken ise **silindirin çap ve strok ölçüleridir**.



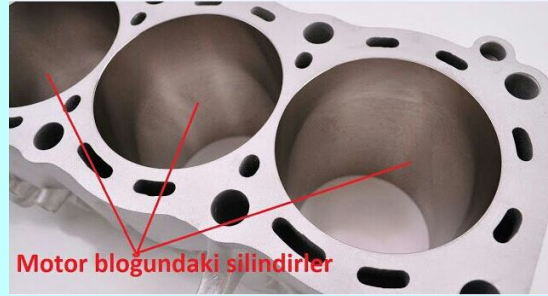
- İçten yanmalı motorlarda pistonların yukarı aşağı gidip geldiği boşluğa silindir denir.
- Geometrik silindir şeklinin motor bloğu içerisinde de aynen gerçekleşmesi dolayısı ile bu ifade içten yanmalı motorlarda da aynen kullanılmaktadır.



- Silindir hacminin hesaplanması için kullanılan ifadeler ise geometride kullanılanlardan daha farklıdır. Motorda silindir çapına "Bore" ve yüksekliğine de "Stroke" denmektedir. Ancak Türkçe'de Bore yerine Çap ifadesi kullanılırken, yükseklik için İngilizce'de olduğu gibi Stroke yani Strok ifadesi kullanılmaktadır. Ancak Strok ifadesi pistonun silindir içerisinde yol aldığı ve taradığı bölge için geçerlidir. Bu nedenle otomobil teknik bilgilerinde "Çap-Strok" olarak belirtilmektedir.

- Bir silindir ortadan dikine kesilip kesiti alındığı zaman 3 farklı şekil ile karşılaşmak mümkündür.

- 1) Uzun stroklu motorlar
- 2) Kısa stroklu motorlar
- 3) Kare motorlar



- **Uzun stroklu motorlar**

- Strokun silindir çapından büyük olması durumunda karşımıza Çap/Strok oranı 1'den küçük olan uzun bir silindir kesiti şekli çıkmaktadır. Günümüzde benzin ya da dizel motora sahip olsun ağırlıklı olarak bu tip bir şekil ile karşılaşmaktayız.
- En büyük avantajı olarak ise silindir çapının küçülmesi sayesinde motorun daha dar bir yapıya sahip olması dolayısı ile de motor bölmesi içerisine daha rahat sığdırılabilmesiyle öne çıkmaktadır.

- Bu tip çap/strok oranına sahip motorlarda piston kolu daha uzun olduğu için motor hem daha fazla tork üretebilir hem de bu torku düşük devirlerde elde eder. Bu nedenle de özellikle düşük motor hacmine sahip motorlarda büyük avantaj sağlar. Down-sizing yani hacim küçültmenin moda olduğu günümüzde bu nedenle bu tip motorlar hem benzin hem de dizel motorlarda yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Ayrıca daha küçük çapta bir pistonla sahip olması ve silindir ile daha az temasta bulunması sayesinde ısı kayıpları kısa stroklu motorlara göre daha azdır ve bu sayede de termal verim daha yüksektir. Yani sıcaklığın muhafazası sayesinde yanma daha verimli gerçekleşir diyebiliriz.

- **Kısa stroklu motorlar**

- Strokun silindir çapından küçük olması durumunda karşımıza Çap/Strok oranı 1'den büyük olan kısa bir silindir kesiti şekli çıkmaktadır. Uzun stroklu motorların aksine biyel kolu daha kısadır ve bu sayede krank daha hızlı bir şekilde döndürülür ve bu sayede motor çok yüksek hızlara çıkabilir. Bunun sonucu olarak daha yüksek güç elde edilebilir. Ayrıca silindir çapının büyük olması sayesinde daha büyük emme ve egzoz supapları kullanılabilir.

- Ancak kısa biyel kolu nedeniyle uzun stroklu motorların aksine istenilen düzeyde tork üretilemez. Ayrıca üretilen düşük tork da düşük devirlerde değil yüksek devirlerde elde edilir. Bu nedenle de torkun daha önemli olduğu xxxx tipinde motosiklet motorları genellikle uzun stroka sahipken yüksek hızlara çıkabilen super sport tipindeki motosikletlerde bulunan motorlar kısa strokludur. Benzer bir şekilde 15.000 devir/dakika hıza çıkabilen ve 1.6lt V6 turbo ile 850ps güç üreten Formula 1 motorları da kısa stroklu motorlardır. (Çap:80mm Strok: 53mm)



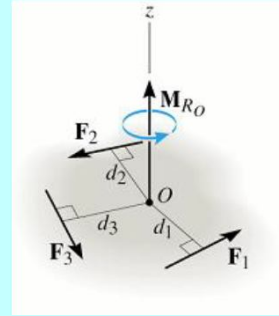
- **Kare motor**
- Strok ile çapın eşit olması durumunda Çap/Strok oranı 1'e eşittir ve kare şeklinde bir silindir kesiti ortaya çıkmaktadır. Kısa ve uzun stroklu motor tiplerinin yüksek devir, güç ve tork hedeflerini amaçlasa da kare silindir kesitine sahip motorlar günümüzde pek fazla tercih edilmemektedir. Geçmiş dönemlerin en ünlü kare kesitli motorları ise BXX'nin 2.8lt 6 silindir 190ps güce sahip M52B28 motoru (Ör: 1995-1998 BXX E36 3.28i) ile OpXX'in 2.0lt 4 silindir 150ps güce sahip C20XE motorudur.



