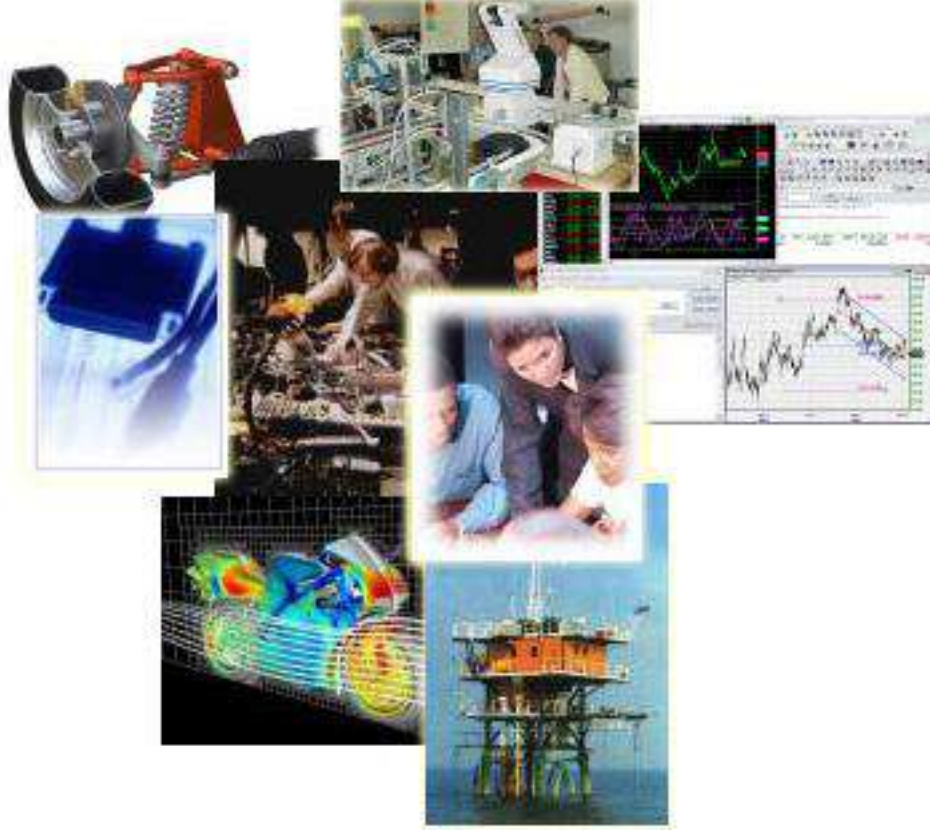




Mekanik Uygulamalar

Revizyon 02/2011
UO1/0111

Uygulama Örnekleri 1



YILMAZ REDÜKTÖR A.Ş.

1958 Yılında Mesut Yılmaz tarafından kurulan Yılmaz Redüktör, 1963 yılından itibaren sadece redüktör konusunda uzman bir kuruluş olarak seri, standart, ekonomik, kaliteli redüktörlerin üretimine başlamıştır. 1970 yılında; bugün merkez ofisimizin bulunduğu 1.000 m² alanda üretime devam etmiştir.



Kurucumuz:
Our founder: Mesut YILMAZ

Our Company YILMAZ REDUKTOR was founded in the year 1958, by Mesut Yılmaz. Since 1963 our company started to concentrate only its gearbox production as serial, standard, economic and top quality. Between 1970-1987 the production has been established in today's head office. The biggest

gearbox factory of Turkey has established by our company at Beylikduzu, İstanbul in 1987.

Teknolojiye sürekli yatırım yapan firmamız 1987 yılında Beylikdüzü'nde yer alan Türkiye'nin en büyük redüktör fabrikasını kurmuş, 23.000 m² alan üzerine kurulu fabrikasında üretime devam etmiştir. CNC işleme ve transfer hatları, son teknolojinin imkanları nispetinde modern tesisler, deneyimli, bilgi ve beceriye sahip mühendis, usta ve kalifiye elemanları ile ürettiği tüm redüktörlerin Ar-Ge, tasarım ve planlaması üzerinde tam hakimiyet kuran işletmemiz; bu sayede standart, sessiz, titreşimsiz ve yüksek verimli redüktörler üretmektedir.

Today, YILMAZ REDUKTOR produces vibrationless, high efficient, standard and serial products in our large (23.000m²) integrated modern plants with fully CNC, modern machines and transfer lines. Our highly qualified staff has total control on planning, designing and technical research activities.

Avrupa, Amerika, Ortadoğu ve Afrika'da bir çok ülkeye ihracat yapan firmamızı; ürünleri ile satış öncesi ve sonrası hizmetini, yurtiçi ve yurtdışındaki distribütörleri aracılığıyla veya direkt olarak müşterilerine sunmaktadır.

On the other hand YILMAZ REDUKTOR exports its products to various countries in EEC, America, Middle East and Africa through distributors or directly with before and after sale services.





İçindekiler

Giriş	3
Temel Formüller	4
1 Motorun harcadığı güç.....	4
2 Motorun verdiği güç.....	4
3 Harcanan güç.....	4
3.a Doğrusal hareket.....	4
3.b Dönme hareketi.....	4
3.c Vantilatör gücü	4
3.d Kaldırma hareketi.....	5
3.e Pompa gücü	5
4 Döndürme momenti.....	5
5 Atalet momenti.....	5
5.a Dolu silindir için.....	5
5.b Delikli silindir için.....	5
6 Lineer hareket ataletinin motor miline indirgenmesi.....	5
7 Dönen hareket ataletinin motor miline indirgenmesi.....	6
8 Farklı devirlerdeki dönme hareketi ataletinin motor miline indirgenmesi.....	6
9 Motor kalkış zamanı.....	6
9.a Frensiz motorlar.....	6
9.b Frenli motorlar.....	6
10 Durma zamanı.....	7
10.a Frenli motorlar.....	7
10.b Frensiz motorlar.....	7
11 Durma devir sayısı.....	7
11.a Frensiz motorlar.....	7
11.b Frenli motorlar.....	8
12 Kalkış Yolu.....	8
11.a Frensiz motorlar.....	8
11.b Frenli motorlar.....	8
13 Duruş yolu.....	8
13.a Frensiz motorlar.....	8
13.b Frenli motorlar.....	8
14 Yuvarlanma direnci.....	9
15 Sürtünme direnci.....	9
16 Doğrusal harekette gerekli güç.....	9
17 Düşey harekette gerekli güç.....	9
18 Konveyörde gerekli güç.....	9
19 Çift tahrikli krenlerin yürütülmesinde, kedinin yanda olduğu durumda, tek tekerin güç payı.....	10
20 Vidalı kaldırıcılarda gerekli moment.....	10
21 Vidalı kaldırıcılarda gerekli güç.....	10
22 İvmelenme için gerekli güç.....	10
22.a Doğrusal hareket.....	10
22.b Döner hareket.....	10



Hesaplama Örnekleri	11
1 Rayda yürüyen araba.....	11
2 Kren yürütme.....	13
3 Rulo destekli lastik bantlı konveyör.....	19
4 Çelik saç destek üzerinde plastik bant sürükleyerek yük aktaran konveyör...	21
5 Vidalı kaldırıcı.....	23
6 Halatlı Kaldırıcı.....	24
7 Döner Tamburlar.....	27
Ekler	28
1 Servis faktörü eğrisi.....	29
2 Katsayılar.....	29
Yatak sürtünmesi.....	29
Ray-tekerde, tekerin kılavuz sürtünmesi.....	30
Farklı malzeme çiftlerine göre sürtünme katsayısı.....	30
Yuvarlanma sürtünmesi.....	31
3 Çıkış miline gelen radyal yükler.....	32
4 Standart fren açma kapama zamanı.....	32
5 Birim dönüşümleri.....	33
6 Üçgen formülleri.....	37
7 Alan hesapları.....	37
8 Hacim hesapları.....	41
9 Ağırlık merkezleri.....	44
10 Temel dişli hesapları.....	45
11 Tahvil oranları.....	50
12 Kütle atalet momentleri.....	51



Giriş

Bu kitapçığın amacı, temel hesaplama yöntemleri hakkında bilgi vermek ve makinanızın hesabından başlayarak redüktör seçimlerinde yardımcı olmaktır. Formüller fizik yasaları esas alınarak ideal şartlar için verilmiştir. Hesap sonuçlarının doğruluğu, sisteminizin fiziksel modelinin doğru oluşturulmasına bağlıdır. Başta varsayımı yapılan ideal şartlardan sapmalar olabileceğini de göz önünde tutarak bir hesaplama yapılması ve en kötü şartların göz önünde bulundurulması hesabınızın doğruluğunu artıracaktır. Kesin fizik yasalarının yanında, ampirik formüller ile yaklaşım yapılan modeller ve formüller de bir hayli yaygındır. Bu tür formüllerin kullanımında, deney sonuçlarından elde edilen katsayılar kullanılmaktadır. Bu katsayıların doğruluğu, sisteminiz ile deneyi yapılan sistemin birbirine uyumlu olmasına bağlıdır. Benzer şekilde hesaplamalarda vazgeçilmez değerler olan sürtünme ve yuvarlanma katsayılarında deneylerle belirlenip farklı kaynaklarda verilmektedir. Burada da eşleşen malzeme çifti ve malzemenin yüzey pürüzlükleri, arada yağlayıcı olup olmaması gibi birçok etkenlere bağlı olarak bu katsayılar farklılık göstermektedir. Aynı malzeme çifti için verilen değerler, farklı şartlar altında 20 kata kadar farklılık gösterebilir. Bu da hesabınızda 20 katlık bir hataya sebebiyet verebilir. Bu tür katsayıların seçiminde de çok dikkatli davranılmalı ve en uygun malzeme çifti için katsayılar belirlenmeli veya mümkünse deneylerden belirlenmelidir. Bu kitapçıkta verilen katsayılar ortalama değerler göz önünde tutularak verilmiştir. YILMAZ REDÜKTÖR, tüm bu şartlar göz önünde bulundurulduğunda, bu kitapçık kullanılarak yapılan hesaplamalardan sorumlu tutulamaz.



Temel Formüller

1. Motorun harcadığı güç

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\phi / 1000$$

P: Güç [kW]

U: Gerilim [Volt]

I: Akım [Amper]

cosφ : Güç Faktörü

2. Motorun verdiği güç

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\phi \times \eta / 1000$$

P: Güç [kW]

U: Gerilim [Volt]

I: Akım [Amper]

cosφ : Güç Faktörü

η: Verim

3. Harcanan güç

3.a. Doğrusal hareket

$$P = \frac{F \times v}{1000 \times \eta}$$

P: Güç [kW]

F: Kuvvet [N]

v: Hız [m/sn]

η: Verim

3.b Dönme hareketi

$$P = \frac{M \times n}{9550 \times \eta}$$

P: Güç [kW]

M: Moment [Nm]

n: Devir [d/d]

η : Verim

3.c Vantilatör gücü

$$P = \frac{V \times n}{1000 \times \eta}$$

P: Güç [kW]

V: Hava Debisi [m³/s]

n: Devir [d/d]

η : Verim



3.d. Kaldırma hareketi

$$P = \frac{m \times g \times v}{1000 \times \eta}$$

P: Güç [kW]
m: Kütle [kg]
g: Yerçekimi İvmesi [m/s²]
v: Hız [m/s]
η: Verim

3.e. Pompa gücü

$$P = \frac{V \times p}{1000 \times \eta}$$

P: Güç [kW]
V: Debi [m³/sn]
p: Toplam basınç [N/m²]
η: Verim

4. Döndürme momenti

$$M = 9550 \times \frac{P}{n}$$

M: Döndürme momenti [Nm]
P: Güç [kW]
n: Devir [d/d]

5. Atalet momenti

5.a. Dolu silindir için

$$J = 98 \times \rho \times l \times D^4$$
$$= \frac{m \times r^2}{2}$$

J: Silindir Merkezindeki Atalet momenti [kg.m²]
ρ : Özgül kütle [kg/dm³]
l: Uzunluk [m]
D: Dış Çap [m]
r: Yarı Çap [m]
m: Kütle [kg]

5.b) Delikli silindir için

$$J = 98 \times \rho \times l \times (D^4 - d^4)$$
$$= m \times r^2$$

J: Silindir Merkezindeki Atalet momenti [kg.m²]
ρ : Özgül kütle [kg/dm³]
l: Uzunluk [m]
D: Dış Çap [m]
d: İç Çap [m]
m: Kütle [kg]
r: Yarıçap [m]

6. 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.m²]
m: Hareket eden kütle [kg]
v: Hız [m/sn]
n₁: Motor devri [d/d]



7. 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 kütlenin atalet momenti [kg.m²]

n_1 : Motor devri [d/d]

n_2 : Dönen kütlenin devri [d/d]

8. 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]

9. Motor kalkış zamanı

9.a. Frensiz motorlar

$$t_a = \frac{J_{top.} \times n_1}{9.55 \times M_m}$$

t_a : Motor kalkış zamanı [sn]

$J_{top.}$: Toplam motor atalet momenti [kg.m²]

$J_{mot.}$: Motorun kendi atalet momenti [kg.m²]

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

n_1 : Motor devri [d/d]

M_m : Motora etkiyen moment [Nm]

M_A : Motor kalkış momenti [Nm]

M_L : Gerekli tahrik momenti [Nm]

η : Verim

Yatay, döner veya dikey yukarı hareketde;

$$M_m = M_A - M_L$$

Dikey aşağı hareketde;

$$M_m = M_A + M_L \times \eta^2$$

9.b. Frenli motorlar

$$t_a = \frac{J_{top.} \times n_1}{9.55 \times M_m} + t_1$$

t_a : Motor kalkış zamanı [sn]

$J_{top.}$: Toplam motor atalet momenti [kg.m²]

$J_{mot.}$: Motorun kendi atalet momenti [kg.m²]

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

n_1 : Motor devri [d/d]

M_m : Motora etkiyen moment [Nm]

M_A : Motor kalkış momenti [Nm]

M_L : Gerekli tahrik momenti [Nm]

t_1 : Fren bırakma zamanı [sn]