- **Stroke (Strok)** : En kısa açıklaması ile silindirin en alt ölü noktası ile en üst noktası arasında pistonun yol aldığı mesafedir .
- Çap 'ın Strok'a olan oranını incelersek eğer bu oran 1 den yüksek olur ise yani Çap daha büyük olur ise : Yük taşıma için değil fazla devir için üretilmiş araçlar. Motosikletler , F1 araçları vs
- Çap ve Strok eşit ise yani oran 1 ise : En dengeli tiptir konuda da anlatıldığı gibi Kare dir .
- Çap / Strok oranı 1 den düşük ise yani Strok uzun ise çap değerinden : Daha çok yük taşıma amaçlı kullanılır , amaç seri devirlenmek değil de yolcu veya yük taşımaktır yani amaç Tork üretmektir . Strok , çaptan uzun olduğu için güç daha kolay iletilir .

- O noktasına etki eden F_1 , F_2 ve F_3 kuvvet sistemi için moment toplamları (Saat yönü tersi + alınır):

$$\sum \mathbf{F}_i \times \mathbf{r}_i = \mathbf{M}_{ro}$$

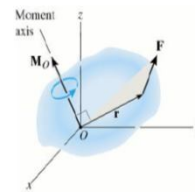
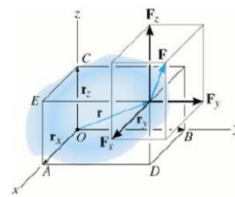


$$\vec{F} = F_x i + F_y j + F_z k$$

$$\vec{r} = r_x i + r_y j + r_z k$$

$$M_o = \vec{r} \times \vec{F} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ r_x & r_y & r_z \\ F_x & F_y & F_z \end{vmatrix}$$

Moment eksenini \vec{F} ve \vec{r} vektörlerini içeren düzleme diktir. Eksen merkezi O noktasından geçmektedir



- $M = F \cdot r$ (1)
- *Newton' un ikinci yasası ($F = m \cdot a$), çizgisel harekette kuvvet, kütle ve ivme arasındaki ilişkiyi belirtir.*
- $F = m \cdot a$ (2)
- Burada m, cismin kütlesi (kg), a ise cismin ivmesi (m/s^2)' dir. İvme hızdaki değişimi verir. Buna göre denklem (2) tekrar düzenlenirse,
- $F = m \cdot \frac{dv}{dt}$ (3)

- denklem (3) elde edilir. Denklem (3), denklem (1)'te yerine konularak tekrar düzenlenecek olursa bu kuvvetin oluşturduğu moment,

- $M = F \cdot r = m \cdot r \cdot \frac{dv}{dt}$ (4)

- $v = \omega \cdot r$ (5)

v : Çizgisel hız [m/s]

ω : Açısal hız [rad/s]

r : Yarıçap [m]

Denklem (5), denklem (4)'de yerine konularak tekrar düzenlenecek olursa bu kuvvetin oluşturduğu moment,

$$M = m \cdot r \cdot \frac{dv}{dt} = m \cdot r \cdot \frac{d(\omega r)}{dt} = m \cdot r \cdot r \frac{d\omega}{dt} = m \cdot r^2 \cdot \frac{d\omega}{dt} \quad (6)$$

şeklinde elde edilir. Buradaki $m \cdot r^2$, J atalet momenti ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) olarak bilinir. J parametresini denklem (6)'de yerine yazarsak F kuvvetinin oluşturduğu moment,

$$M = J \cdot \frac{d\omega}{dt}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

$$M = J \cdot \frac{d\omega}{dt} = J \cdot \alpha$$

α : açısal ivme (Rad/s^2)

M: Moment ($\text{N} \cdot \text{m}$)

J: eylemsizlik momenti (kgm^2)

- **Ataletin Hareket Kontrolündeki Önemi**

- Kontrolde kararlılığı bozan ve salınımlara sebep olan en önemli etken, enerji biriktiren elemanların sisteme olan etkisidir.
- Hareket kontrolünde enerji biriktiren sistemler, doğrusal sistemler ve döner sistemler olarak iki ana grupta tanımlanır. Hareket kontrolünde yük momenti ve atalet momenti sonunda tahrik motoruna indirgenir veya yansıtılır.

- Sürekli halde hiçbir etkisi olmayan atalet momentinin geçici durumlarda çok önemli sonuçları görülür. Motor momenti hesaplanırken sürekli hal için gerekli olan sürtünme momentinin yanısıra atalet momentinin oluşturduğu tepki momenti de dikkate alınmalıdır.