η : Verim

Yatay, döner veya dikey yukarı hareketde;

$$M_m = M_A - M_L$$

Dikey aşağı hareketde;

$$M_m = M_A + M_L \times \eta^2$$



10. Durma zamanı

10.a. Frensiz Motorlar

$$t_b = \frac{J_{top.} \times n_1}{9.55 \times (M_B \pm M_L \times \eta^2)}$$

+ : Yük frenleyici etki yapıyorsa
(Örnek: Yukarı hareket eden asansörler)
- : Yük tahriğe yardımcı oluyorsa
(Örnek: Aşağı hareket eden asansörler)

$$J_{top.} = J_{mot.} + J_{ind.} \times \eta$$

t_b : Durma zamanı [sn]

$J_{top.}$: Toplam kütleli atalet momenti [kg.m²]

n_1 : Motor devri [d/d]

M_B : Fren momenti [Nm]

(Fren harici, frenleme momentleri. Örnek: Motorun kendini kullanarak frenleme. $M_B=0$ için serbest duruş)

M_L : Gerekli tahrik momenti [Nm]

$J_{mot.}$: Motorun kendi atalet momenti [Nm]

$J_{ind.}$: Motora indirgenmiş atalet momenti [Nm]

η : Verim

10.b. Frenli Motorlar

Yük frenleyici etki yapıyorsa
(Örnek: Yukarı hareket eden asansörler);

$$t_b = \frac{J_{top.} \times (n_1 - \Delta n)}{9.55 \times (M_B + M_L \times \eta^2)} + t_2$$

Yük tahriğe yardımcı oluyorsa
(Örnek: Aşağı hareket eden asansörler)

$$t_b = \frac{J_{top.} \times (n_1 + \Delta n)}{9.55 \times (M_B - M_L \times \eta^2)} + t_2$$

$$J_{top.} = J_{mot.} + J_{ind.} \times \eta$$

$$\Delta n = \frac{9.55 \times M_L \times \eta^2 \times t_2}{J_{mot.} + J_{ind.} \times \eta}$$

t_b : Durma zamanı [sn]

$J_{top.}$: Toplam kütleli atalet momenti [kg.m²]

n_1 : Motor devri [d/d]

M_B : Frenin momenti [Nm]

M_L : Gerekli tahrik momenti [Nm]

t_2 : Fren devreye girme zamanı (kontakın kapanması ve bobinin manyetik doyuma ulaşarak çekmesi) [sn]

$J_{mot.}$: Motorun kendi atalet momenti [Nm]

$J_{ind.}$: Motora indirgenmiş atalet momenti [Nm]

η : Verim

Δn : Fren devreye girene kadar devir değişimi

11. Durma devir sayısı

11.a. Frensiz motorlar

(Yatay hareketlerde)

$$U_N = \frac{n \times t_b}{120}$$

U_N : Durana kadar atılan tur sayısı

n : Başlangıç devir sayısı [d/d]

t_b : Durma zamanı [sn]



11.b. Frenli motorlar

$$U_N = \frac{(n \pm \Delta n) \times t_b + (2 \times n \pm \Delta n) \times t_2}{120}$$

+ : Yük tahriğe yardımcı oluyorsa
(Örnek: Aşağı hareket eden asansörler)
- : Yük frenleyici etki yapıyorsa
(Örnek: Yukarı hareket eden asansörler)

U_N : Durana kadar atılan tur sayısı

n : Başlangıç devir sayısı [d/d]

t_b : Durma zamanı [sn]

t_2 : Fren devreye girme zamanı (kontakın kapanması ve bobinin manyetik doyuma ulaşp çekmesi) [sn]

Δn : Fren devreye girene kadar devir değişimi [d/d]

$$\Delta n = \frac{9.55 \times M_L \times \eta^2 \times t_2}{J_{mot.} + J_{ind.} \times \eta}$$

12. Kalkış yolu

12.a. Frensiz motorlarda

$$S_a = 0.5 \times t_a \times v \times 1000$$

S_a : Kalkış yolu [mm]

t_a : Kalkış zamanı [sn]

v : Ulaşacağı hız [m/sn]

12.b. Frenli motorlar

$$S_a = 0.5 \times (t_a - t_1) \times v \times 1000$$

S_a : Kalkış yolu [mm]

t_a : Kalkış zamanı [sn]

t_1 : Fren bırakma zamanı [sn] (Fren yoksa, $t_1=0$)

v : Ulaşacağı hız [m/sn]

13. Duruş yolu

13.a. Frensiz motorlar

$$S_b = 0.5 \times t_b \times v \times 1000$$

S_b : Kalkış yolu [mm]

t_b : Kalkış zamanı [sn]

v : İlk hız [m/sn]

13.b. Frenli motorlar

$$S_b = v \times \left[t_2 \times \left(\frac{n \mp \frac{\Delta n}{2}}{n} \right) + 0.5 \times t_k \times \left(\frac{n \mp \Delta n}{n} \right) \right] \times 1000$$

S_b : Duruş yolu [mm]

v : İlk hız [m/sn]

t_k : Frende durma zamanı [sn]

t_2 : Fren devreye girme zamanı [sn]

t_b : Duruş zamanı [sn]

n : Motor devri [d/d]

Δn : Fren devreye girene kadar devir değişimi [d/d]

M_L : Gerekli tahrik momenti [Nm]

η : Verim

$J_{mot.}$: Motorun kendi atalet momenti [kg.m²]

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

+ : Yük tahriğe yardımcı oluyorsa
(Örnek: Aşağı hareket eden asansörler)
- : Yük frenleyici etki yapıyorsa
(Örnek: Yukarı hareket eden asansörler)

$$t_k = t_b - t_2 \quad \Delta n = \frac{9.55 \times M_L \times \eta^2 \times t_2}{J_{mot.} + J_{ind.} \times \eta}$$



14. Yuvarlanma direnci

$$F_f = m \times g \times \left[\frac{2}{D} (\mu_L \times \frac{d}{2} + f) + c \right]$$

F_f : Yuvarlanma direnci [N]
 m : Toplam kütle [kg]
 g : Yerçekimi ivmesi [m/sn²]
 D : Ray tekeri çapı [mm]
 μ_L : Rulman sürtünme direnci katsayısı
 d : Rulman yuvarlanma çapı [mm]
 f : Yuvarlanma direnci [mm]
 c : Ray kılavuzlama ek direnc katsayısı

15. Sürtünme direnci

$$F_g = m \times g \times \mu$$

F_g : Yuvarlanma direnci [N]
 m : Toplam kütle [kg]
 g : Yerçekimi ivmesi [m/sn²]
 μ : Sürtünme katsayısı

16. Doğrusal harekette gerekli güç (örnek: rayda yürüyen araba)

$$P = \frac{F_d \times v}{1000 \times \eta}$$

P : Gerekli Güç [kW]
 F_d : Direnç Kuvveti (Yuvarlanma: F_f , Sürtünme F_g) [N]
 v : Yürütme hızı [m/sn]
 η : Verim

17. Düşey harekette gerekli güç (örnek: vinçler)

$$P = \frac{m \times g \times v}{1000 \times \eta}$$

P : Gerekli güç [kW]
 m : düşey ağırlık
 g : yerçekimi ivmesi [m/sn²]
 v : Düşey hız [m/sn]
 η : Verim

18. Konveyörlerde gerekli güç

$$P = \frac{A \times m \times v}{1000 \times \eta}$$

Rulolar üzerinde yuvarlanan bantlı tip için:

$$A = \left[\frac{2}{D} \times \left(\mu_L \times \left(\frac{d}{2} \right) + f \right) + \sin \alpha \right] \times g$$

Birbiri üzerinde sürtünen bantlı tipler için;

$$A = (\sin \alpha + \mu \times \cos \alpha) \times g$$

m : Konveyör üzerindeki toplam bant+yük ağırlığı [kg]
 v : Bant hızı [m/sn]
 η : Verim
 D : Destek tamburları çapı [mm]
 d : Destek tambur rulmanları göbek çapı [mm]
 f : Yuvarlanma direnci [mm]
 α : Konveyörün yatayla açısı [derece]
 g : yerçekimi ivmesi [m/sn²]
 μ : Sürtünme direnç katsayısı
 μ_L : Rulman sürtünme direnci katsayısı



19. Çift tahrikli krenlerin yürütmesinde, kedinin yanda olduğu durumda, tek tekerdeki güç payı

$$P' = P_L \times \frac{m_{kren} + 2 \times (m_{kedi} + m_{yük})}{\sum m}$$

P' : Tek tekerlerdeki güç payı [kW]

P_L : Simetrik durumda, tek teker yürütme gücü [kW]

m_{kren} : Kren kütlesi [kg]

m_{kedi} : Kedinin kütlesi [kg]

$m_{yük}$: Krenin yük kapasitesi [kg]

20. Vidalı kaldırıcılarda gerekli moment

$$M = m \times g \times r_m \times \tan(\alpha + \rho)$$

$$\rho = \tan^{-1}(\mu)$$

M : Yüğü kaldırmak için gerekli moment [Nm]

m : Kaldırılacak kütle [kg]

g : Yerçekimi ivmesi [m/sn²]

α : Vida açısı [derece]

ρ : Sürtünme açısı [derece]

μ : Vida somun arası sürtünme katsayısı

21. Vidalı kaldırıcılarda gerekli güç

$$P = \frac{[m \times g \times r_m \times \tan(\alpha + \rho)] \times n}{9550 \times \eta}$$

$$\rho = \tan^{-1}(\mu)$$

P : Yüğü kaldırmak için gerekli Güç [kW]

M : Yüğü kaldırmak için gerekli moment [Nm]

m : Kaldırılacak kütle [kg]

g : Yerçekimi ivmesi [m/sn²]

α : Vida açısı [derece]

ρ : Sürtünme açısı [derece]

μ : Vida somun arası sürtünme katsayısı

n : Vida devri [d/d]

η : Verim (Tahrik sistemi ve bağlantı elemanları)

22. İvmelenme için gerekli güç

22.a. Doğrusal hareket

$$P = \frac{m \times \Delta v^2}{1000 \times t_a \times \eta}$$

P : İvmelenmek için gerekli güç [kW]

m : İvmelenecek kütle [kg]

Δv : hız farkı [m/sn]

t_a : Hız farkının oluştuğu zaman [sn]

η : Verim

J : Dönen elemanın kütleli ataleti [kg.m²]

Δn : Devir farkı

22.b. Döner hareket

$$P = \frac{J \times \Delta n^2}{91.2 \times 1000 \times t_a \times \eta}$$



Hesaplama Örnekleri

1. Rayda yürüyen araba

Ray üzerinde yürüyen bir taşıyıcı araç yapılacaktır. Araç ve yük bilgileri aşağıdaki gibidir;

Toplam araç ve yük ağırlığı: 3000 kg

İlerleme hızı: 0,3 m/sn

Teker çapı: 300 mm

Teker rulmanı çapı: 80mm

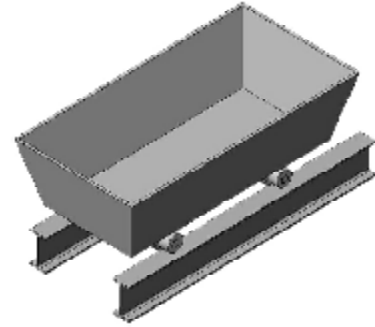
Ray ve teker: Çelik üzerine çelik ve kılavuzlu

Verim: 0,85

Günlük çalışma saati: 16 saat, saatte 50 çevrim

Redüktör delik milli olup, doğrudan tekeri tahrik edecektir

Gerekli motor gücü ve redüktör devri aranmaktadır.



örnek hesap çözümü:

14 Numaralı formülden;

$$F_f = m \times g \times \left[\frac{2}{D} (\mu_L \times \frac{d}{2} + f) + c \right] \quad \mu_L = 0.005, f=0.5, c=0.005 \text{ (Ekler bölümüne bakınız)}$$

$$F_f = 3000 \times 9.81 \times \left[\frac{2}{300} (0.005 \times \frac{80}{2} + 0.5) + 0.005 \right] = 284 N$$

3.a numaralı formülden;

$$P = \frac{F \times v}{1000 \times \eta} \quad P = \frac{284 \times 0.3}{1000 \times 0.85} = 0.10 kW$$

Seçilen motor:

0,25 kW, 1380 d/d, Asenkron AC motor

Motor kataloğundan;

$$M_N = 1.73 \text{ Nm}, M_A / M_N = 1.8, J_{mot.} = 0.00037 \text{ kg.m}^2$$

Motorun kalkış ivmesini karşılayıp karşılamadığına bakalım;

$$M_A = M_N \times \left(\frac{M_A}{M_N} \right) = 1.73 \times 1.8 = 3.114 \text{ Nm}$$

6 numaralı formülden;

$$J_{ind.} = 91.2 \times m \times \frac{v^2}{n_1^2} \quad J_{ind.} = 91.2 \times 3000 \times \frac{0.3^2}{1380^2} = 0.0129 \text{ kg.m}^2$$



9.a formülünden;

$$J_{top.} = J_{mot.} + \frac{J_{ind.}}{\eta} \quad J_{top.} = 0.00037 + \frac{0.0129}{0.85} = 0.0155 \text{ kg.m}^2$$

3.b formülünden;

$$M_L = 9550 \times \frac{0.10}{1380} = 0.69 \text{ Nm} \quad (\text{Not : Verim } 0.10 \text{ kW}'\text{ın içinde hesaplı. Birdaha çarpmayın})$$

$$t_a = \frac{J_{top.} \times n_1}{9.55 \times (M_A - M_L)}$$

$$t_a = \frac{0.0155 \times 1380}{9.55 \times (3.114 - 0.69)} = 0.92 \text{ sn}$$

1sn ve altındaki kalkış süreleri idealdir. Motorlar max. 3sn kalkış sürelerine çıkarılmalıdır. Daha ufak bir motor gücü, kalkış süresini 1sn'nin üzerine çıkaracaktır.