- Elektrik devrelerinde maksimum güç transfer edilebilmesi için iki sistemin empedanslarının uygun olması gerekmektedir. Enerji üreten ve tüketen kaynakların iç dirençlerinin yada empedanslarının birbirine eşit olması durumunda maksimum güç aktarılabilir (Maksimum güç transfer teoremi). Bunun mekanik sistemlerdeki karşılığı ise enerji aktaran sistemlerin momentlerinin uyumudur.
- İki sistemin moment uyumunun sağlanması durumunda maksimum güç transfer edilebilir. Yük ataleti ve motor ataleti arasındaki oran 5'ten büyük seçilmemelidir. Aksi halde sistemin kararlı çalışması güçleşir.

Motor momentinin (M_m), yük momentinden küçük olduğu durumlarda güç aktarılamaz. Pozitif ivmelenmenin (hızlanma) oluşabilmesi için,

$$M_m - M_{yük} = j \frac{d\omega}{dt}$$

motor momentinin yük momentinden büyük olma zorunluluğu vardır. Denklem 'de görülen $d\omega/dt$ açısal ivmeyi vermektedir.

- **Doğrusal harekette motor gücü**

Bir iş makinesi bir F kuvvetinin etkisiyle v hızı ile hareket ettirilirse, iş makinesinin çıkış gücü kuvvet ile doğrusal hızın çarpımına eşittir. Bu büyüklük iş makinesinin η verimine bölünürse, iş makinesinin gücü dolayısıyla ona eşit olan motor gücü elde edilir.

$$P_2 = \frac{F \cdot v}{\eta}$$

P_2 =İş makinesinin giriş gücü (kW)

F= İş makinesi için kuvvet (N)

v= doğrusal hız (m/s)

η = iş makinesinin verimi

- **Dönmede iş makinesinin giriş gücü**

• Dönme hareketinde iş makinesinin çıkış gücü açısal hızının döndürme momenti ile çarpımına eşittir. Bu büyüklük iş makinesinin verimine bölünürse, iş makinesinin giriş gücü dolayısıyla ona eşit olan motor gücü elde edilir.

$$P_2 = \frac{M \cdot \omega}{\eta}$$

M= İş makinesinin sabit hızda sürekli çalışma durumundaki momenti

η = iş makinesinin verimi

P_2 =İş makinesinin giriş gücü (kW)

η = iş makinesinin verimi

- Dönme hareketinde motor mil gücü

- $P_2 = \frac{M_n \cdot n}{9550}$

P_2 : Motor mil gücü (kW)

M_n : Motor nominal momenti (Nm)

n : Motor devir sayısı (rpm)

Sürme Yöntemleri

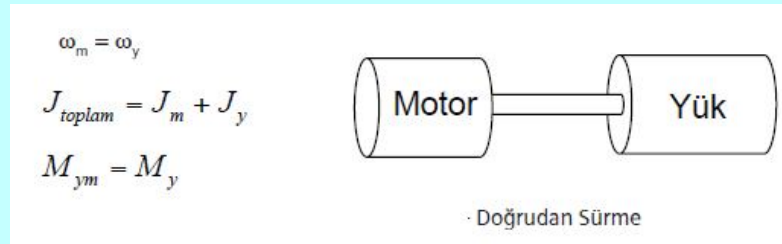
Sürme Yöntemleri

- Mekanik sistemler, doğrusal sistemler ve döner sistemler olarak iki ana grupta tanımlanır.
- ω_m motor açısal hızı,
- ω_y yükün açısal hızı,
- M_{ym} motor miline indirgenmiş yük momenti,
- M_y yük momenti,
- J_m motor atalet momenti
- J_y yükün atalet momenti

Sürme Yöntemleri

- **Doğrudan Sürme**

- Bu tür sistemlerde elektrik motoru yüke direkt bağlanır. Motor hızı ile yük hızı aynıdır. Toplam atalet; motor eylemsizlik ve yük eylemsizliklerinin toplamına eşittir.



Sürme Yöntemleri

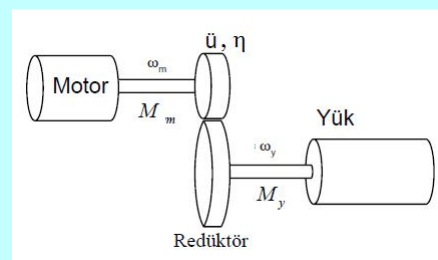
- Motor ile yük arasında dişli mekanizması içeren harekettir. Çevrim oranının birden farklı olduğu sistemlerde yük ataletinin motor miline olan etkisi çevrim oranının karesidir.

$$\ddot{u} = \omega_m / \omega_y$$

Motor miline indirgenmiş yük momenti

$$M_{ym} = \frac{M_y}{\ddot{u} \cdot \eta}$$

şeklindedir. Burada η dişlinin verimidir.



Sürme Yöntemleri

- Motor miline indirgenmiş atalet momenti ise;

$$J_{ym} = \frac{J_y}{i^2}$$

- Toplam ataleti hatasız olarak hesaplayabilmek için dişlilerin atalet momentlerinin de dikkate alınması gerekir. Dişli mekanizmalarına ait atalet momentleri genellikle üretici firmaların kataloglarında verilir. Buna göre toplam atalet momenti

$$J_{toplamlam} = J_m + J_{md} + \frac{J_y + J_{yd}}{i^2}$$

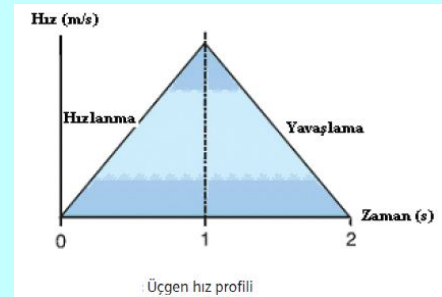
- Burada sırasıyla J_{md} ve J_{yd} motor tarafındaki dişlinin atalet momenti ve yük tarafındaki dişlinin atalet momentidir

Hız Profilleri

- Pozisyonlama'da kullanılan hız, ivme, moment gibi değişkenler sürücü tarafından değişik hareket profillerine göre kontrol edilirler. Hareket kontrol tekniğinde sıkça kullanılan hız profilleri:

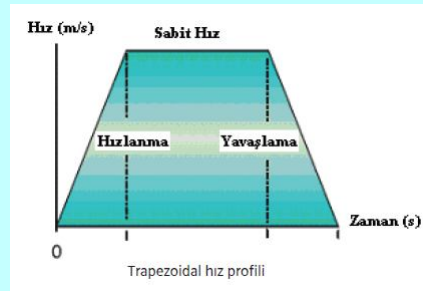
- **Üçgen Hız Profili**

- Bu hız profilinde sistem belirli bir ivmeyle hızlanır. Belirli bir hıza ulaştıktan sonra ise aynı ivmeyle yavaşlar ve durur. Üçgen hız profili kısa mesafeler ve yüksek hızlı uygulamalar için uygundur.



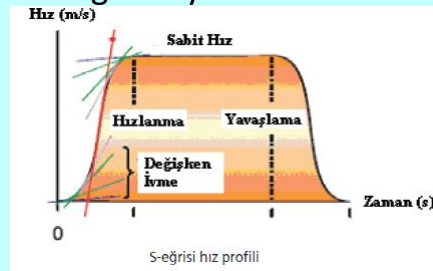
- **Trapez Hız Profili**

- Bu hız profilinde sistem önce belirli bir ivmeyle hızlanır, sabit hızda bir süre devam eder ve sonra aynı ivmeyle yavaşlar. En sık kullanılan hız profillerinden bir tanesidir.



- **S Rampa Hız Profili**

- Bu hız profilinde sistem sabit hıza, farklı ivmelerle hızlanır, bir süre sabit hızda hareket ettikten sonra simetrik şekilde yavaşlar. Özellikle ivmelenme esnasında yükün, yumuşak kalkış ve duruşlar ile hareket etmesi gereken durumlarda kullanılan hız profilidir. Yük ataletinin çok büyük olduğu durumlarda bazen zorunlu olarak bu profil kullanılır. S eğrisi yükün durumuna göre ayarlanabilir.

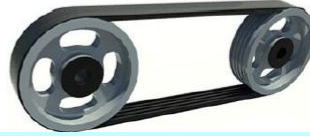


Güç ve Hareket İletimi

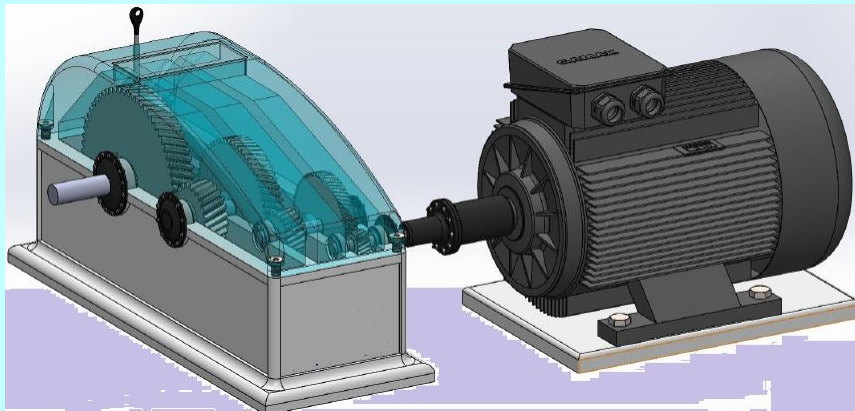
Çevrim oranına bağlı olarak hareket ve güç iletim elemanları üç gruba ayrılır:

çevirme oranı i veya $ü$

- $i_{12} > 1$ yani $n_1 > n_2$: hız düşürücü (redüktör)
- $i_{12} < 1$ yani $n_1 < n_2$: hız yükseltici (vites kutusu)
- $i = 1$ yalnız hareket ileten elemanlar