Redükör seçiminde servis faktörünün tespiti için, atalet faktörünü hesaplayalım;

$$F_i = \frac{J_{ind.}}{J_{mot.}} = \frac{0.0129}{0.00037} = 34.8 \quad F_i > 3 \text{ olduğundan, yük sınıfı H dır. (Bakınız ekler, Servis Faktörü bölümü)}$$

Ekte verilen servis faktörü tablosundan günlük 16 saat çalışma ve saatte 50 çevrim için, $f_s = 1.6$ seçilir.

$$n = \frac{v \times 60}{\pi \times D} = \frac{0.3 \times 60}{\pi \times 0.300} = 19 \text{ d / d}$$

Ortaya çıkan redüktör ihtiyacı:

$P = 0.25 \text{ kW}$, 19 d/d , $f_s \geq 1.6$, Delik milli tip redüktör

Örnek Seçim:

$0,25 \text{ kW}$, 19 d/d , $f_s \geq 1.7$, DR2300-71/4a

Redüktörün delik milli olması ve tahrik miline direkt bağlanarak, tork kolu ile sabitlenmesi halinde, radyal yükler ihmal edilebilir. Bu örnekte çıkış miline gelen radyal yükler bu nedenle kontrol edilmemiştir. Buradaki yürütme sisteminde bir fren öngörülmemiştir. Frenli hesaplamalar için ilerideki örneklerle bakınız.



2. Kren yürütme

Kren yürütmesi için redüktör seçilecektir. Kren bilgileri aşağıdaki gibidir;

Kren ağırlığı: 10 000 kg

Kedi ağırlığı: 3 000 kg

Yük ağırlığı: 15.000 kg

İlerleme hızı: 0,2-0,8 m/sn

Teker çapı: 450 mm

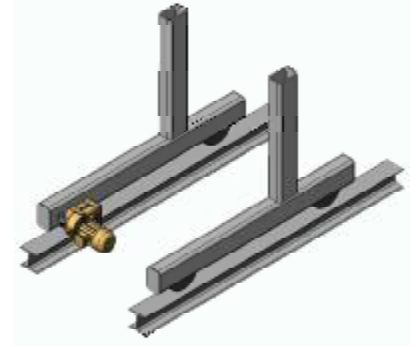
Teker rulmanı çapı: 90mm

Ray ve teker: Çelik üzerine çelik ve kılavuzlu

Verim: 0,85

Günlük çalışma saati: 16 saat, saatte 300 çevrim

Redüktör delik milli olup, 1/3 aktarma dişlileri ile tekere iletilecektir. Aktarma dişlileri çapları sırası ile 140mm, 420mm dir. Toplam 2 redüktör kullanılması düşünülmektedir. Gerekli motor gücü ve redüktör devri aranmaktadır. Kalkış esnasında tekerlerin kaymaması ve halat açısının 5 dereceyi geçmemesi istenmektedir. Bu şartların gerçekleşmesi kontrol edilecektir. Frenin seçimi yapılacaktır. Rüzgarsız bir ortam kabul edilecek ve rüzgar gücü ihmal edilecektir.



Örnek hesap çözümü:

Halatın yer dikmesi (çekülü) ile 5 dereceyi geçmemesi istenmektedir. Bu durumda müsaade edilecek kalkış ivmesini hesaplayalım;

$$a \leq g \times \tan \alpha = 9.81 \times \tan 5 = 0.85 \text{ m / sn}^2$$

Vinç tekerinin kalkış esnasında patinajı istenmemektedir. Tekerler kaymaya başladığı ivme değerini hesaplayalım;

$$a \leq \frac{g \times \mu_0}{k} = \frac{9.81 \times 0.12}{2} = 0.58 \text{ m / sn}^2 \quad k: \text{ tahrik eden teker sayısı, } \mu_0 \text{ statik sürtünme (eklere bakınız)}$$

Sistemin yüksek hızda, boş (B) ve yükte (Y), kalkış ivmesini bulmalıyız ve yukarıda hesaplanan değerlerle karşılaştırmalıyız. Yuvarlanma direncini 14 nolu formülden hesaplayalım;

$$F_Y = m \times g \times \left[\frac{2}{D} (\mu_L \times \frac{d}{2} + f) + c \right] \quad F_Y = 28000 \times 9.81 \times \left[\frac{2}{450} (0.005 \times \frac{90}{2} + 0.5) + 0.002 \right] = 1434 \text{ N}$$

$$F_B = m \times g \times \left[\frac{2}{D} (\mu_L \times \frac{d}{2} + f) + c \right] \quad F_B = 13000 \times 9.81 \times \left[\frac{2}{450} (0.005 \times \frac{90}{2} + 0.5) + 0.002 \right] = 666 \text{ N}$$



Boşta ve yükte , yüksek hızda gerekli motor güçleri 3.a formülünden (k : tahrik teker sayısı);

$$P_Y = \frac{F_Y \times v}{1000 \times \eta \times k} = \frac{1434 \times 0.8}{1000 \times 0.85 \times 2} = 0.67 kW$$

$$P_B = \frac{F_B \times v}{1000 \times \eta \times k} = \frac{666 \times 0.8}{1000 \times 0.85 \times 2} = 0.31 kW$$

Krenlerde kedi bir tarafta olduğunda dengesiz yük oluşur. Bu nedenle 19 numaralı formülden;

$$P_Y' = P_Y \times \frac{m_{kren} + 2 \times (m_{kedi} + m_{yük})}{\sum m} = 0.67 \times \frac{10000 + 2 \times (3000 + 15000)}{28000} = 1.1 kW$$

Seçilen motor (ataletleri yenebilmek için büyük seçilecektir);

0.5 - 2 kW , 670-2835 d/d Çift devirli Asenkron 3 faz AC motor.

Motor kataloğundan;

$$M_A / M_N = 1.7 - 2.2$$

$$M_N = 7.1 - 6.7 Nm$$

$$J_{mot.} = 0.0044 kg.m^2 \text{ (fren ataleti dahil. Döküm fan kullanılmamıştır)}$$

Yüksek hızda, yükde ve boşta gerekli tahrik momentleri 3.b formülünden;

$$M_Y = \frac{P_Y \times 9550}{n_{mot.}} = \frac{0.67 \times 9550}{2835} = 2.26 Nm$$

$$M_B = \frac{P_B \times 9550}{n_{mot.}} = \frac{0.31 \times 9550}{2835} = 1.04 Nm$$

Yüksek hızda, yükte ve boşta motora indirgenmiş atalet momentleri 6 numaralı formülden (k : tahrik adedi);

$$J_Y = 91.2 \times \left(\frac{1}{k} \times m_Y \right) \times \frac{v^2}{n_{mot.}^2} = 91.2 \times \left(\frac{1}{2} \times 28000 \right) \times \frac{0.8^2}{2835^2} = 0.1017 kg.m^2$$

$$J_B = 91.2 \times \left(\frac{1}{k} \times m_B \right) \times \frac{v^2}{n_{mot.}^2} = 91.2 \times \left(\frac{1}{2} \times 13000 \right) \times \frac{0.8^2}{2835^2} = 0.0472 kg.m^2$$



Yüksek hızda, yüklü ve boş durumda kalkış zamanlarını 9.b formülüünden hesaplayalım. Butona basıldıktan sonra fren açılana kadar geçen zaman $t_1=0$ alınarak gerçek hareket halindeki ivmelenme zamanı bulunacaktır;

$$J_{top.Y} = J_{mot.} + \frac{J_Y}{\eta} = 0.0044 + \frac{0.1017}{0.85} = 0.1240 \text{ kg.m}^2$$

$$J_{top.B} = J_{mot.} + \frac{J_B}{\eta} = 0.0044 + \frac{0.0472}{0.85} = 0.060 \text{ kg.m}^2$$

$$t_{aY} = \frac{J_{top.Y} \times n_1}{9.55 \times (M_A - M_Y)} = \frac{0.1017 \times 2835}{9.55 \times (2.2 \times 6.7 - 2.26)} = 2.42 \text{ sn}$$

$$t_{aB} = \frac{J_{top.B} \times n_1}{9.55 \times (M_A - M_B)} = \frac{0.060 \times 2835}{9.55 \times (2.2 \times 6.7 - 1.04)} = 1.3 \text{ sn}$$

Kalkış ivmesi (Başta hesapladığımız patinaja düşme ivmesi olan 0.58 m/sn^2 den küçük olmalı);

$$a_Y = \frac{v}{t_{aY}} = \frac{0.8}{2.42} = 0.33 \text{ m / sn}^2 < 0.58 \text{ m / sn}^2$$

$$a_B = \frac{v}{t_{aB}} = \frac{0.8}{1.3} = 0.62 \text{ m / sn}^2 > 0.58 \text{ m / sn}^2$$

Görülyüorki, boşta yüksek hıza direkt kalkılması halinde, tekerler patinaj paparak kalkmaktadır. Bu başta istenen şartı karşılamıyor. Motor ataletini artırıcı, döküm fanlar veya yumşak kalkış unitesi kullanılmalı. $J_{fan}=0.01 \text{ kg.m}^2$ takılması halinde;

$$J_{top.Y} = J_{mot.} + \frac{J_Y}{\eta} = (0.0044 + 0.01) + \frac{0.1017}{0.85} = 0.1341 \text{ kg.m}^2$$

$$J_{top.B} = J_{mot.} + \frac{J_B}{\eta} = (0.0044 + 0.01) + \frac{0.0472}{0.85} = 0.070 \text{ kg.m}^2$$

$$t_{aY} = \frac{J_{top.Y} \times n_1}{9.55 \times (M_A - M_Y)} = \frac{0.134 \times 2835}{9.55 \times (2.2 \times 6.7 - 2.26)} = 3.2 \text{ sn}$$

$$t_{aB} = \frac{J_{top.B} \times n_1}{9.55 \times (M_A - M_B)} = \frac{0.070 \times 2835}{9.55 \times (2.2 \times 6.7 - 1.04)} = 1.5 \text{ sn}$$



Kalkış ivmesi (Başta hesapladığımız patinaja düşme ivmesi olan 0.58 m/sn^2 den küçük olmalı);

$$a_Y = \frac{v}{t_{aY}} = \frac{0.8}{3.2} = 0.25 \text{ m / sn}^2 < 0.58 \text{ m / sn}^2$$

$$a_B = \frac{v}{t_{aB}} = \frac{0.8}{1.5} = 0.53 \text{ m / sn}^2 < 0.58 \text{ m / sn}^2$$

Başta istenilen şart, motor pervanesinin döküm seçilmesi ile sağlanabilmektedir.

Fren Seçimi:

Yatay yürüyen sistemlerde fren ihtiyaç momenti şu yaklaşım formül ile bulunabilir;

$$M_{fren} \cong M_A - 2 \times M_Y \times \eta^2 = (2.2 \times 6.7) - 2 \times 2.26 \times 0.85^2 = 11.5 \text{ Nm}$$

16Nm statik, 12.8 Nm dinamik frenleme momenti olan bir fren seçelim (YILMAZ REDÜKTÖR kataloğundan)

10.b formülünden frenleme zamanını ve frenleme ivmesini hesaplayalım. İvmeli hareket zamanı bulunacağından, t_b hesaplanırken, frenin devreye girme zamanı $t_2=0$ alınacaktır;

$$J_{top.Y} = J_{mot.} + J_Y \times \eta = 0.0044 + 0.1017 \times 0.85 = 0.0908$$

$$J_{top.B} = J_{mot.} + J_B \times \eta = 0.0044 + 0.0472 \times 0.85 = 0.04452$$

$$\Delta n_Y = \frac{9.55 \times M_Y \times \eta^2 \times t_2}{J_{mot.} + J_Y \times \eta} = \frac{9.55 \times 2.26 \times 0.85^2 \times 0.015}{0.0044 + 0.1017 \times 0.85} = 2.6$$

$$\Delta n_B = \frac{9.55 \times M_B \times \eta^2 \times t_2}{J_{mot.} + J_B \times \eta} = \frac{9.55 \times 1.04 \times 0.85^2 \times 0.015}{0.0044 + 0.0472 \times 0.85} = 2.4$$

Δn Relatif olarak ufak olduğundan ihmal edilebilir. Ancak hesap yöntemimi göstermek için hesaplanmıştır. Yüksek ataletli düşük sürtünmeli uygulamalarda bu değer 0 alınabilir.

$$t_{b.Y} = \frac{J_{top.Y} \times (n_1 - \Delta n)}{9.55 \times (M_{Fren} + M_Y \times \eta^2)} + t_2 = \frac{0.0908 \times (2835 - 2.6)}{9.55 \times (12.8 + 2.26 \times 0.85^2)} + 0 = 1.87 \text{ sn}$$

$$t_{b.B} = \frac{J_{top.B} \times (n_1 - \Delta n)}{9.55 \times (M_{Fren} + M_B \times \eta^2)} + t_2 = \frac{0.04452 \times (2835 - 2.4)}{9.55 \times (12.8 + 1.04 \times 0.85^2)} + 0 = 0.98 \text{ sn}$$



Frenleme ivmesini hesaplayalım;

$$a_Y = \frac{v}{t_{b,Y}} = \frac{0.8}{1.87} = 0.42m / sn^2 < 0.58m / sn^2$$

$$a_B = \frac{v}{t_{b,B}} = \frac{0.8}{0.98} = 0.81m / sn^2 > 0.58m / sn^2$$

Yüklü ve yüksek hızda iken, frenle durdurulması halinde vincin durması tekerlerin patinajı ile gerçekleşecektir. Aynı problem devir değişimi esnasında da gerçekleşebilir. 10.b Formülü kullanılarak 2835 d/d'dan 670d/d düşülmesi sırasında geçen zamanı ve ivmeyi kontrol edelim. Formülde geçen M_b yerine, motorun devir değişimi sırasında oluşturduğu fren etkisi, Δn yerinede düşük hız olan 670 kullanılacaktır;

Devir değişimi sırasında motorun fren etkisi yaklaşık olarak düşük hız kalkış momentinin 2 katıdır:

$$M_{B.mot.} = 2 \times (7.1 \times 1.7) = 24Nm$$

$$t_{b,Y} = \frac{J_{top,Y} \times (n_1 - n_2)}{9.55 \times (M_{B.mot.} + M_Y \times \eta^2)} + t_2 = \frac{0.0908 \times (2835 - 670)}{9.55 \times (24 + 2.26 \times 0.85^2)} + 0 = 0.80sn$$

$$t_{b,B} = \frac{J_{top,B} \times (n_1 - n_2)}{9.55 \times (M_{B.mot.} + M_B \times \eta^2)} + t_2 = \frac{0.04452 \times (2835 - 670)}{9.55 \times (24 + 1.04 \times 0.85^2)} + 0 = 0.41sn$$

$$a_Y = \frac{v \times \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)}{t_{b,Y}} = \frac{0.8 \times \left(1 - \frac{670}{2835}\right)}{0.8} = 0.76m / sn^2 > 0.58m / sn^2$$

$$a_B = \frac{v \times \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right)}{t_{b,B}} = \frac{0.8 \times \left(1 - \frac{670}{2835}\right)}{0.41} = 1.49m / sn^2 > 0.58m / sn^2$$

Sonuç olarak hem devir değişimi, hemde frenleme esnasında, teker patinaja düşmektedir. Devreye yumşak duruş ve devir değişim unitesi konulması gerekmektedir. Devir değişimi, zaman rölesi kullanarak devir değişim esnasında 2 fazlı beslemeye düşürmek ve momenti düşük tutmak yoluyla da yapılabilir. Kalkış esnasında döküm fan yeterli olmaktadır. Genel olarak vincin hızının düşürülmesi başka bir yoldur. Bu durumda tüm hesapların yeniden gözden geçirilmesi gerekir.



Gerekli redüktör devri;

$$n_{\text{düşüş}} = \frac{v \times 60}{\pi \times D} \times i = \frac{0.2 \times 60}{\pi \times 0.450} \times (420/140) = 26 \text{ d/d}$$

$$n_{\text{yüksek}} = \frac{v \times 60}{\pi \times D} \times i = \frac{0.8 \times 60}{\pi \times 0.450} \times (420/140) = 102 \text{ d/d} \quad i = 2835/102 \cong 27$$

Yük sınıfını belirlemek için atalet faktörünü hesaplayalım;

$$F_i = \frac{J_{\text{indmax}}}{J_{\text{mot}}} = \frac{0.1341}{0.0044} = 30 > 3 \quad \text{olduğundan, yük sınıfı H dir.}$$

Gerekli servis faktörü $f_s=1.7$ (Bakınız, ekler “Servis Faktörü” bölümü)

Redüktör max. çıkış momenti:

$$M_{2\text{max.}} = \frac{P_{\text{mot}} \times 9550}{n_2} \times f_s = \frac{2 \times 9550}{102} \times 1.7 = 318 \text{ Nm}$$

Gerekli radyal yük;

$$F_Q = \frac{M_{2\text{max.}} \times 2000}{d} = \frac{318 \times 2000}{140} = 4541 \text{ N}$$

Ortaya çıkan ihtiyaç:

2 adet 0.5-2kW, 660-2835 d/d , çift devirli motorlu, 16Nm döküm pervaneli frenli motor.
Bu motora akuple 2 adet $i=27$ tahvilli, servis faktörü 1.7 ve üzeri olan (max. momenti 318Nm ve üzeri), radyal yükü 4541 ve üzeri olan redüktör. Elektrik panosunda, yumuşak kalkış duruş ve devir değiştirme uniteleri.

Örnek Redüktör Seçimi:

(Bakınız YILMAZ REDÜKTÖR kataloğu)

2 adet 0,5-2kW, $i=30.48$, 22-93d/d , $M_{\text{max.}}=450\text{Nm}$ ($f_s>1.7$), $F_{\text{qgv}}=6400$, 16Nm 198V

AC, Döküm pervaneli frenli.

Redüktör tipi: KR273.01-100L/8/2,



3. Rulo destekli lastik bantlı konveyör hesabı;

Lastik bantlı bir konveyör ile dökme yük nakledilmek istenmektedir . Konveyör bilgileri aşağıdaki gibidir;

Günde 8saat çalışma, 1 çevrim/saat

Konveyör uzunluğu: 15 m

Rulo göbekleri: Rulmanlı, Rulman çapı: 35 mm

Rulo çapları: 80 mm

Konveyör tahrik tamburu çapı:450 mm

Konveyör hızı: 0.5 m/sn

Konveyör kapasitesi: 320 ton/saat

Bant Ağırlığı: 10 kg/m

verim:0,8

Konveyör eğimi: 5 derece

Tambur kafasına direkt bağlanacak helisel dişli delik milli bir redüktör seçimi yapılacaktır.

Örnek hesap çözümü:

Tambur devri:

$$n_{tambur} = \frac{v \times 60}{\pi \times D} = \frac{0.5 \times 60}{\pi \times 0.450} = 21 \text{ d / d}$$

Bir anda bant üzerindeki yük:

$$m_{yük} = \frac{Q \times l}{60 \times \pi \times D \times n} \times 1000 = \frac{320 \times 15}{60 \times \pi \times 0.450 \times 21} \times 1000 = 2695 \text{ kg}$$

Bantın ağırlığı;

$$m_{bant} = 2 \times l \times m' = 2 \times 15 \times 10 = 300 \text{ kg}$$

Toplam ağırlık;

$$m_{top.} = m_{bant} + m_{yük} = 2695 + 300 = 2995 \text{ kg}$$

18 numaralı formülden ($f=7$, $\mu_L:0.005$, bakınız ekler);

$$A = \left[\frac{2}{D} \times \left(\mu_L \times \left(\frac{d}{2} \right) + f \right) + \sin \alpha \right] \times g = \left[\frac{2}{80} \times \left(0.005 \times \left(\frac{35}{2} \right) + 7 \right) + \sin 5 \right] \times 9.81 = 2.59$$

$$P = \frac{A \times m \times v}{1000 \times \eta} = \frac{2.59 \times 2995 \times 0.5}{1000 \times 0.8} = 4.85 \text{ kW}$$



Seçilen motor;

5,5kW, 1415 d/d, 3 faz AC Asenkron motor

Motor kataloğundan;

$$M_A / M_N = 2.7, M_n = 37.1 \text{ Nm}, J_{mot.} = 0.093 \text{ kg.m}^2$$

Yükün motor miline indirgenmiş ataleti 6 nolu formülden;

$$J_{ind.} = 91.2 \times 2995 \times \frac{0.5^2}{1410^2} = 0.034 \text{ kg.m}^2$$

Yük sınıfının tespiti için atalet faktörünü hesaplayalım;

$$F_i = \frac{J_{ind.}}{J_{mot.}} = \frac{0.034}{0.093} = 0.36 < 3$$

$F_i > 0.2$ olduğundan yük sınıfı M'ye girmektedir. Günde 8 saat lik çalışma için $f_s = 1.2$ olmalı (Bakınız ekler "Servis Faktörü" bölümü).

Ortaya çıkan ihtiyaç:

5.5kW, 21d/d, helisel dişli delik milli redüktör. $f_s = 1.2$ ve üzeri (Geri kaçırmaması için fren veya kilit kullanmak gerekir. Ancak bu örnekte bu dikkate alınmamıştır).

Örnek redüktör seçimi:

5.5kW, 21d/d, $f_s = 1.3$, D6300-100L/4b



4. Çelik sac destek üzerinde plastik bant sürükleyerek yük aktaran konveyör;

Konveyör üzerinde kutular taşınarak nakledilecektir.

Konveyör bilgileri aşağıdaki gibidir;

Günde 8saat çalışma, 1 çevrim/saat

Konveyör uzunluğu: 15m

Konveyör tahrik tamburu çapı: 450mm

Konveyör hızı: 0.5m/sn

Nakledilecek tek kutu ağırlığı: 80kg

Ard arda kutu merkezleri arası min. mesafe: 30cm

Bant Ağırlığı: 1kg/m

verim: 0,8

Konveyör eğimi: 5 derece

Tambur kafasına direkt bağlanacak helisel dişli delik milli bir redüktör seçimi yapılacaktır.

Örnek hesap çözümü:

Tambur devri:

$$n_{tambur} = \frac{v \times 60}{\pi \times D} = \frac{0.5 \times 60}{\pi \times 0.450} = 21d / d$$

Bant üzerindeki oluşabilecek toplam yük:

$$m_{yük} = 15 / 0.3 \times 80 = 4000kg$$

Bantın ağırlığı;

$$m_{bant} = 2 \times l \times m' = 2 \times 15 \times 1 = 30kg$$

Toplam ağırlık;

$$m_{top.} = m_{bant} + m_{yük} = 4000 + 30 = 4030kg$$

18 numaralı formülden (μ : 0.25 , bakınız ekler);

$$A = (\sin \alpha + \mu \times \cos \alpha) \times g = (\sin 5 + 0.25 \times \cos 5) \times 9.81 = 3.3$$

$$P = \frac{A \times m \times v}{1000 \times \eta} = \frac{3.3 \times 4030 \times 0.5}{1000 \times 0.8} = 8.3kW$$



Seçilen motor;

11kW, 1455 d/d, 3 faz AC Asenkron motor

Motor kataloğundan;

$$M_A / M_N = 2.6, M_n = 72 \text{ Nm}, J_{\text{mot.}} = 0.047 \text{ kg.m}^2$$

Yükün motor miline indirgenmiş ataleti 6 nolu formülden;

$$J_{\text{ind.}} = 91.2 \times 4030 \times \frac{0.5^2}{1455^2} = 0.043 \text{ kg.m}^2$$

Yük sınıfının tespiti için atalet faktörünü hesaplayalım;

$$F_i = \frac{J_{\text{ind.}}}{J_{\text{mot.}}} = \frac{0.043}{0.047} = 0.91 < 3$$

$F_i > 0.2$ olduğundan yük sınıfı M'e girmektedir. Günde 8 saat lik çalışma için $f_s = 1.2$ olmalı (Bakınız ekler "Servis Faktörü" bölümü).

Ortaya çıkan ihtiyaç:

11kW, 21d/d, helisel dişli delik milli redüktör. $f_s = 1.2$ ve üzeri (Geri kaçırmaması için fren veya kilit kullanmak gerekir. Ancak bu örnekte bu dikkate alınmamıştır).

Örnek redüktör seçimi:

11kW, 21d/d, $f_s = 1.6$, KR773.00-160M/4



5. Vidalı kaldırıcı

Bir vida somun mekanizması ile 5 tonluk kütle yukarı ve aşağı 2m/dak hızla hareket ettirilecektir. Vida her iki taraftan yataklı ve eksenel yükler için tetbirleri alınmıştır. Vidanın tahriği için redüktör kullanılacaktır. Vida bilgileri aşağıdaki gibidir;

Günde 8 saat, 250çevrim/saat

Vida tipi: standart tek ağız trapez vida

Vida hatvesi: 10mm

Vida anma çapı: 70mm

Vida bölüm çapı: 65mm

Vida - somun malzemesi: Çelik-Dökme demir

Verim: 0.8

Redüktör devri ve motor gücü aranmaktadır.

Örnek çözüm:

21 numaralı formülden ($\mu_0=0.4$, bakınız ekler, çelik-dökme demir statik kuru sürtünme ortalama);

Saate 250 çevrim olduğundan, sistem sürekli statik sürtünmeye düşecektir. Bu nedenle statik sürtünme esas alınmıştır.

$$\rho = \tan^{-1}(\mu_0) = \tan^{-1}(0.4) = 22$$

Vida açısı:

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{s}{\pi \times d}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{10}{\pi \times 65}\right) = 2.8$$

Vida devri:

$$n = \left(\frac{v}{s}\right) = \left(\frac{2}{0.01}\right) = 200 \text{ d / d}$$

$$P = \frac{[m \times g \times r_m \times \tan(\alpha + \rho)] \times n}{9550 \times \eta} = \frac{[5000 \times 9.81 \times (65 / 2000) \times \tan(2.8 + 22)] \times 200}{9550 \times 0.8} = 19kW$$

Seçilen Redüktör;

22kW, 211d/d, NR472-180L/4, fs=1.0



6. Halatlı Kaldırıcı

Bir tambur halat mekanizması ile 5 tonluk kütle 7m/dak hızla kaldırılacaktır. 2 Donam bir halat sistemi düşünülmektedir. Tambur çapı 350mm dir. Tambur iki taraftan yataklanmıştır.

*Günde 8 saat, 50 çevrim/saat
Verim: 0.8*

Redüktör devri ve motor gücü ve fren momenti aranmaktadır.

Örnek çözüm:

17 Numaralı formülden motor gücünü tespit edelim;

$$P = \frac{m \times g \times v}{1000 \times \eta} = \frac{5000 \times 9.81 \times (7 / 60)}{1000 \times \eta} = 7.15 kW$$

Tambur devri;

$$n = \frac{v}{\pi \times d} \times k = \frac{7}{\pi \times 0.350} \times 2 = 13 d / d$$

Seçilen motor;

7.5kW, 1430d/d, 3 faz asenkron AC motor

$M_N = 50.1$, $M_A / M_N = 2.5$, $J_{mot.} = 0.022 kg.m^2$

6 Numaralı formülden yükün motor miline indirgenmiş ataleti;

$$J_{ind.} = 91.2 \times m \times \frac{v^2}{n_1^2} = 91.2 \times 5000 \times \frac{(7 / 60)^2}{1430^2} = 0.00304 kgm^2$$

Kaldırma sistemlerinde, fren momenti yük momentinin yaklaşık 2 katı olmalıdır. Yük momentini hesaplayalım;

$$M_L = 9550 \times \frac{P_L}{n_1} = 9550 \times \frac{7.15}{1430} = 48 Nm$$

Fren momenti;

$$M_B \cong 2 \times M_L = 2 \times 48 = 96 Nm$$

Seçilen fren 80Nm'lik bir fren olsun. Yukarı ve aşağı harekette kalkış ve duruş zamanlarını tespit edelim; (Bakınız eklerden, 80Nm fren açma zamanı $t_1 = 200$ ms, frenleme kapama zamanı $t_2 = 50$ ms)



Kalkış zamanı (Butona basılmasından motor devrine kalkıncaya kadar geçen zaman) ve yolunu (Butona basılmasından motor devrine kalkıncaya kadar aldığı yol) aşağı ve yukarı hareket için hesaplayalım;

9.b Formülünden;

$$J_{top.} = J_{mot.} + \frac{J_{ind.}}{\eta} = 0.022 + \frac{0.00304}{0.8} = 0.0258 kg.m^2$$

Yukarı harekette;

$$M_m = M_A - M_L = (2.5 \times 50.1) - 48 = 77.25 Nm$$

$$t_a = \frac{J_{top.} \times n_1}{9.55 \times M_m} + t_1 = \frac{0.0258 \times 1430}{9.55 \times 77.25} + 0.2 = 0.25 sn$$