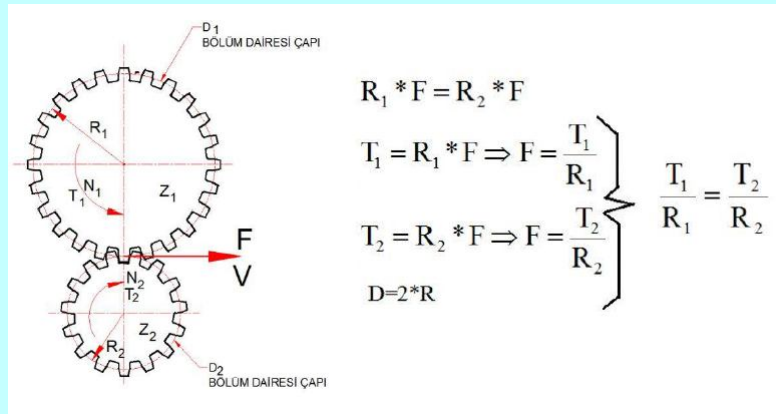
REDÜKTÖR

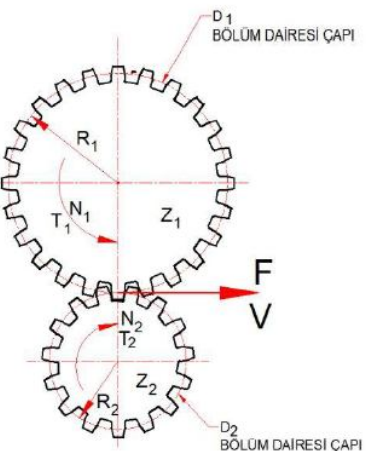


REDÜKTÖR

- **Redüktör** bir dönme hareketinin devir-tork oranını dişliler yardımıyla değiştiren dişli sistemidir. Vites kutularıyla birlikte dişli çark düzeneklerinin paralel dişli dizilerinin bir elemanıdır. Yapısal bakımdan redüktörler, gövde içine yerleştirilmiş dişli çarklar, miller, yataklar vb. gibi parçalardan oluşan sistemlerdir. Redüktörler;
- 1)Çeşitli konumlarda bulunan miller arasında devir ve güç iletmek,
- 2)Çeşitli dönme yönleri elde etmek,
- 3)Küçük bir hacimde büyük bir çevrim oranı elde etmek,
- 4)İkili döndürülen elemandan oluşan sistemlerde bu iki eleman arasında devir bakımından bağımsızlık sağlamak için kullanılırlar.

- Dişliler tork ve dönme hareketini aktarmak için dizayn edilirler. Bir dişli çifti bölüm dairesine teğet konumda birbirlerine dokundukları için bu noktada oluşan kuvvet (F) ve çizgisel hız (V) her iki dişli için aynı, ancak tork ve devir değerleri yarıçaplar oranında birbirinden farklı olur.





$$\frac{T_1}{2 \cdot R_1} = \frac{T_2}{2 \cdot R_2} \Rightarrow \frac{T_1}{D_1} = \frac{T_2}{D_2}$$

$$\pi \cdot D_1 = Z_1 \cdot S$$

$$\pi \cdot D_2 = Z_2 \cdot S$$

$$D_1 = \frac{Z_1 \cdot S}{\pi}$$

$$D_2 = \frac{Z_2 \cdot S}{\pi}$$

$$\frac{T_1}{(Z_1 \cdot S)/\pi} = \frac{T_2}{(Z_2 \cdot S)/\pi}$$

$$\frac{T_1}{Z_1} = \frac{T_2}{Z_2} \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Sonuç: Birlikte çalışmakta olan bir dişli çiftinde dişlilerin tork değerleri diş sayısı ile doğru orantılı olarak değişir

$$V_1 = V_2 \Rightarrow \pi \cdot D_1 \cdot N_1 = \pi \cdot D_2 \cdot N_2$$

$$\Rightarrow D_1 \cdot N_1 = D_2 \cdot N_2$$

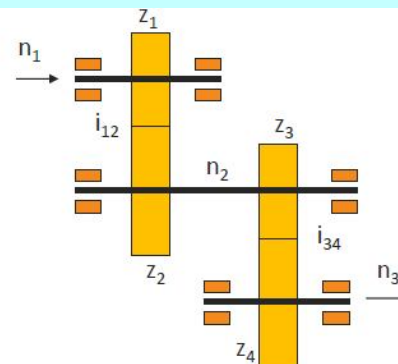
$$\Rightarrow \frac{Z_1 \cdot S}{\pi} \cdot N_1 = \frac{Z_2 \cdot S}{\pi} \cdot N_2$$

$$Z_1 \cdot N_1 = Z_2 \cdot N_2 \Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Sonuç: Birlikte çalışmakta olan bir dişli çiftinde dişlilerin devirleri diş sayısı ile ters orantılı olarak değişir



Çevirme oranı i veya \tilde{u}



$$i_{12} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} \quad i_{34} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{Z_4}{Z_3} \quad i_{13} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_2}{n_3} = \frac{n_1}{n_3}$$

ÖRNEK:

$P=15\text{ kW}$ ve $n=3000\text{ rpm}$ değerlerinde bir motorla tahrik edilen iki kademeli redüktörden alınacak tork ve devri hesaplayalım.
 Redüktör dişlileri 1. Kademede $Z_1=15$ diş, $Z_2=45$ diş
 2. Kademede $Z_3=9$ diş, $Z_4=45$ diş