Kalkış yolu 12.b formülünden;

$$S_a = 0.5 \times (t_a - t_1) \times v \times 1000 = 0.5 \times (0.25 - 0.2) \times (7 / 60) \times 1000 = 2.9 mm$$

Aşağı harekette;

$$M_m = M_A + M_L \times \eta^2 = (2.5 \times 50.1) + 48 \times 0.8^2 = 156 Nm$$

$$t_a = \frac{J_{top.} \times n_1}{9.55 \times M_m} + t_1 = \frac{0.0258 \times 1430}{9.55 \times 156} + 0.2 = 0.22 sn$$

$$S_a = 0.5 \times (t_a - t_1) \times v \times 1000 = 0.5 \times (0.22 - 0.2) \times (7 / 60) \times 1000 = 1.2 mm$$

Duruş zamanı (Butona basılmasından motor duruncaya kadar geçen zaman) ve yolunu (Butona basılmasından motor duruncaya kadar aldığı yol) aşağı ve yukarı hareket için hesaplayalım;

10.b Formülünden;

$$J_{top.} = J_{mot.} + J_{ind.} \times \eta = 0.022 + 0.00304 \times 0.8 = 0.0244 kg.m^2$$

$$\Delta n = \frac{9.55 \times M_L \times \eta^2 \times t_2}{J_{mot.} + J_{ind.} \times \eta} = \frac{9.55 \times 48 \times 0.8^2 \times 0.05}{0.022 + 0.00304 \times 0.8} = 600 d / d$$

Yukarı harekette;

$$t_b = \frac{J_{top.} \times (n_1 - \Delta n)}{9.55 \times (M_B + M_L \times \eta^2)} + t_2 = \frac{0.0244 \times (1430 - 600)}{9.55 \times (96 + 48 \times 0.8^2)} + 0.05 = 0.07 sn$$

Duruş yolu 13.b formülünden;

$$t_k = t_b - t_2 = 0.07 - 0.05 = 0.02 sn$$



$$S_b = v \times \left[t_2 \times \left(\frac{n - \frac{\Delta n}{2}}{n} \right) + 0.5 \times t_k \times \left(\frac{n - \Delta n}{n} \right) \right] \times 1000$$

$$S_b = (7 / 60) \times \left[0.05 \times \left(\frac{1430 - \frac{600}{2}}{1430} \right) + 0.5 \times 0.02 \times \left(\frac{1430 - 600}{1430} \right) \right] \times 1000 = 4.6mm$$

Aşağı Hareketi;

$$t_b = \frac{J_{top.} \times (n_1 + \Delta n)}{9.55 \times (M_B - M_L \times \eta^2)} + t_2 = \frac{0.0244 \times (1430 + 600)}{9.55 \times (96 - 48 \times 0.8^2)} = 0.08sn$$

$$t_k = t_b - t_2 = 0.08 - 0.05 = 0.03sn$$

$$S_b = (7 / 60) \times \left[0.05 \times \left(\frac{1430 + \frac{600}{2}}{1430} \right) + 0.5 \times 0.03 \times \left(\frac{1430 + 600}{1430} \right) \right] \times 1000 = 7.2mm$$

Not: Hesaplanan duruş kalkış zamanları ve yolları fren açma ve kapama zamanlarına bağlıdır. Bu hesaplarda, eklerde verilen, YILMAZ REDÜKTÖR'ün kullandığı fren markasının değerleri esas alınmıştır. Fren devresi ani kapama olarak düşünülmüştür. Farklı fren markaları farklı neticeler verebilir. Hesaplama yöntemini göstermek amacı ile duruş ve kalkış zamanları ve yolları hesaplanmıştır. Pozisyonlama hassasiyetinin önemli olmadığı durumlarda bu detay hesaplara gerek duyulmamaktadır.

Yük sınıfını bulmak için atalet faktörünü hesaplayalım;

$$F_i = \frac{J_{ind}}{J_{mot}} = \frac{0.00304}{0.022} = 0.13 < 0.25$$

$F_i < 0.25$ olduğundan yük sınıfı U dur. Günde 8 saat 50 çevrim için gerekli servis faktörü $f_s = 0.9$.

Redüktör seçim örneği;

7,5kW, 15d/d, NR63-132M/4, $f_s = 0.9$, 80Nm, 198V, Pervanesiz frenli.



7. Döner Tamburlar

5 ton ağırlığında dolu silindir bir kütle, eksenine yere paralel bir şekilde, ağırlık merkezinden, 30d/d hızla le döndürülecektir. Silindir yatayda her iki tarafından yataklıdır. Gerekli motor gücü aranmaktadır.

Silindir boyu: 10m

Silindir çapı: 2m

Silindir yataklarının rulman çapı: 100mm

Kullanılacak Redüktör verimi: 0.94

Günlük çalışma saati: 24 saat, saatte 100çevrim.

Örnek hesap çözümü:

Kütle hız aldıktan sonra gerekli tahrik momenti oldukça düşük olacaktır. Çünkü gerekli tahrik momenti rulman dirençlerinden ibarettir. Gerekli tahrik momenti;

$$M = m \times g \times \mu_L \times \left(\frac{d}{2000} \right) = 5000 \times 9.81 \times 0.005 \times \left(\frac{100}{2000} \right) = 12.2 Nm$$

1400d/d motor kullanılması halinde, gerekli motor momenti;

$$M_L = M \times \frac{n_2}{n_1 \times \eta} = 12.2 \times \frac{30}{1400 \times 0.94} = 0.30 Nm$$

Ancak bu momentteki bir tahrik, kütleyi ilk harekete geçirmekte yeterli olmayacaktır. Motor gücünün tespiti için, motorun kalkış süresini 3 sn ile sınırlandıralım ve 5.a, 9.a ve 7 formüllerini kullanalım ;

$$J = 98 \times \rho \times l \times D^4 = m \times D^2 / 8 = 5000 \times 2^2 / 8 = 2500 kg.m^2$$

$$J_{ind.} = \frac{J \times n_2^2}{n_1^2} = \frac{2500 \times 30^2}{1400^2} = 1.14 kg.m^2$$

Motor ataletini baştan bilmediğimizden ve oransal olarak küçük olduğundan ihmal edelim;

$$J_{top} = J_{mot} + \frac{J_{ind.}}{\eta} = \frac{1.14}{0.8} = 1.43 kg.m^2 \quad M_m = \frac{J_{top.} \times n_1}{9.55 \times t_a} = \frac{1.43 \times 1400}{9.55 \times 3} = 70 Nm$$

$$M_A = M_m + M_L = 70 + 0.3 = 70.3 Nm$$

Kalkış momenti 70.3Nm üzerinde olan bir motor gerekmektedir.

Motor kataloğundan seçilen motor;

$$5.5kW, 1430d/d, J_{mot.}=0.017 kg.m^2, M_N=36.7, M_A / M_N=2.4 (M_A=2.4 \times 36.7 = 88Nm > 70.3Nm)$$

Örnek Redüktör Seçimi:

$$F_i = \frac{1.14}{0.017} = 67 > 3 \text{ olduğundan yük sınıfı H dir. Çalışma şartlarına göre servis faktörü } f_s=1.8$$

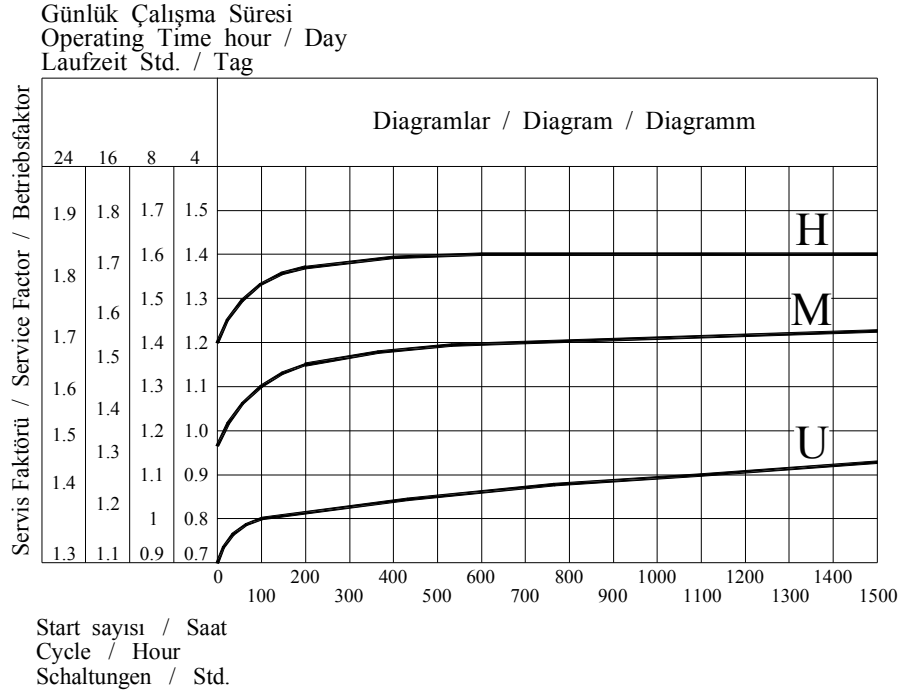
5,5kW, 32d/d, DR6300-132S/4, $f_s=1.8$. Yüksek darbe nedeni ile tork kollu bağlantı önerilir.



Ekler



1. Servis faktörü Eğrisi



U	Uniform Yük	$F_i < 0.25$
M	Orta Darbeli Yük	$F_i < 3$
H	Darbeli Yük	$F_i < 10$

$$F_i = \frac{J_{ind}}{J_{mot.}}$$

F_i : Atalet faktörü
 $J_{ind.}$: Motora indirgenmiş atalet momenti [kg.m²]
 $J_{mot.}$: Motorun atalet momenti [kg.m²]

2. Katsayılar

μ_L : Yatak Süğrtünmesi

Bilyalı/Masuralı Rulman	0.005
Kayar Yatak	0.08-0.1



c : Ray - Tekerde, Tekerin Kılavuz Sürtünmesi

Bilyalı/masuralı kılavuz	0.005
Kayar yataklı kılavuz	0.08-0.1
Destek ruloları	0.002

μ : Farklı Malzeme Çiftlerine Göre Sürtünme Katsayıları

	Kuru-Statik	Kuru-Dinamik	Gresli-Statik	Gresli-Dinamik
Aluminyum-Aluminyum	1,05-1,35	1,4	0,3	
Aluminyum-Yumuşak Çelik	0,61	0,47		
Bakır Kurşun Alaşımı-Çelik	0,22			
Bakır-Bakır	1		0,08	
Bakır-Dökme Demir	1,05	0,29		
Bakır-Yumuşak Çelik	0,53	0,36		0,18
Balata-Dökme Demir	0,4			
Balata-Dökme Demir Islak	0,2			
Bronz-Dökme Demir		0,22		
Bronz-Çelik			0,16	
Cam-Cam	0,9-1	0,4	0,1-0,6	0,09-0,12
Cam-Metal	0,5-0,7		0,2-0,3	
Cam-Nikel	0,78	0,56		
Çelik (Sert)-Grafit	0,21		0,09	
Çelik(Sert)-Çelik(Sert)	0,78	0,42	0,05-0,11	0,029-0,12
Çelik(Sert)-Polystyrene	0,3-0,35		0,3-0,35	
Çelik(Sert)-Polythened	0,2		0,2	
Çelik(Yumuşak)-Çelik(Yumuşak)	0,74	0,57		0,09-0,19
Çelik(Yumuşak)-Fosfor Bronzu		0,34		0,173
Çelik(Yumuşak)-Gökme Demir		0,23	0,183	0,133
Çelik(Yumuşak)-Kurşun	0,95	0,95	0,5	0,3
Çelik(Yumuşak)-Pirinç	0,51	0,44		
Çelik-Aluminyum Bronzu	0,45			
Çelik-Bakır Kurşun Alaşımı	0,22		0,16	0,145
Çelik-Dökme Demir	0,4		0,21	
Çelik-Fosfor Bronzu	0,35			
Çelik-Grafit	0,1		0,1	
Çelik-Pirinç	0,35			
Çinko-Çinko	0,3		0,04	
Çinko-Dökme Demir	0,85		0,21	
Demir-Demir	1		0,15-0,2	
Deri-Meşe(Pralel Yollu)	0,62	0,48		
Deri-Metal (Temiz)	0,3		0,2	
Deri-Metal Islak	0,4			
Deri-Tahta	0,3-0,4			
Dökme Demir- Meşe		0,49		0,075
Dökme Demir-Dökme Demir	1,1	0,15		0,07
Elmas-Elmas	0,1		0,05-0,1	
Elmas-Metal	0,1-0,15		0,1	
Flexiglas-Çelik	0,4-0,5		0,4-0,5	
Flexiglas-Flexiglas	0,8		0,8	

Devamı Arka Sayfada -->

Uygulama Örnekleri 1

Mekanik Uygulamalar

Temel Formüller



	Kuru-Statik	Kuru-Dinamik	Gresli-Statik	Gresli-Dinamik
Grafit (Vakum içinde)-Grafit (Vakum içinde)	0,5-0,8			
Grafit-Çelik	0,1		0,1	
Grafit-Grafit	0,1		0,1	
Gümüş-Gümüş	1,4		0,55	
Kadmiyum-Kadmiyum	0,5		0,05	
Kadmiyum-Yumuşak Çelik		0,46		
Kalay-Dökme Demir		0,32		
Krom-Krom	0,41		0,34	
Kurşun-Dökme Demir		0,43		
Lastik-Asfalt (kuru)		0,5-0,8		
Lastik-Asfalt (yaş)		0,25-0,75		
Lastik-Beton(kuru)		0,6-0,85		
Lastik-Beton(yaş)		0,45-0,75		
Magnezyum-Magnezyum	0,6		0,08	
Meşe-Meşe (çapraz yollu)	0,54	0,32		0,072
Meşe-Meşe (paralel yollu)	0,62	0,48		
Naylon-Naylon	0,15-0,25			
Nickel-Nickel	0,7-1,1	0,53	0,28	0,12
Nickel-Yumuşak Çelik		0,64		0,178
Pirinç-Dökme Demir		0,3		
Platinyum-Platinyum	1,2		0,25	
Polystyrene-Çelik	0,3-0,35		0,3-0,35	
Polystyrene-Çelik	0,2		0,2	
Polystyrene-Polystyrene	0,5		0,5	
Safir-Safir	0,2		0,2	
Sert Karbon-Çelik	0,14		0,11-0,14	
Sert Karbon-Sert Karbon	0,16		0,12-0,14	
Sinterli Bronz-Çelik			0,13	
Tahta-Beton	0,62			
Tahta-Metal(Temiz)	0,2-0,6			
Tahta-Metal(Yaş)	0,2			
Tahta-Tahta (Temiz)	0,25-0,5			
Tahta-Tahta(Yaş)	0,2			
Tahta-Tuğla	0,6			
Teflon-Çelik	0,04		0,04	0,04
Teflon-Teflon	0,04		0,04	0,04
Tuğla-Tahta	0,6			
Tungsten Karbit-Bakır	0,35			
Tungsten Karbit-Çelik	0,4-0,6		0,08-0,2	
Tungsten Karbit-Demir	0,8			
Tungsten Karbit-Tungsten Karbit	0,2-0,25		0,12	

f: Yuvarlanma Sürtünmesi (mm)

Çelik-çelik	0.5-5	Tahta üzerine demir	220
Demir-demir	20	Çelik üzerine sert lastik	7.7
Granit üzerine demir	85	Beton üzerinde plastik	5
Çelik üzerine tahta	1.2	Beton üzerinde sert lastik	10-20
Çelik üzerine plastik	2	Beton üzerinde yarı sert lastik	15-35
Tahta üzerine tahta	60		



3. Çıkış miline gelen radyal yükler

$$F_Q = \frac{M \times 2000}{d_0} \times k_1$$

F_Q : Oluşan radyal yük [N]

M : Döndürme momenti [Nm]

d_0 : Tahrik elemanı çapı [mm]

k_1 : Aşağıdaki katsayı

Bağlantı şekli	Özellik	k1
Alın dişli	diş sayısı ≥ 17	1
Alın dişli	diş sayısı < 17	1.15
Zincir dişli	diş sayısı ≥ 20	1
Zincir dişli	diş sayısı < 20	1.25
Zincir dişli	diş sayısı < 14	1.4
V-Kayış	Gerdirmeli	1.75
Düz-Kayış	Gerdirmeli	2.5

4. Standart fren açma kapama zamanları

Max. fren momenti [Nm]	t1 [ms]	t2 [ms]
4.5	45	10
8	50	15
12	55	15
16	65	15
35	75	20
60	180	25
80	200	50

Not: Fren açma kapama zamanları YILMAZ REDÜKTÖR'ün kullandığı fren markasına göre verilmiştir. Farklı markalarda değerler değişebilir. Bağlantı ani frenleme şemasına uygun olarak kabul edilmiştir.



5. Birim dönüşümleri

5.a. Uzunluk Birimleri

Birim	m	in	ft	yd
1 Metre (m)	1	39.370	3.281	1.094
1 inch (in)	0.025	1	0.083	1.028
1 foot (ft)	0.305	12	1	0.333
1 yard (yd)	0.914	36	3	1

1 km=0.6214 Kara mili

1 km=0.5396 Deniz mili

1 Kara mili=1.609 km

1 Deniz mili= 1.853 km

in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
1/64	0.397	3/32	2.381	3/8	9.525	11/16	17.462
1/32	0.794	1/8	3.175	7/16	11.112	3/4	19.050
3/64	1.191	3/16	4.762	1/2	12.700	13/16	20.637
1/16	1.587	1/4	6.350	9/16	14.287	7/8	22.225
5/64	1.984	5/16	7.937	5/8	15.875	15/16	23.812

5.b. Alan Birimleri

Birim	m ²	in ²	ft ²	yd ²
1 m ²	1	1550.0	10.764	1.1960
1 in ²	6.45 · 10 ⁻⁴	1	0.007	0.0008
1 ft ²	0.093	144	1	0.1111
1 yd ²	0.836127	1296	9	1



5.c. Hacim Birimleri

Birim	m ³	in ³	ft ³	gallon GB	gallon US
1 m ³	1	61023	35.315	219.97	264.175
1 in ³	0.0164 · 10 ⁻³	1	0.5787 · 10 ⁻³	0.0036	0.0043
1 ft ³	0.28317	1728	1	6.2288	7.4805
1 gallon GB	0.004546	277.4	0.16054	1	1.201
1 gallon US	0.003785	231.0	0.13318	0.8327	1
1 yd ³	0.764555	46656	27	168.177	201.974
1 barrel US	0.158970	9702	5.59368	34.972	42

1 litre (l)=1.76 pint GB
1 litre(l)=2.11 pint US
1 litre(l)=0.220 gallon GB
1 litre(l)=0.264 gallon US
1 litre(l)=0.0275 bushel GB
1 litre(l)=0.0284 bushel US

1 pint GB=0.568 l
1 pint US=0.473 l
1 gallon GB=4.546 l
1 gallon US=3.785 l
1 bushel GB=36.37 l
1 bushel US=35.24 l

5.d. Kütile

Birim	kg	lb	cwt GB	cwt US
1 kilogram (kg)	1	2.205	-	-
1 pound (lb)	0.454	1	-	-
1 hundredweight GB (cwt)	50.802	112	1	1.12
1 hundredweight US (cwt)	45.359	100	0.893	1
1 long (veya:gross) ton (GB t)	1016.046	2240	20	22.4
1 short (veya:net) ton (US t)	907.184	2000	17.857	20

1 gram (g)= 15.43 grain (troy)
1 gram (g)= 0.035 oz
1 metrik ton (t)= 1.103 short ton
1 metrik ton (t)= 0.984 long ton

1 grain (troy)= 0.065 g
1 ounce (oz)= 28.35 g
1 short ton= 0.907 metrik ton
1 long ton= 1.016 metrik ton



5.e. Basınç, mekanik gerilim

Birim	Pa	bar	N/mm ²	kp/mm ²	at	atm	Torr (mm Hg)
1 Pa(=1N/m ²)	1	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	0.102	0.102 · 10 ⁻⁴	0.987 · 10 ⁻⁵	0.0075
1 bar	100000	1	10 ⁻¹	10200	1.02	0.987	750
1 N/mm ²	10 ⁶	10	1	1.02·10 ⁵	10.2	9.87	7500
1 kp/m ²	9.81	9.81 · 10 ⁻⁵	9.81 · 10 ⁻⁶	1	10 ⁻⁴	0.968 · 10 ⁻⁴	0.0736
1 at (=1kp/cm ²)	98000	0.981	9.81·10 ⁻²	10000	1	0.968	736
1 atm (=760 Torr)	101325	1.013	0.1013	10330	1.033	1	760
1 Torr (=1 mm Hg)	133	0.00133	1.33·10 ⁻⁴	13.6	0.00136	0.00132	1

5 .f. Enerji, İş, Isı Miktarı

Birim	kJ, kW _s	kWh	J,Nm	kpm	ft lb
1 J=1 Nm	10 ⁻³	2.78·10 ⁻⁷	1	0.102	0.738
1 kJ,kW _s	1	2.78·10 ⁻⁴	10 ³	0.10·10 ³	0.74·10 ³
1 kWh	3.6 · 10 ³	1	3.6·10 ⁶	3.67 · 10 ⁵	2.66·10 ⁶
1 kpm	9.81 · 10 ⁻³	2.72 · 10 ⁻⁶	9.81	1	7.233
1 ft lb	1.36·10 ⁻³	3.77·10 ⁻⁷	1.36	0.14	1

Birim	kJ, kW _s	kcal	PS _h	Btu	hph
1 kJ,kW _s	1	0.24	0.38·10 ⁻³	0.95	3.73·10 ⁻⁴
1 kcal	4.19	1	1.58·10 ⁻³	3.97	1.56·10 ⁻³
1 PS _h	2.64·10 ³	632.6	1	2.51·10 ³	0.99
1 Btu	1.06	0.25	0.4·10 ⁻³	1	3.93·10 ⁻⁴
1 hph	2.69·10 ³	641.2	1.01	2.54·10 ³	1



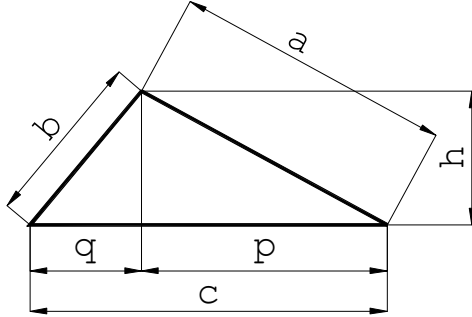
5.g.Güç, Isı Akışı

Birim	W, J/s	kpm/s	PS	ft lb/s	hp
1 W,J/s	1	0.102	$1.36 \cdot 10^{-3}$	0.74	$1.34 \cdot 10^{-3}$
1 kpm/s	9807	1	$13.33 \cdot 10^{-3}$	7.23	0.01
1 PS	735.5	75	1	542.5	0.99
1 ft lb/s	1.36	0.14	$0.84 \cdot 10^{-3}$	1	$1.82 \cdot 10^{-3}$
1 hp	745.7	76.04	1.01	550.0	1

Birim	W	cal/s	kcal/h	Btu/h
1 W	1	0.24	0.86	3.41
1 cal/s	4.19	1	3.6	14.29
1 kcal/h	1.16	0.28	1	3.97
1 Btu/h	0.29	0.07	0.25	1



6. Üçgen Bağlantıları



$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$b^2 = c \cdot q$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$a^2 = c \cdot p$$

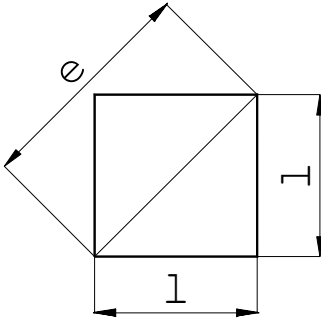
$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$h^2 = p \cdot q$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

7. Alan Hesapları

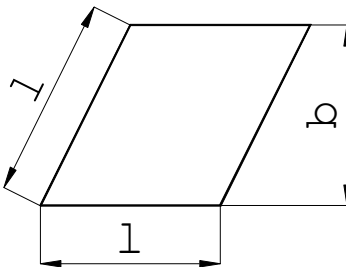
7.a. Kare



$$A = l^2$$

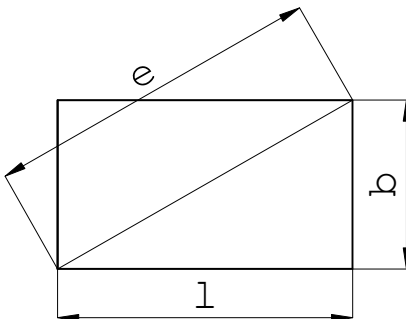
$$e = \sqrt{2} \cdot l$$

7.b. Paralel Eşkenar



$$A = l \cdot b$$

7c. Dikdörtken

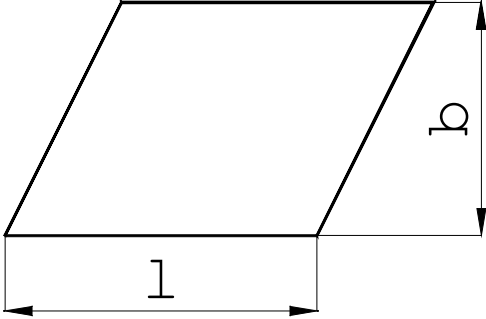


$$A = l \cdot b$$

$$e = \sqrt{l^2 + b^2}$$

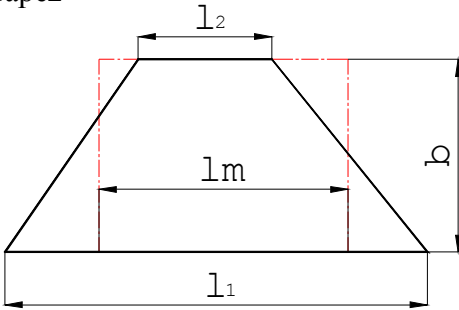


7.d. Paralelkenar



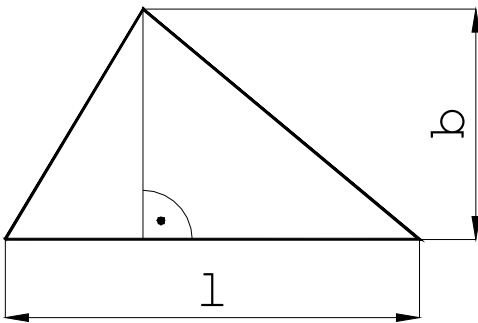
$$A = l \cdot b$$

7.e. Trapez



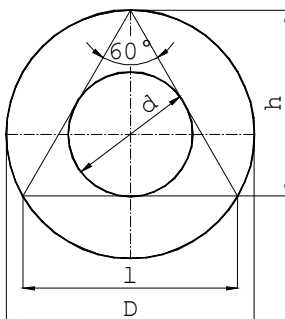
$$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$$

7.f.Üçken



$$A = \frac{l \cdot b}{2}$$

7.g Eşkenar Üçke



$$D = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot l = 2 \cdot d$$

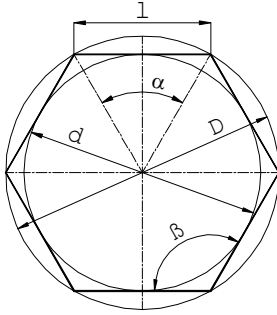
$$A = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{3} \cdot l^2$$

$$d = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{3} \cdot l = \frac{D}{2}$$

$$h = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{3} \cdot l$$



7.h Beşgen



$$d = \sqrt{D^2 - l^2}$$

$$D = \sqrt{d^2 + l^2}$$

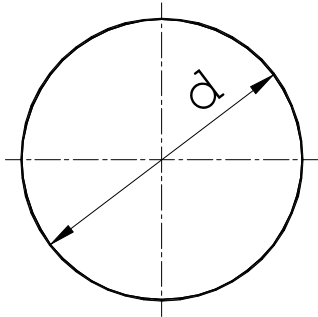
$$D = \sqrt{d^2 + l^2}$$

$$A = \frac{n \cdot l \cdot d}{4}$$

$$l = D \cdot \sin\left(\frac{180}{n}\right)$$

$$\alpha = \frac{360}{n}, \beta = 180 - \alpha$$

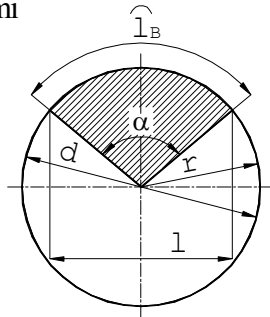
7.i Daire



$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$U = \pi \cdot d \quad U: \text{Çevre}$$