Önce giriş torkunu hesaplayalım:

$$P = T_1 \cdot n_1 / 9550 \quad (\text{Bkz. Önemli formüller})$$

$$\Rightarrow T_1 = 9550 \cdot P / n_1 \Rightarrow T_1 = 9550 \cdot 15 / 3000 \Rightarrow T_1 = 47.75 \text{ N-m}$$

$$T_1/T_2 = Z_1/Z_2 \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot Z_2/Z_1 \Rightarrow T_2 = 47.75 \cdot 45/15 \Rightarrow T_2 = 143.25 \text{ N-m}$$

Z_2 ve Z_3 Dişlileri aynı şaft üzerinde olduğu için $T_2 = T_3 = 143.25 \text{ N-m}$

$$T_3/T_4 = Z_3/Z_4 \Rightarrow T_4 = T_3 \cdot Z_4/Z_3 \Rightarrow T_4 = 143.25 \cdot 45/9 \Rightarrow T_4 = 716.25 \text{ N-m}$$

Çıkış şaftındaki tork **$T=716.25 \text{ N-m}$**

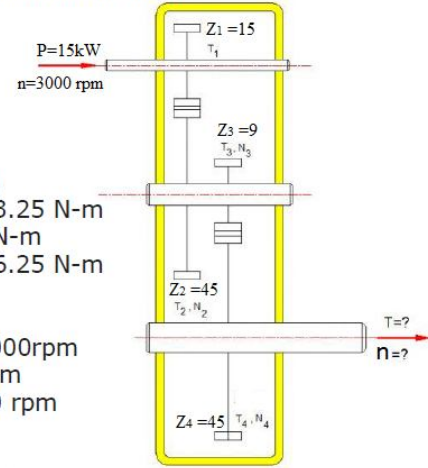
Devir Hesabı

$$n_1/n_2 = Z_2/Z_1 \Rightarrow n_2 = n_1 \cdot Z_1/Z_2 \Rightarrow n_2 = 3000 \cdot 15/45 \Rightarrow n_2 = 1000 \text{ rpm}$$

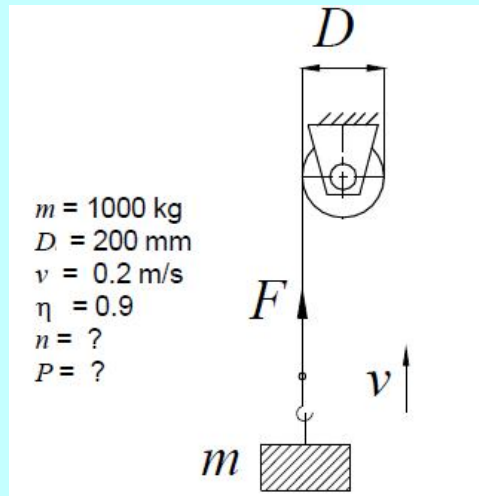
Z_2 ve Z_3 Dişlileri aynı şaft üzerinde olduğu için $n_2 = n_3 = 1000 \text{ rpm}$

$$n_3/n_4 = Z_4/Z_3 \Rightarrow n_4 = n_3 \cdot Z_3/Z_4 \Rightarrow n_4 = 1000 \cdot 9/45 \Rightarrow n_4 = 200 \text{ rpm}$$

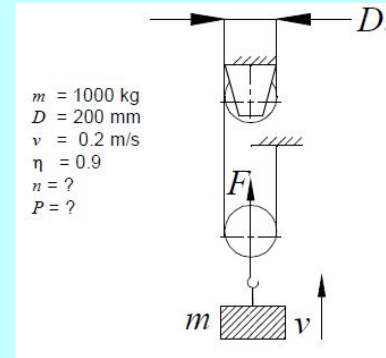
Çıkış şaftındaki devir **$n=200 \text{ rpm}$**



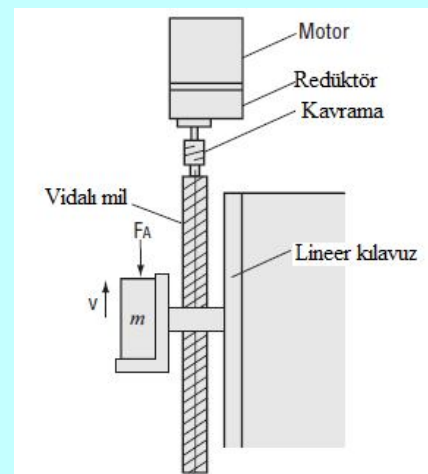
- Örnek 1:
- 1000kg ağırlığındaki yük 0.2 m/s hızla yukarı doğru çekilmektedir. Makara devrini ve motor gücünü bulunuz.



- Örnek 2:
- 1000 kg ağırlığındaki yük 0.2 m/s hızla yukarı doğru çekilmektedir. Makara devrini ve motor gücünü bulunuz.



- Örnek 3:
- frenli motor miline akupple dikey vidalı mil ile yük taşınacaktır.



- Yük ve tablanın toplam ağırlığı $m = 45$ [kg]
- Tablanın hı $V = 15 \pm 2$ [mm/s]
- Dış kuvvet..... $F_A = 0$ [N]
- Vidalı mil eğim açısı $\alpha = 90$ [deg]
- Vidalı mil toplam uzunluğu $L_B = 800$ [mm]
- Vidalı mil çapı..... $D_B = 20$ [mm]
- Vidalı mil hatvesi..... $PB = 5$ [mm]
- Vidalı milin bir devrinde aldığı yol..... $A = 5$ [mm]

- Vidalı milin verimi... $\eta = 0.9$
- Vidalı mil malzemesi.....demir (density $\rho = 7.9 \times 10^3$ [kg/m³])
- Önyük vidasının iç sürtünme katsayısı (Internal friction coefficient of preload nut) $\mu_0 = 0.3$
- Kayma yüzeyinin sürtünme katsayısı..... $\mu = 0.05$
- Motor besleme.....Tek fazlı 230 VAC 50 Hz
- İşletme zamanı..... 5 saat/gün

Önyük (Preload)

- Doğrusal yatakları veya vidalı mil (bilyeli) kullanılan uygulamalar sıklıkla hassas konumlandırma gerektirir, bu da hareket bileşenlerinin rijit olması gerektiği anlamına gelir. Ayrıca, devirdaim yapan bilyeli kılavuzlar ve vidalı miller büyük yükleri taşıyor olsa da oyuklar arasındaki bilyelerin uygunluğu ve boyutlarından dolayı, boşluklara veya boşluğa(salgiya neden olabilecek) sahiptirler. Bu boşluğu gidermek ve rijitliği artırmak için, ön yük (preload) uygulanmalıdır. Ön yük, ray ile taşıyıcı arasındaki (veya bilyeli vida ile bilye somunu arasındaki) boşluğun giderilmesidir. Bu, doğrusal kılavuzu (veya vidalı mil) üzerine bir yük oluşturarak sistemi harekete geçirir; bu da harici bir kuvvet uygulandığında eğilmeyi azaltır.

Önyük (Preload)

• Küresel Vidalı Sistemler için Ön Yük

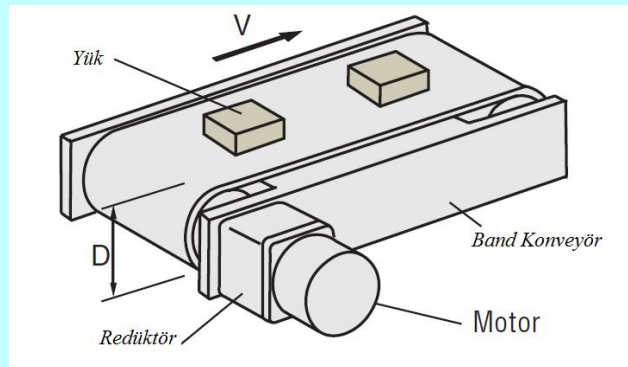
Vidalı mil sistemi için ön yük elde etmek için birden fazla yol vardır, en yaygın olanı bilye somununda büyük boy bilyeler, ayarlanabilir bilye somun veya bir çift somunlu sistemi kullanmaktır.

Birinci yaklaşım doğrusal bir kılavuz sisteminde önyükü elde etmek için kullanılan yöntemle benzerdir. Büyük çaplı bilyeler, mil ve somun arasındaki boşluğu kaldırarak bilye somuna yüklenir. Bu, nispeten düşük maliyetli bir seçenektir ve çeşitli somun stilleri ile başarılabılır, bu da düşük preload gerektiren uygulamalar için ortak bir seçimdir.

Önyük (Preload)

- Ön yükün kesin bir değerle ayarlanması gerekmeyen veya değişken olması gerektiği uygulamalar için - değişen uygulama koşullarını veya aşınmayı hesaba katmak için - ayarlanabilir bir somun en iyi seçenektir.
- Ön yükün fazla olması iyi değildir. Ön yük, doğrusal taşıyıcıyı (veya bilyeli somunu) hareket ettirmek için gereken gücü artırır (veya torku), bu da daha büyük bir motor ve ilgili bileşenleri gerektirebilir; ayrıca maliyeti ve karmaşıklığı artırır. Yüksek önyükleme, ayrıca, aşınmayı arttıran ve ömrü azaltan taşıyıcı (veya bilyeli somun) içinde ek ısı oluşmasına neden olur. Ve son olarak, ön yük, yatağa uygulanan bir yüküdür ve rulman ömrü hesaplanırken bunun hesaba katılması gerekir; yani, etkisinin, rulman ömrü denkleminde küpüyle büyütülmesi gerekir.