7.j Daire Dilimi



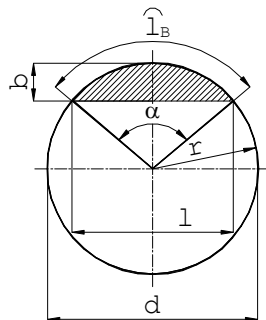
$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360}$$

$$l = 2 \cdot r \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$A = \frac{\hat{l}_B \cdot r}{2}$$

$$\hat{l}_B = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180}$$

7k Daire kesiti



$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360} - \frac{l \cdot (r - b)}{2}$$

$$b = \frac{l}{2} \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$l = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$\hat{l}_B = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180}$$

$$A = \frac{\hat{l}_B \cdot r - l \cdot (r - b)}{2}$$

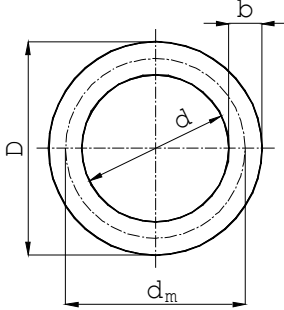
$$b = r - \sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}$$

$$l = 2 \cdot \sqrt{b \cdot (2 \cdot r - b)}$$

$$r = \frac{b}{2} + \frac{l^2}{8 \cdot b}$$



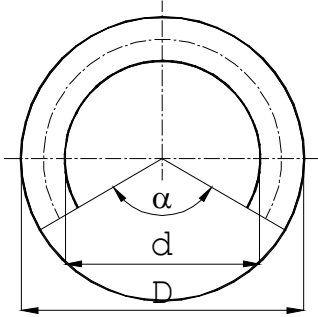
7.1 Halka



$$A = \pi \cdot d_m \cdot b$$

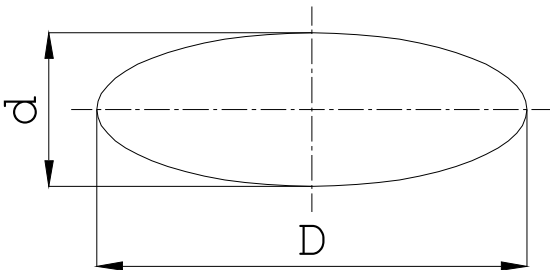
$$A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

7m Halka Kesiti



$$A = \frac{\pi \cdot \alpha}{4 \cdot 360} \cdot (D^2 - d^2)$$

7n Elips



$$A = \frac{\pi \cdot D \cdot d}{4}$$

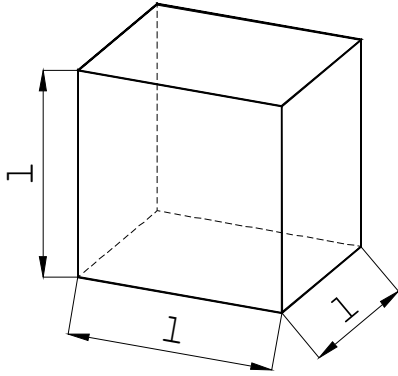
$$U = \frac{\pi}{2} \cdot (D + d)$$

U: Çevre



8. Hacim Hesapları

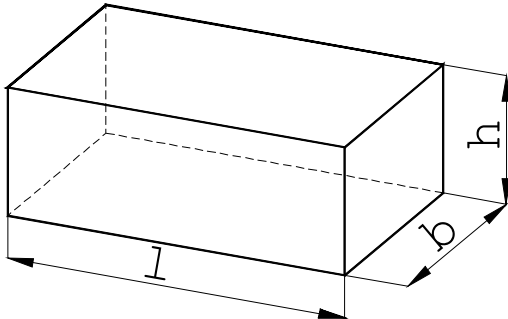
8.a. Küp



$$V = l^3$$

$$A = 6 \cdot l^2 \quad \text{Yüzey Alanı}$$

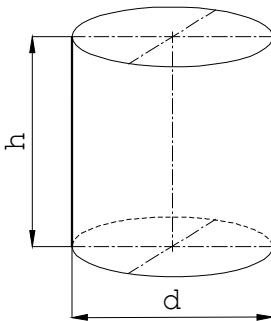
8.b Dikdörtgen Prizma



$$V = l \cdot b \cdot h$$

$$A = 2 \cdot (l \cdot b + l \cdot h + b \cdot h) \quad \text{Yüzey Alanı}$$

8.c Silindir



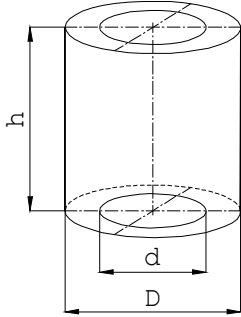
$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$$

$$A = \pi \cdot d \cdot h + 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \text{Yüzey Alanı}$$

$$A_0 = \pi \cdot d \cdot h + 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \text{Çevre Alanı}$$



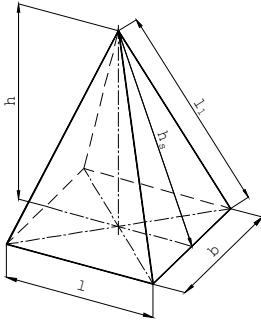
8d Boru



$$V = \frac{\pi \cdot h}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

$$A = \pi \cdot (D + d) \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot (D - d) + h \right] \text{ Yüzey Alanı}$$

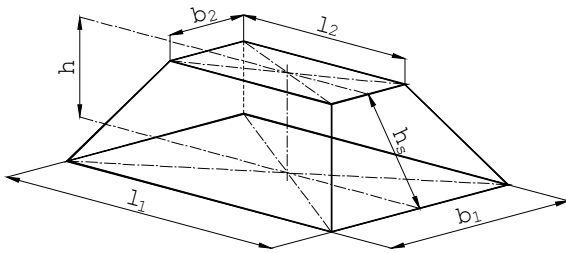
8e Piramit



$$V = \frac{l \cdot b \cdot h}{3} \quad h_s = \sqrt{h^2 + \frac{l^2}{4}}$$

$$l_1 = \sqrt{h_s^2 + \frac{b^2}{4}}$$

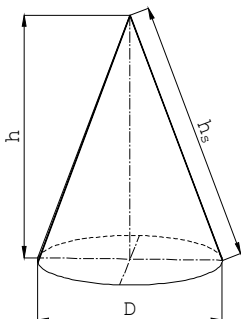
8f Piramit Dilimi



$$V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

$$h_s = \sqrt{h^2 + \left(\frac{l_1 - l_2}{2} \right)^2}$$

8.g Koni

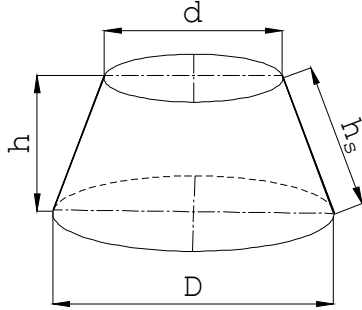


$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{h}{3} \quad h_s = \sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2}$$

$$A_0 = \frac{\pi \cdot d \cdot h_s}{2} \quad \text{Çevre Alanı}$$



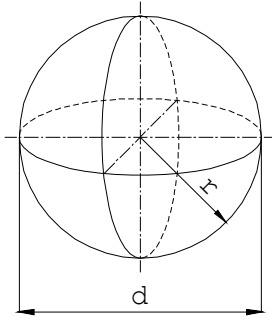
8.h Koni Dilimi



$$V = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d) \quad h_s = \sqrt{h^2 + \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}$$

$$A_0 = \frac{\pi \cdot h_s}{2} \cdot (D + d) \quad \text{Çevre Alanı}$$

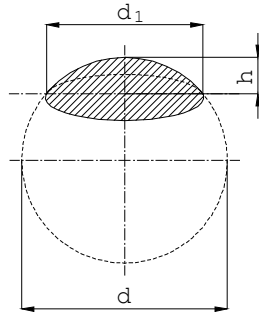
8.i Küre



$$V = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$$

$$A = \pi \cdot d^2 \quad \text{Yüzey Alanı}$$

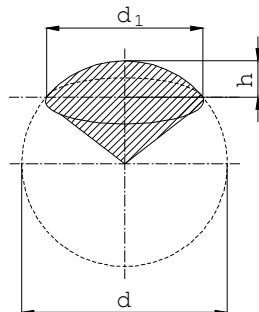
8.j Küre Kesiti



$$V = \pi \cdot h^2 \cdot \left(\frac{d}{2} - \frac{h}{3}\right)$$

$$A = \pi \cdot h \cdot (2 \cdot d - h) \quad \text{Yüzey Alanı}$$

8.h Küre Dilimi



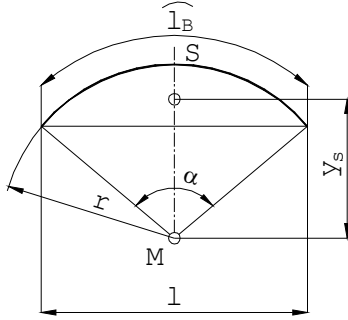
$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{6}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d}{4} \cdot (4 \cdot h + d_1) \quad \text{Yüzey Alanı}$$



9 Ağırlık Merkezi

9.a Yay Ağırlık Merkezi



$$y_s = \frac{r \cdot l}{l_B}$$

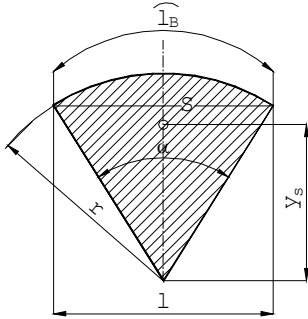
Yarım Daire $y_s = \frac{2 \cdot r}{\pi}$

$$y_s = \frac{l \cdot 180}{\pi \cdot \alpha}$$

Çeyrek Daire $y_s = \frac{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot r}{\pi}$

1/6 Dilim $y_s = \frac{3 \cdot r}{\pi}$

9.b Yay Dilimi Ağırlık Merkezi



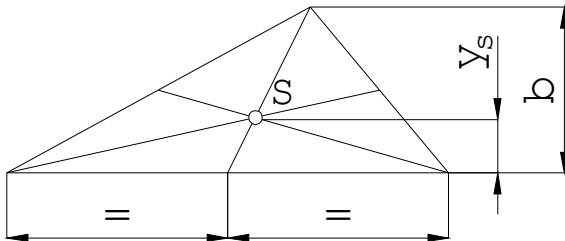
$$y_s = \frac{2 \cdot r \cdot l}{3 \cdot l_B}$$