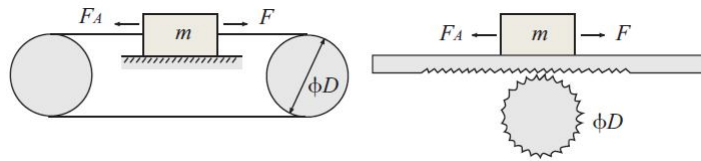
• Örnek 4



Total mass of belt and load	$m_1 = 25$ [kg]
External force	$F_A = 0$ [N]
Friction coefficient of sliding surface	$\mu = 0.3$
Roller diameter	$D = 90$ [mm]
Roller mass	$m_2 = 1$ [kg]
Belt and roller efficiency	$\eta = 0.9$
Belt speed	$V = 150$ [mm/s] $\pm 10\%$

$$M_y = M_L = \frac{F}{2\pi\eta} \times \frac{\pi D}{i} = \frac{FD}{2\eta i} [\text{N}\cdot\text{m}] \dots\dots\dots$$

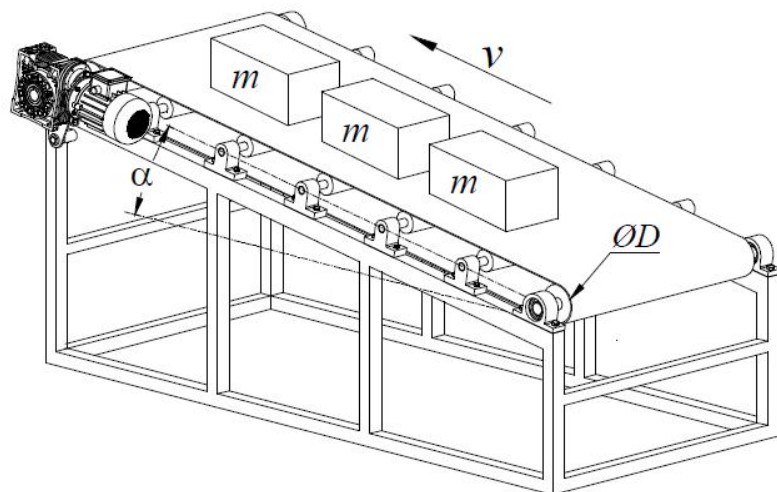
$$F = F_A + mg (\sin \theta + \mu \cos \theta) [\text{N}] \dots\dots\dots$$



Örnek 5

Parça Yüklü Konveyör

$m = 20 \times 15 = 300 \text{ kg}$
 $D = 150 \text{ mm}$
 $v = 0.4 \text{ m/s}$
 $\eta = 0.9$
 $\alpha = 20^\circ$
 $n = ?$
 $P = ?$

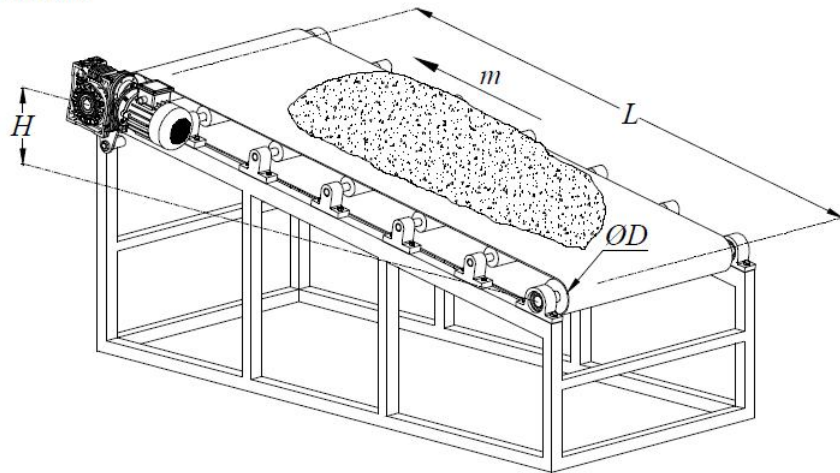


Her biri 20 kg olan 15 kasa 0,4 m/s lik bir hızla taşınacaktır. Konveyörün eğimi 20° dir. Hareket veren tambur çapı 150 mm , verim 0,9 dür. Tamburun devrini ve motor gücünü bulunuz.

Örnek 5

Dökme Yük Taşıyan Konveyör

$$\begin{aligned}
 m &= 250 \frac{\text{ton}}{\text{saat}} \\
 D &= 350 \text{ mm} \\
 v &= 0.6 \text{ m/s} \\
 \eta &= 0.96 \\
 L &= 90 \text{ m} \\
 H &= 12.5 \text{ m} \\
 n &= ? \\
 P &= ?
 \end{aligned}$$



- Saatte 250 ton çakıl taşınacaktır. Konveyör uzunluğu 90 m. yüksekliği 12.5m dir. Konveyör hızı 0.6 m/s hareket veren tambur çapı 350 mm, redüktör verimi 0.96 dır. Güç ve tambur devrini hesaplayınız. Tamburun devrini ve motor gücünü bulunuz.

Asenkron motorun moment-devir sayısı karakteristiği

- M_A = Motorun ilk hareket momenti
 (Kalkınma momenti)
 M_S = Geçiş Momenti
 M_K = Motorun devrilme momenti
 M_M = Motorun momenti
 M_N = Nominal moment (Tahrik momenti)
 (Sabit işletme noktası)
 M_B = İvme moment ($M_M > M_L$)
 $M_L = M_Y$ = Yük moment
 I_A = Kalkınma akımı
 I_N = Nominal akımı (Sabit işletme noktası)
 n = devir sayısı
 n_n = Sabit işletme noktasındaki devir sayısı
 (nominal devir sayısı)
 n_s = Senkron devir sayısı