Yarım Daire $y_s = \frac{4 \cdot r}{3 \cdot \pi}$

Çeyrek Daire $y_s = \frac{\sqrt{2} \cdot 4 \cdot r}{3 \cdot \pi}$

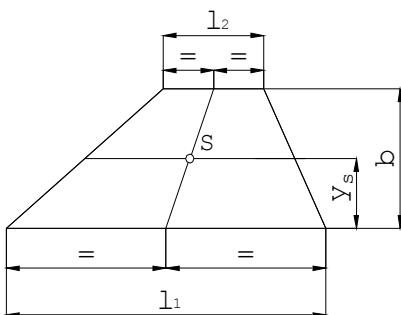
1/6 Dilim $y_s = \frac{2 \cdot r}{\pi}$

9.c Üçgen



$$y_s = \frac{b}{3}$$

9.d Trapez

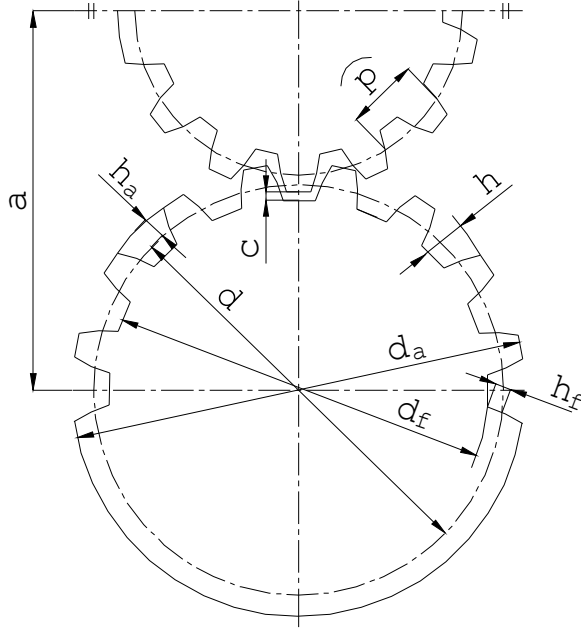


$$y_s = \frac{b}{3} \cdot \frac{l_1 + 2 \cdot l_2}{l_1 + l_2}$$



10 Temel Dişli Hesapları

10.1 Düz Alın Dişli



m : modül

p : taksimat

d : taksimat dairesi

d_a : diş üstü çapı

d_f : diş dibi çapı

z : diş sayısı

h_a : diş tepe yüksekliği

h_f : diş taban yüksekliği

h : diş toplam yüksekliği

c : diş tepe boşluğu

Dış dişli için ölçüler

modül

$$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d}{z}$$

taksimat

$$p = \pi \cdot m$$

diş sayısı

$$z = \frac{d}{m} = \frac{d_a - 2 \cdot m}{m}$$

diş tepesi boşluğu

$$c = (0.1 \dots 0.3) \cdot m$$

diş tepe yüksekliği

$$h_a = m$$

taksimat dairesi

$$d = m \cdot z = \frac{z \cdot p}{\pi}$$

dişüstü çapı

$$d_a = d + 2 \cdot m = m \cdot (z + 2)$$

diş dibi dairesi

$$d_f = d - 2 \cdot (m + c)$$

diş yüksekliği

$$h = 2 \cdot m + c$$

diş taban yüksekliği

$$h_f = m + c$$

İç dişli için ölçüler

diş üstü çapı

$$d_a = d - 2 \cdot m = m \cdot (z - 2)$$

diş dibi çapı

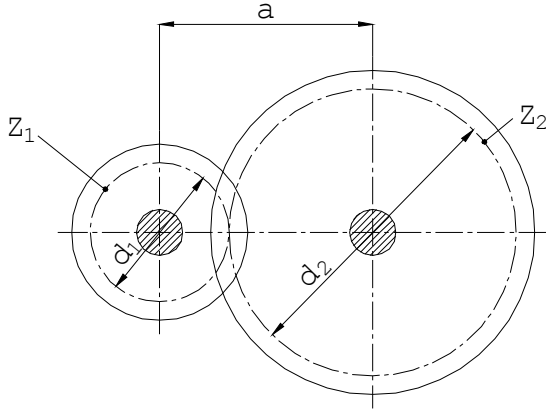
$$d_f = d + 2 \cdot (m + c)$$

diş sayısı

$$z = \frac{d}{m} = \frac{d_a + 2 \cdot m}{m}$$

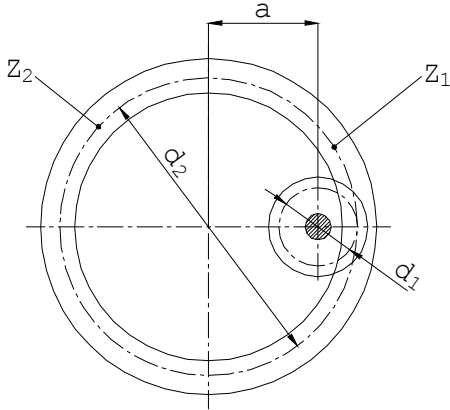


Dış dililerde eksen arası



$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2}$$

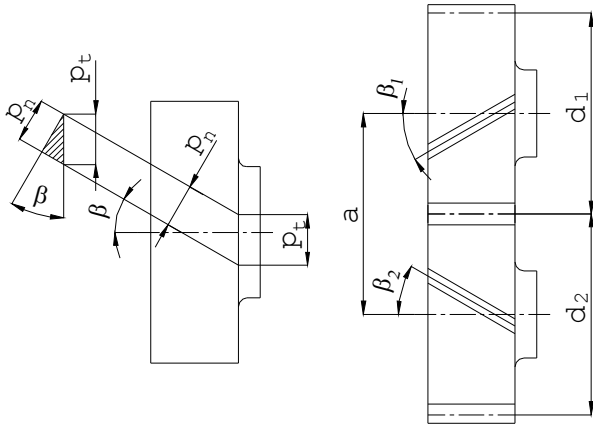
İç dişlilerde eksen arası



$$a = \frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{m \cdot (z_2 - z_1)}{2}$$



10.2 Helisel Alın Dişli



alın modül

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta} = \frac{p_t}{\pi}$$

alın taksimat

$$p_t = \frac{p_n}{\cos \beta} = \frac{\pi \cdot m_n}{\cos \beta}$$

taksimat dairesi

$$d = m_t \cdot z = \frac{z \cdot m_n}{\cos \beta}$$

diş sayısı

$$z = \frac{d}{m_t} = \frac{\pi \cdot d}{p_t}$$

normal modül

$$m_n = \frac{p_n}{\pi} = m_t \cdot \cos \beta$$

diş üstü çapı

$$d_a = d + 2 \cdot m_n$$

eksen arası

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

d, d_1, d_2 Taksimat dairesi

d_a Diş üstü çapı

β Helis açısı

z Diş sayısı

a Eksen arası

p_n Normal taksimat

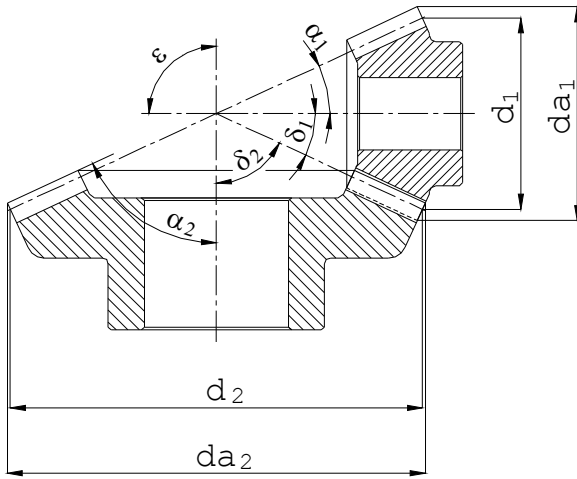
p_t Alın Taksimat

m_n Normal modül

m_t Alın modül



10.3 Düz konik dişli



taksimat dairesi

$$d_1 = m \cdot z_1$$

$$d_2 = m \cdot z_2$$

dış çap

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m \cdot \cos \delta_1$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m \cdot \cos \delta_2$$

koni Açısı

$$\tan \alpha_1 = \frac{z_1 + 2 \cdot \cos \delta_1}{z_2 - 2 \cdot \sin \delta_1}$$

$$\tan \alpha_2 = \frac{z_2 + 2 \cdot \cos \delta_2}{z_1 - 2 \cdot \sin \delta_2}$$

d_1, d_2	Taksimat dairesi
d_{a1}, d_{a2}	Dış çap
α_1, α_2	Koni açısı
δ_1, δ_2	Taksimat açısı
z_1, z_2	diş sayısı
m	modül

taksimat açısı

$$\tan \delta_1 = \frac{d_1}{d_2} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{1}{i}$$

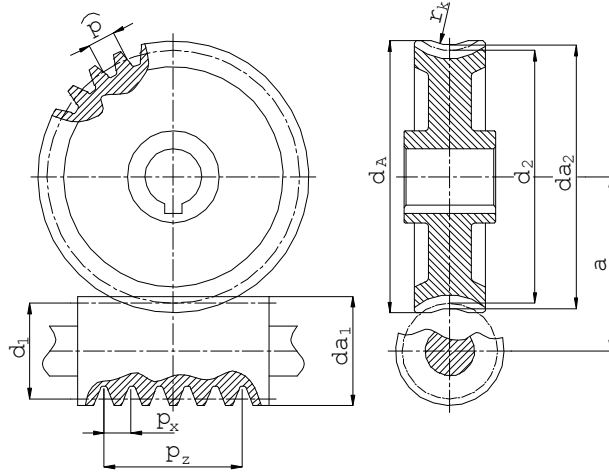
$$\tan \delta_2 = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} = i$$

eksen açısı

$$\varepsilon = \delta_1 + \delta_2$$



10.4 Sonsuz vida çark



taksimat dairesi

$$d_1 = \frac{m \cdot z_1}{\tan \gamma}$$

$$d_2 = m \cdot z_2$$

taksimat

$$p_{x1} = \pi \cdot m$$

$$p_2 = \pi \cdot m$$

d_1, d_2	Taksimat dairesi
p_x	Alın taksimat
p	Normal taksimat
d_{a1}, d_{a2}	Diş üstü çapı
d_{e2}	Diş çap
r_k	Diş radyus
p_t	Alın Taksimat
p_z	Hatve
a	Eksen arası
z_1	Vida Ağız sayısı
z_2	Çark diş Sayısı
γ	Vida açısı

diş üstü çapı

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m$$

diş çap

$$d_{e2} \approx d_{a2} + m$$

diş radyus

$$r_k = \frac{d_1}{2} - m$$

hatve

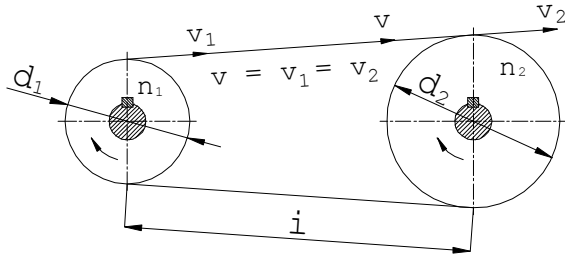
$$p_z = p_{x1} \cdot z_1 = \pi \cdot m \cdot z_1$$

eksen arası

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2}$$



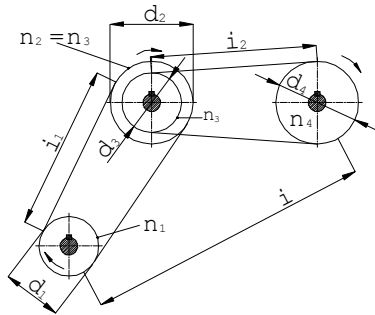
11. Tahvil oranları



$$v = v_1 = v_2$$

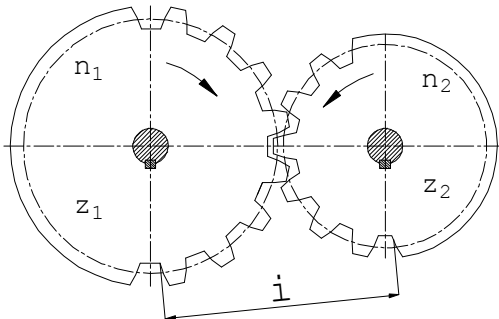
$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$$

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}$$



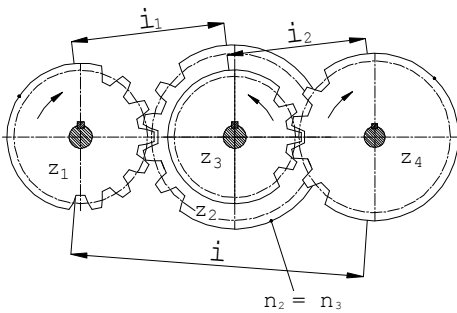
$$i = \frac{d_2 \cdot d_4 \cdot d_6 \dots}{d_1 \cdot d_3 \cdot d_5 \dots}$$

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots$$



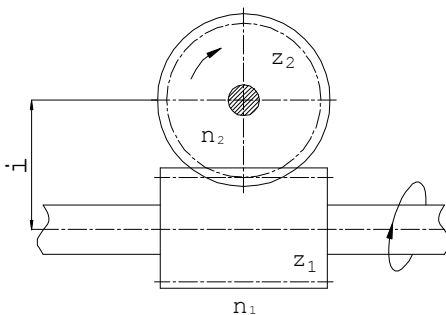
$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2}$$



$$i = \frac{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6 \dots}{z_1 \cdot z_3 \cdot z_5 \dots}$$

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots$$



$$n_1 \cdot z_1 = n_2 \cdot z_2$$

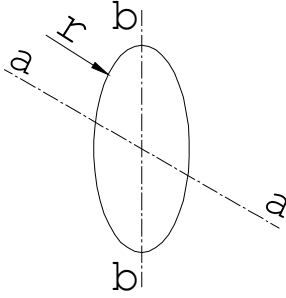
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$



12 Kütleli atalet momentleri

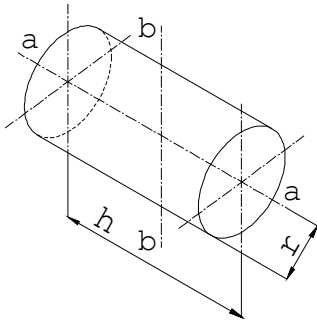
a-a eksenine göre
 (dönme eksenini)

b-b eksenine göre
 (ağırlık merkezinden geçen)



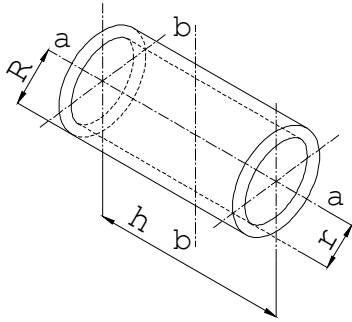
$$j = m \cdot r^2$$

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



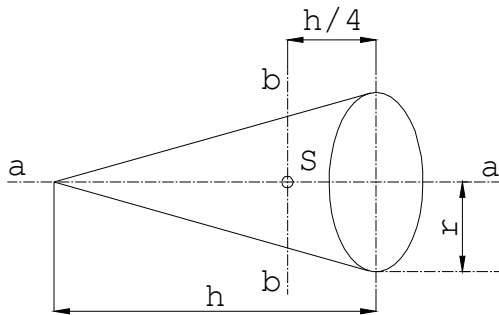
$$j = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r^2$$

$$j = \frac{m}{12} \cdot (3 \cdot r^2 + h^2)$$



$$j = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (R^2 + r^2)$$

$$j = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (R^2 + r^2)$$



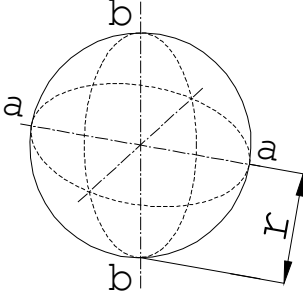
$$j = \frac{3}{10} \cdot m \cdot r^2$$

$$j = \frac{4}{10} \cdot m \cdot r^2$$



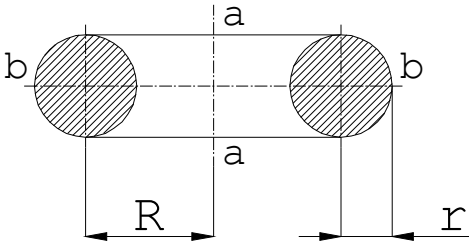
*a-a eksenine göre
(dönme eksenini)*

*b-b eksenine göre
(ağırlık merkezinden geçen)*



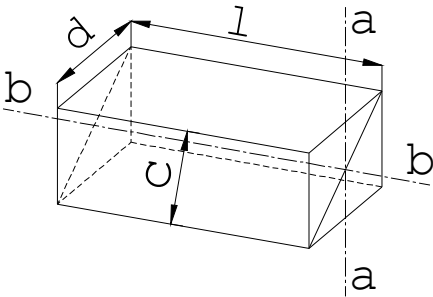
$$j = \frac{4}{10} \cdot m \cdot r^2$$

$$j = \frac{4}{10} \cdot m \cdot r^2$$



$$j = m \cdot \left(R^2 + \frac{3}{4} \cdot r^2 \right)$$

$$j = m \cdot \frac{4 \cdot R^2 + 5 \cdot r^2}{8}$$



$$j = \frac{m}{12} \cdot (d^2 + 4 \cdot l^2)$$

$$j = \frac{m}{12} \cdot (d^2 + c^2)$$

